

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

**ANÁLISE DE ANOMALIAS TÉRMICAS EM FUNÇÃO
DA GEOMETRIA URBANA EM CUIABÁ-MT**

NATALLIA SANCHES E SOUZA

**Prof^ª. Dr^ª. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Orientadora**

**Cuiabá, MT
Dezembro de 2019**

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

**ANÁLISE DE ANOMALIAS TÉRMICAS EM FUNÇÃO
DA GEOMETRIA URBANA EM CUIABÁ-MT**

NATALLIA SANCHES E SOUZA

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

**Prof^ª. Dr^ª. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Orientadora**

**Cuiabá, MT
Dezembro de 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S729a Souza, Natallia Sanches e.
Análise de Anomalias Térmicas em Função da Geometria Urbana em Cuiabá-MT
/ Natallia Sanches e Souza. -- 2019
98 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2019.
Inclui bibliografia.

1. ilha de calor. 2. ilha de frescor. 3. cobertura do solo. 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

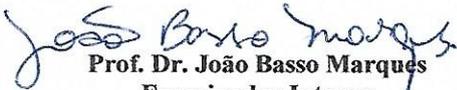
**TÍTULO: ANÁLISE DE ANOMALIAS TÉRMICAS EM FUNÇÃO DA
GEOMETRIA URBANA EM CUIABÁ-MT**

AUTORA: NATALLIA SANCHES E SOUZA

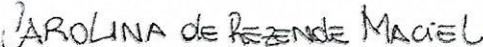
Tese de Doutorado defendida e aprovada em 16 de dezembro de 2019, pela
comissão julgadora:


**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. Dr. João Basso Marques
Examinador Interno
Instituto de Física - UFMT


Prof. Dr. Marcos de Oliveira Valin Jr
Examinador Externo
Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT


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

À 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 e Prof. Dr. Sergio de Paula pela dedicação e empenho como coordenadores deste programa de pós-graduação;

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Flávia Maria de Moura Santos, Prof. Dr. João Basso Marques, Profa. Dra. Carolina de Rezende Maciel e Prof. Dr. Marcos Valin pelas importantes contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho;

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, que compartilharam seus conhecimentos, assim como a Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT);

Agradeço de forma singela, mas extremamente especial ao meu namorado, Bruno Leandro dos Santos Rodrigues, pelo companheirismo, paciência e presença. Agradeço também pelo carinho e afeto demonstrados nos momentos alegres e ansiosos da execução da pesquisa.

A todos os amigos do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, que hoje são mais que isso, são família do coração, pelos momentos de alegria, troca de experiências, acalentos e risadas. Agradeço Pablinne, Diana, Keylyane, Flávia e Marcos simplesmente pela presença de vocês!

Aos alunos de Iniciação Científica, pela preciosa ajuda e disposição, Maria Vitoria, Camila, Giovane e João. Não somente estes, mas todos os que passaram pela Física Ambiental no decorrer de meus estudos.

À CAPES 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. PROBLEMTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA	1
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	4
2.1. CLIMA URBANO.....	4
2.1.1 Clima Urbano e Escalas Meteorológicas	6
2.2. CARACTERISTICAS DO CLIMA URBANO.....	8
2.2.1 Os Fatores Climáticos e o Meio Urbano	9
2.2.2 Os Elementos Climáticos e o Meio Urbano.....	10
2.3 FATORES RELACIONADOS AS ALTERAÇÕES DOS MICROCLIMAS URBANOS.....	12
2.4. ANOMALIAS TÉRMICAS	19
3. ÁREA DE ESTUDO	23
3.1. A CIDADE DE CUIABÁ.....	23
3.2. PORÇÕES URBANAS ESTUDADAS.....	25
3.2.1 Porção Urbana 1	26
3.2.2 Porção Urbana 2	27
3.2.3 Porção Urbana 3	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1. OBTENÇÃO DE IMAGENS AÉREAS.....	30
4.2. OBTENÇÃO DE DADOS MICROMETEOROLÓGICOS	30
4.3. ANÁLISE DAS PORÇÕES URBANAS	30
4.3.1 Mapas Temáticos de Caracterização	30

4.3.2 Cobertura do Solo	31
4.4. ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS.....	32
4.4.1 Análises Termohigrométricas	32
4.4.2 Análises Períodos Quente-úmido e Quente-seco	33
4.4.3 Análise de Anomalia Térmica.....	33
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
5.1. ANÁLISE DOS MAPAS TEMÁTICOS DE CARACTERIZAÇÃO	36
5.1.1 Porção Urbana 1	36
5.1.2 Porção Urbana 2	39
5.1.3 Porção Urbana 3	41
5.2. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO	45
5.3. ANÁLISE DA RELAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA DAS PORÇÕES URBANAS.....	48
5.3.1 Relação Porção Urbana 1 e Porção Urbana 2	48
5.3.2 Relação Porção Urbana 1 e Porção Urbana 3	50
5.4. ANÁLISE DOS PERÍODOS QUENTE-ÚMIDO E QUENTE-SECO	53
5.4.1 Período Quente-Úmido	53
5.4.2 Período Quente-Seco.....	57
5.5. ANÁLISE DA INTENSIDADE DE ANOMALIA TÉRMICA	61
5.5.1 Análise Comparativa Porção Urbana 1 e 2	61
5.5.2 Análise Comparativa Porção Urbana 1 e 3	63
5.5.3 Análise Períodos Quente-Úmido e Quente-Seco	65
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	71
7. BIBLIOGRAFIAS	72
7.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS.....	72
7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escalas climáticas	7
Figura 2 - Albedo de materiais e superfícies urbanas	14
Figura 3 – Parâmetros utilizados para descrever cobertura urbana e escala urbana .	15
Figura 4 - Temperatura de superfície alterada devido ao sombreamento das árvores	18
Figura 5 – Representação da variação de temperatura do ar em área urbana	20
Figura 6 – Mapa da localização da área urbana de Cuiabá, MT, Brasil. Regiões do perímetro urbano de Cuiabá	23
Figura 7 – Mapa da localização das estações micrometeorológicas na malha urbana de Cuiabá.....	25
Figura 8 – Imagem aérea porção urbana 1 – (A) Período Quente-úmido (B) Período Quente-seco.....	26
Figura 9 - Imagem aérea porção urbana 2 – (A) Período Quente-úmido (B) Período Quente-seco.....	28
Figura 10 – Imagem aérea porção urbana 3 – (A) Período Quente-úmido (B) Período Quente-seco.....	29
Figura 11 – Mapa de áreas verdes (Malha de 150x150m).....	36
Figura 12 – Mapa de área edificada (Malha de 150x150m)	37
Figura 13 – Mapa de uso e ocupação do solo (Malha 150x150m)	38
Figura 14 – Mapa de verticalidade (Malha de 150x150m).....	38
Figura 15 – Mapa de áreas verdes (Malha de 150x150m).....	39
Figura 16 – Mapa de área edificada (Malha de 150x150m)	40
Figura 17 – Mapa de uso e ocupação do solo (Malha 150x150m)	40
Figura 18 – Mapa de verticalidade (Malha de 150x150m).....	41
Figura 19 - Mapa de áreas verdes (Malha de 150x150m).....	42
Figura 20 – Mapa de área edificada (Malha de 150x150m)	42
Figura 21 – Mapa de uso e ocupação do solo (Malha 150x150m)	43
Figura 22 – Mapa de verticalidade (Malha de 150x150m).....	44
Figura 23 – Mapa de cobertura do solo Porção urbana 1.....	46

Figura 24 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 2	46
Figura 25 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 3	47
Figura 26 – Porcentagens de cobertura do solo nas porções urbanas.	47
Figura 27 – Distribuição mensal e horária da temperatura do ar (°C)	48
Figura 28 - Distribuição mensal e horária da umidade relativa do ar (%).....	49
Figura 29 - Distribuição mensal e horária da temperatura do ar (°C).....	51
Figura 30 - Distribuição mensal e horária da umidade relativa do ar (%).....	52
Figura 31 – Boxplot temperatura do ar (°C) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3.....	53
Figura 32 - Boxplot umidade relativa do ar (%) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3.....	54
Figura 33 – Frequência (Percentual) da direção do vento – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3.....	55
Figura 34 - Boxplot temperatura do ar (°C) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3.....	57
Figura 35 - Boxplot umidade relativa do ar (%) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3.....	58
Figura 36 - Frequência (Percentual) da direção do vento – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3.....	59
Figura 37 – Intensidade de anomalia térmica – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2.....	62
Figura 38 – Frequência de intensidade de anomalia térmica (°C).....	63
Figura 39 - Intensidade de anomalia térmica – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 3.....	64
Figura 40 - Frequência de intensidade de anomalia térmica (°C).....	65
Figura 41 - Boxplot intensidade anomalia térmica (°C) – (A) Período QU - PU 1 (B) Período QS - PU 1 (C) Período QU - PU 2 (D) Período QS - PU 2 (E) Período QU - PU 3 (E) Período QS - PU 3.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de Albedo e Emitância de diversas superfícies.....	13
Tabela 2 – Valores da rugosidade (Z_g) para terrenos urbanizados.	14
Tabela 3 – Aspectos da urbanização, que mudam o ambiente físico e levam a alterações na troca de energia em comparação à periferia.	17
Tabela 4 – Datas de Obtenção de Imagens Drone.	30
Tabela 5 – Ângulos e simbologia da direção do vento.	33
Tabela 6 – Síntese dos Mapas de Caracterização das Porções Urbanas.	44
Tabela 7 – Análises Estatísticas (Mann-Whitney) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porção Urbana 1 e Porção Urbana 2.	50
Tabela 8 - Análises Estatísticas (Mann-Whitney) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porção Urbana 1 e Porção Urbana 3.	52
Tabela 9 - Análises Estatísticas (Kruskal-Wallis) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.....	56
Tabela 10 - Análises Estatísticas (Teste de Tukey) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.....	57
Tabela 11 - Análises Estatísticas (Kruskal-Wallis) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.....	60
Tabela 12 - Análises Estatísticas (Teste Tukey) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.....	61
Tabela 13 - Análises Estatísticas (Kruskal-Wallis) Anomalia Térmica - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.	68
Tabela 14 - Análises Estatísticas (Teste de Tukey) Anomalia Térmica - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.	68

LISTA DE ABREVIACOES E/OU SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
CIU	Camada Intra-Urbana (<i>Urban Canopy Layer - UCL</i>)
CLU	Camada Limite Urbana (<i>Urban Boundary Layer - UBL</i>)
h	Horas
H0	Hipótese Nula
H1	Hipótese Alternativa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICU	Ilha de Calor Urbana
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
m	Metros
<i>p</i>	Valor de significância
PU	Porção Urbana
QS	Quente-seco
QU	Quente-mido
T	Temperatura do Ar
UR	Umidade Relativa

RESUMO

SOUZA, N. S. **Análise de anomalias térmicas em função da geometria urbana em Cuiabá – MT.** 98f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

Anomalias térmicas são alterações verificadas na temperatura do ar, especialmente em áreas urbanas, onde os efeitos da urbanização e da degradação ambiental comprometem a qualidade de vida e conforto da população nas cidades. A modificação do ambiente natural para um ambiente urbano resulta em fenômenos de anomalia térmica de aquecimento urbano, denominada ilha de calor urbana, que caracteriza uma temperatura do ar mais elevada em meio urbanos, quando comparada a 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 anomalias térmicas em função da configuração da geometria urbana em três porções urbanas de Cuiabá-MT. Para isso foram realizadas análises qualitativas e quantitativas de cobertura do solo e de variáveis microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção do vento) obtidas por meio de três estações micrometeorológicas. Com base nos resultados apresentados, a cobertura do solo apresentou-se como fator determinante nas diferenças significativas encontradas entre as variáveis microclimáticas das porções urbanas. Além disso, as alterações antropogênicas e a densidade urbana afetaram a temperatura e umidade relativa do ar, assim como a incidência e magnitude de ilha de calor urbana. As maiores temperaturas do ar ocorreram durante o dia, nos horários de maior incidência de radiação solar, a umidade relativa do ar se apresentou inversamente a temperatura do ar e a direção do vento se apresentou como regime de monção, na faixa de norte-leste no período úmido e sudoeste-sul no quente-seco. A anomalia térmica apresentou incidência de ilha de calor urbana e ilha de frescor. De maneira geral, as maiores amplitudes foram encontradas no período quente-seco. Diante disso, este estudo se mostrou adequado para análise da relação das variáveis microclimáticas e da cobertura do solo, apontando incidências e magnitudes de anomalias térmicas. Podendo então 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.

Palavras-chave: Ilha de calor, ilha de frescor, cobertura do solo.

ABSTRACT

SOUZA, N. S. **Analysis of thermal anomalies as a function of urban geometry in Cuiabá - MT.** 98p. Thesis (PhD in Environmental Physics), Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

Thermal anomalies are changes in air temperature, especially in urban areas, where the effects of urbanization and environmental degradation compromise the quality of life and comfort of the population in cities. The modification of the natural environment to an urban environment results in thermal anomaly phenomena of urban heating, called urban heat island, which characterizes a higher air temperature in urban areas, when compared to less urbanized neighboring regions. In order to produce an environmentally balanced urban environment that is adequate to human needs it is necessary to consider a close relationship between the urban environment and the microclimate. The climate of Cuiabá is Aw in the Koppen classification with high temperatures, rain in summer and dry in winter. That said, this research aimed to analyze thermal anomalies as a function of urban geometry configuration in three urban portions of Cuiabá-MT. For that they were conducted qualitative and quantitative analyzes of land cover and micro-climatic variables (air temperature, relative humidity and wind direction) obtained by three micrometeorological stations. Based on the results presented, the land cover was a determining factor in the significant differences found between the microclimatic variables of urban areas. In addition, anthropogenic changes and the urban density affected air temperature and relative humidity, as well as the incidence and magnitude of urban heat island. The highest air temperatures occurred during the day, during the hours of greatest solar radiation incidence, the relative humidity was inversely the air temperature and the wind direction was the monsoon regime in the north-east range in the wet and southwest-south periods in the hot-dry period. The thermal anomaly presented incidence of urban heat island and cool island. In general, the highest amplitudes were found in the hot-dry period. Therefore, this study was adequate to analyze the relationship of microclimatic variables and ground cover, indicating the incidence and magnitude of thermal anomalies. It can then demonstrate the importance of land cover analysis in urban planning in order to mitigate the climate rigor imposed by the climate of still developing cities such as Cuiabá.

Keywords: Heat island, cool island, land cover.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

A urbanização global é fruto do crescimento das populações urbanas, que representa entre 60 e 80% da população mundial. Ressalta-se que à medida que a população urbana aumentar em duas vezes, a área ocupada pela urbanização aumentará em três vezes (UN-HABITAT, 2016).

Sendo assim, as estimativas de rápida urbanização são alarmantes, se estima que até 2020 do crescimento populacional mundial, 95% residirão em áreas urbanas. Sendo que deste último número, 91% corresponderá ao acréscimo das populações urbanas de países em desenvolvimento (UN-HABITAT, 2011). No Brasil, a população ocupante de área urbana já representa 85% da população total.

As cidades e suas configurações heterogêneas apresentam diferentes padrões de habitações, edificações, espaços públicos e geometrias urbanas. A urbanização rápida e desigual em diferentes regiões, ocorrente em países em desenvolvimento, particularmente o Brasil, apresenta consequências principalmente ao ambiente de origem, pois os materiais usualmente empregados possuem características mais impermeáveis. Acabam por elevar suas temperaturas rapidamente e armazenam mais energia térmica em comparação aos materiais naturais, alterando assim o padrão climático local, tal processo condiciona a formação de fenômenos de Ilhas de Calor Urbana (ICU).

A ICU definida como anomalia térmica, caracteriza o registro de temperatura mais elevadas em espaços urbanos em comparação com suas regiões vizinhas menos urbanizadas. Pelo não conhecimento do clima local, e/ou falta de planejamento urbano, diversos problemas atmosféricos urbanos são gerados. Por isso, é de suma importância o conhecimento acerca do clima local e do planejamento bioclimático investigando a relação do clima e as características da cidade.

1.2. JUSTIFICATIVA

A evolução da cidade envolve modificações quantitativas e qualitativas nas atividades urbanas, surgindo uma adaptação dos espaços às necessidades antrópicas. O crescimento e concentração populacional em áreas urbanas acabam por acelerar o

processo de mudança da cobertura do solo, alterando o microclima urbano. Estas alterações acabam ocasionando o surgimento de anomalias térmicas, exigindo assim melhor compreensão da real interação das variáveis microclimáticas com os materiais e geometrias que compõem o ambiente urbano.

Segundo autores da área de pesquisa considera-se que o clima do Brasil não é possível de se determinar somente por uma variável microclimática, deve-se levar em consideração diversos fatores, tais como, relevo, a vegetação e as massas de ar. Sendo assim, a própria ação do homem no processo de urbanização interfere nas variações climáticas.

No entanto, pesquisas acerca da relação entre áreas urbanas e seu clima ainda são escassos para regiões tropicais. O Brasil, por exemplo, apesar de apresentar 87% de sua população vivendo em centros urbanos, entre os anos de 1991 e 2015 apresentou somente 34 publicações científicas a respeito de anomalias térmicas, enquanto os Estados Unidos da América e China apresentam 499 e 404, respectivamente (HUANG & LU, 2018).

O estado de Mato Grosso, localizado na região central do Brasil, teve seu crescimento populacional principalmente na década de 1970, onde a taxa sextuplicou. Além disso, é o único estado do Brasil, que apresenta três biomas em seu território. Recortando para Cuiabá, nas décadas de 70 e 80 a cidade passou por um processo de explosão populacional, sofrendo grandes alterações na cobertura do solo urbano.

Fica evidente, portanto, a necessidade de serem desenvolvidos trabalhos de cunho científico que abordem a dinâmica do espaço urbano, principalmente de climatologia urbana.

Deste modo, o objetivo geral deste trabalho foi analisar anomalias térmicas em função da configuração da geometria urbana em três porções urbanas de Cuiabá-MT.

Para alcançar este objetivo geral, foi necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos: realizar a caracterização das áreas de estudo segundo mapas de classificação proposta por Katzschner (1997); caracterizar as porções urbanas de estudo segundo sua cobertura do solo; caracterizar o microclima das porções urbanas estudadas, por meio de variáveis ambientais como temperatura do

ar, umidade relativa do ar e direção do vento; calcular a intensidade da anomalia térmica nas porções urbanas estudadas e por fim analisar a relação da intensidade da anomalia térmica com a geometria urbana local.

2. REFERENCIAL 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, resultando em problemas como poluição do ar, desconforto no nível de pedestres, problemas de saúde (VIANA & AMORIM, 2009; ALCHAPAR et al., 2016).

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 (COSTA, 1998; MENDONÇA, 2003).

Em 1818, Luke Howard encontrou diferente temperatura do ar no centro de Londres em comparação a áreas mais periféricas, com menor densidade urbana (SANTOS & NOGUEIRA, 2012).

Contudo a teoria sobre o clima urbano foi publicado pela primeira vez por AkeSundborg, um geógrafo e geomorfologista sueco somente em 1950. O artigo publicado por ele citava a existência de um núcleo mais quente coincidindo com a área mais densamente urbanizada, assim como ressaltava que este núcleo se apresentava sob condições noturnas, com céu limpo e ventos calmos (CHOUDHARY & TRIPATHR, 2018). Desde então, o clima urbano e suas consequências tem sido amplamente estudado no mundo (HUANG & LU, 2018).

O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização (MONTEIRO, 2003). Contudo para Andrade (2005) o clima urbano resulta das interações entre os fatores urbanos com o clima regional e com o meio físico pré-existentes.

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 (PEETERS & ETZION, 2012).

A substituição dos ambientes naturais por áreas urbanas gera o aumento das temperaturas na escala local (LIMA & AMORIM, 2010). 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.

As cidades apresentam condições climáticas muito diferenciadas das áreas circunvizinhas, fato que, segundo diversos autores como Monteiro (1976), Lombardo (1985), Mendonça (2003), Oke (2006), está 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 Landsberg¹ (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. Dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas descrevendo o clima geral de uma região. Dados mesoclimáticos, informam modificações do macroclima provocadas pela topografia local, grandes massas de águas e vegetação. No microclima são levados em consideração os efeitos das ações antropogênicas (MASCARÓ, 1996).

Entretanto 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 – distância horizontais (FIGURA 1) de interesse na área urbana são:

a) mesoescala, que corresponde à influência integrada da cidade no clima urbano, abrangendo dezenas de quilômetros de extensão;

b) 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;

c) 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.

¹ 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.

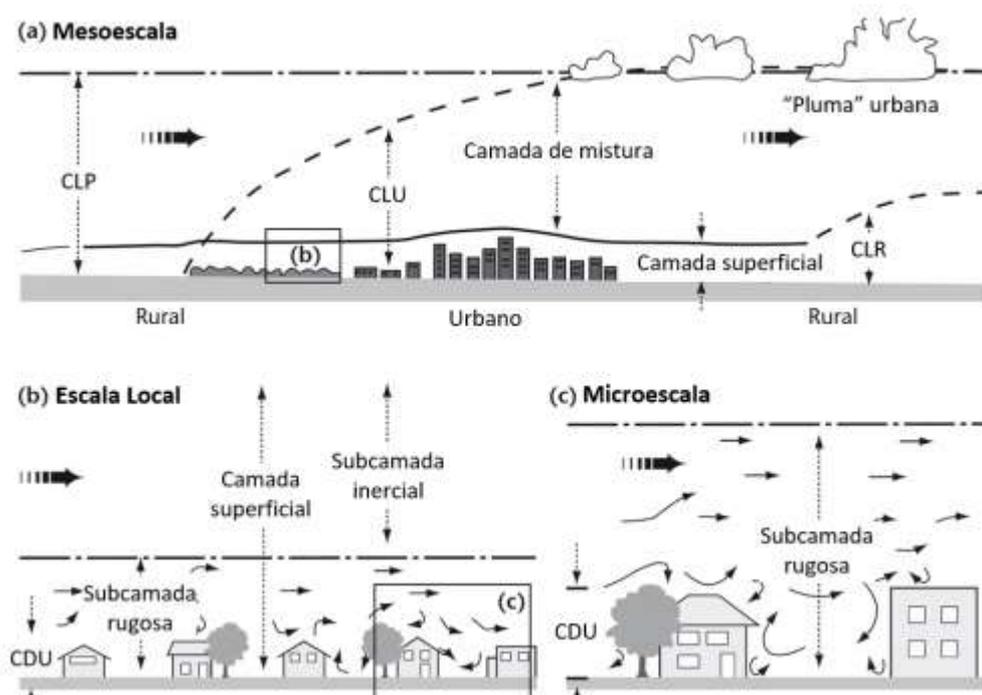


Figura 1 – Escalas climáticas
Fonte: Adaptado de Oke (2006).

Em relação à classificação das camadas que compõem a atmosfera (distância vertical do clima urbano), Oke (1981) verificou a presença de 14 correntes de ar vindas das áreas rurais que ao chegarem ao meio urbano encontram uma atmosfera diferenciada e com características próprias. Desta maneira, propôs a divisão da atmosfera urbana em duas: camada limite do dossel urbano (CDL) e camada limite da influência urbana (CLU).

A CDL é estratificada abaixo do nível dos telhados, produzida pelos processos em micro escala localizados nas ruas, entre as edificações urbanas. A natureza ativa dessa superfície produz uma considerável complexidade de fatores atuantes.

Enquanto a CLU é a camada limite atmosférica ou planetária, definida como a faixa contida entre a superfície terrestre e uma determinada altura, a partir da qual, o deslocamento de massas tem comportamento diferenciado, livre da ação do atrito entre as camadas de ar e 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. A

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 CLU é um fenômeno de escala local a mesoescala, cujas características são governadas pela natureza da superfície urbana. A camada urbana no nível das coberturas (CDL) 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, 1982² APUD MAITELLI, 1994).

Segundo Silveira (2007), 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.

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

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. A compreensão da diferença entre área urbana e área rural em características climáticas é necessário para planejamento urbano futuro (STOCKER et al., 2013; PIELKE et al., 2011).

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 (KOENIGSBERGER, 1997).

Atribui-se, portanto, aos elementos climáticos, a qualidade de definir e fornecer os componentes do clima, e aos fatores climáticos, a qualidade de

² 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.

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 Os Fatores Climáticos e o Meio Urbano

Dentre os fatores climáticos se destacam a radiação solar, latitude, altitude, regime dos ventos e a topografia (BARBIRATO et al., 2007).

De acordo com Varejão-Silva (2006), denomina-se radiação a energia que se propaga sem necessidade de presença de um meio material. Ademais, segundo Angelocci et al. (2002), a radiação solar é a maior fonte de energia da terra desencadeando todo o processo meteorológico afetando todos os outros elementos, como temperatura, vento, precipitação, umidade.

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 (ASSIS, 2006).

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.

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

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).

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).

Analisando a temperatura do ar, ressalta-se que 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; ASSIS, 2006).

A acelerada urbanização nos grandes centros pode provocar sérios danos ao meio ambiente. Em relação à qualidade climatológica 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 (PEZZUTO et al., 2003).

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.

A precipitação é o resultado de qualquer deposição em forma líquida ou sólida derivada da atmosfera. A evaporação das águas de superfície leva à formação de chuva e outras precipitações. As áreas urbanas influenciando as distribuições de temperatura, os padrões do vento e a qualidade do ar, acabam por 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).

Com as edificações urbanas ocorre modificações na ventilação da área urbana 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 (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 à 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).

A vegetação urbana também acaba por 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 dos ventos nos cânions urbanos ou impedindo a entrada dos mesmos (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010).

2.3 FATORES RELACIONADOS AS 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 (GARTLAND, 2010; 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 Mascaró (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 (ASSIS, 2006; 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, tais como asfalto e concreto proporcionam um microclima suave e estável, enquanto que o inverso corrobora para a criação de um microclima de extremos (FIGURA 2).

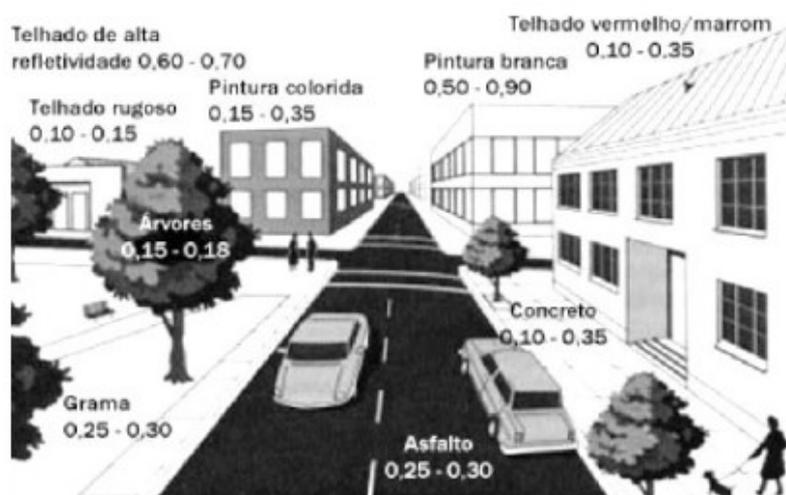


Figura 2- Albedo de materiais e superfícies urbanas

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).

Tabela 2 – Valores da rugosidade (Z_g) para terrenos urbanizados.

Terreno	Z_g (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.

Algumas propriedades de superfície urbana influenciam o microclima urbano, sendo assim parâmetros importantes para análises de climatologia urbana (FIGURA 3).

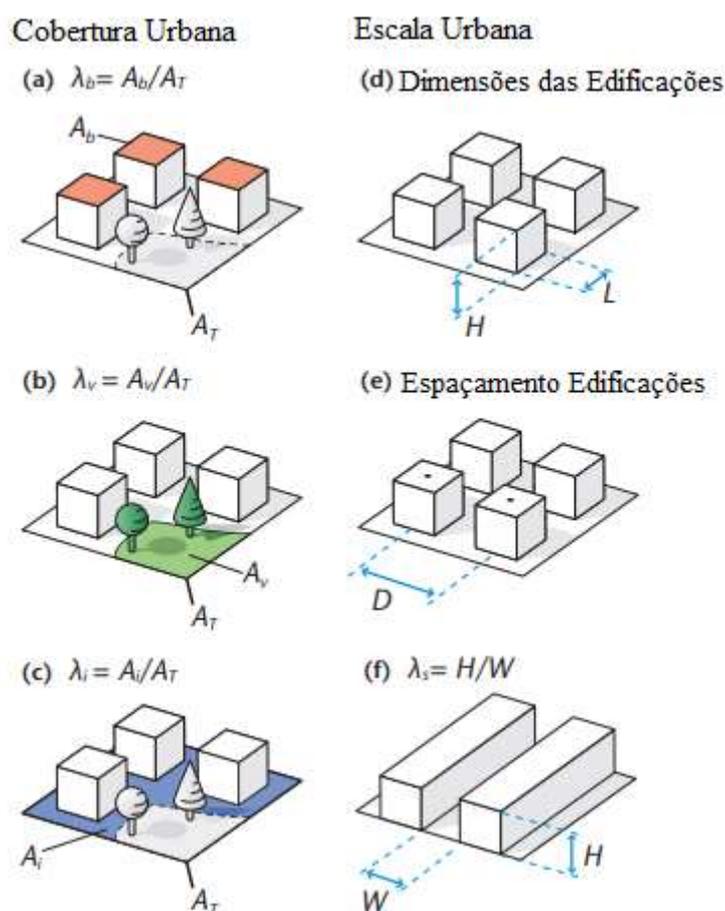


Figura 3 – Parâmetros utilizados para descrever cobertura urbana e escala urbana

Fonte: Adaptado e traduzido de Oke et al. (2017).

A análise da cobertura urbana pode ser realizada por meio da relação entre a área edificada e área total (Figura 3a), pela relação da área vegetada e área total (Figura 3b), assim como pela relação entre a área impermeável e área total (Figura 3c). Para análises de escala urbana Oke et al. (2017) recomenda análises das dimensões das edificações – altura \times largura (Figura 3d), do espaçamento das

edificações, obtido pela distância dos pontos centrais das faces das edificações (Figura 3e) e pelo fator cânion urbano, relação entre a altura dos edifícios (H) \times a distância entre eles (W) (Figura 3f).

A geometria da cidade e as propriedades térmicas das superfícies são os parâmetros principais que influenciam o clima urbano. O fator cânion urbano 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 conseqüentemente.
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, 1981³ *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 reduzindo (de 10 a 30%) a velocidade do vento e o albedo médio das

³ 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.

idades 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 4).

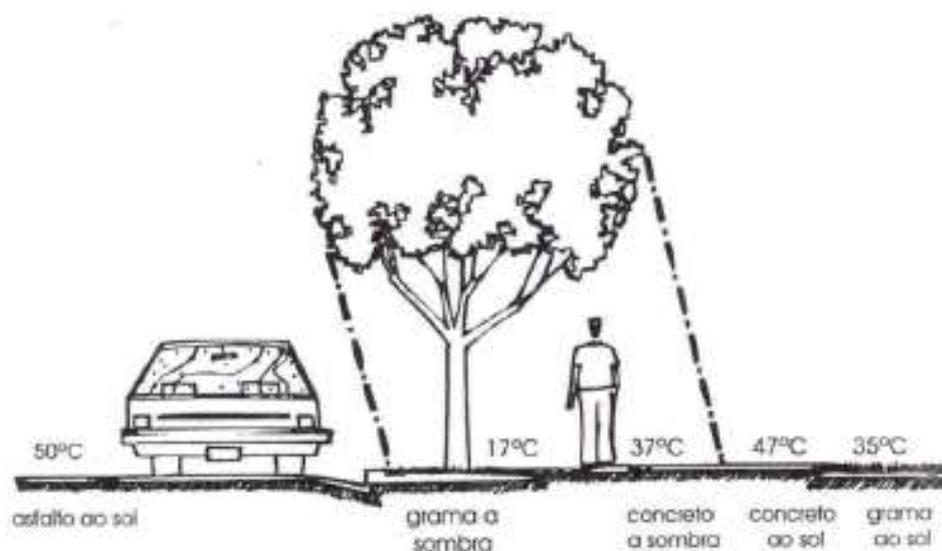


Figura 4 - Temperatura de superfície alterada devido ao sombreamento das árvores
Fonte: Mascaró & Mascaró (2010).

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. ANOMALIAS TÉRMICAS

Podemos definir anomalias térmicas como alterações verificadas na temperatura do ar, especialmente em áreas urbanas, onde os efeitos da urbanização e da degradação ambiental comprometem a qualidade de vida, conforto da população nas cidades. Entre as anomalias térmicas destacam-se as ilhas de calor urbana e ilha de frescor.

A diferença entre a temperatura do ar entre áreas urbanas e rurais tem sido objeto de estudo de muitas pesquisas (PEETERS & ETZIAN, 2012; ALCHAPAR et al., 2016; CHAPMAN et al., 2017). Esta diferença de temperatura pode evidenciar o aquecimento da área urbana em relação à área rural, caracterizando a ilha de calor urbana (LUCENA, 2012) ou o resfriamento da área urbana em relação à área rural, caracterizando a ilha de frescor (ALVES, 2010).

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). Em contrapartida, em regiões de clima quente, as ilhas de frescor se apresentam de forma positiva (LEAL, 2012).

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).

Das modificações climáticas produzidas pela cidade, a mais evidente e estudada é a ilha de calor é um fenômeno próprio das cidades, resultantes do processo de urbanização e características peculiares ao meio urbano (BARBIRATO et al., 2007; LUCENA et al., 2013).

Apesar de ainda não ser possível determinar o efeito da ilha de calor urbana no processo de aquecimento global (EMANUEL & KRUGER, 2012), ainda é um dos principais problemas ambientais do século XXI (RIZMAN et al., 2008; DU et al., 2017; KOOMEN & DIOGO, 2017).

A ICU pode ser visualizada como uma bolha de calor estagnada sobre as áreas mais densas e verticalizadas da cidade (FIGURA 5) e tem sido observada em praticamente todo o mundo (EMMANUEL, 2005), podendo ser classificadas em ilha

de calor subsuperficial, ilha de calor de superfície, ilha de calor de camada de dossel e ilha de calor de camada limite (OKE et al., 2017).

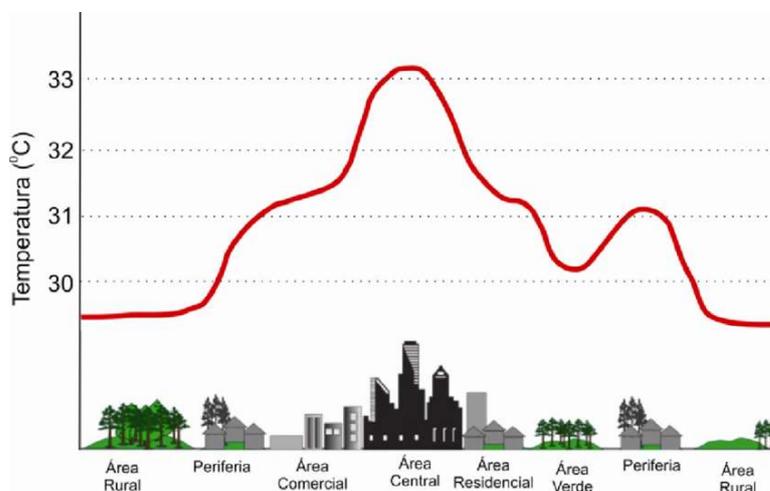


Figura 5 – Representação da variação de temperatura do ar em área urbana
Fonte: Adaptado de Epa (2008).

O adensamento e a expansão horizontal das cidades, quando planejadas indevidamente, podem trazer consequências ambientais significativas, considerando que parte das alterações antropogênicas acaba por alterar o balanço de energia (MINELLA & KRÜGER, 2007; CALLEJAS et al., 2015; SILVA et al., 2018).

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).

As diferenças nos fluxos de energia entre os ambientes urbano e rural são uma causa da ocorrência de ICU, devido aos poluentes atmosféricos, a radiação solar incidente na área urbana é geralmente menor que na área rural, pois parte desta radiação é dispersa e absorvida pelas partículas de poluição (ALVES, 2011; ERELL et al., 2011).

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 entre o meio urbano e seu arredor menos urbanizado (VOOGT, 2002; PENG et al, 2012).

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

Além disso, ressalta-se a diferença de evapotranspiração em meio urbano e meio rural. A evapotranspiração é geralmente mais baixa em áreas urbanas. Isto resulta da diferença de cobertura do solo, teor de umidade das superfícies cobertas de vegetação é maior que em superfícies cobertas por materiais urbanos (concreto e asfalto) (OKE, 1987; SUOMI, 2014).

Sendo assim, as ilhas de frescor estão relacionadas à locais da cidade nos quais há presença de áreas vegetadas (praças, parques urbanos). Nestas áreas o ar tende a ser mais fresco e mais denso em comparação a áreas densamente pavimentada (FERREIRA et al., 2015).

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.

Entretanto, o horário de pico da ilha de calor urbana depende das propriedades dos materiais urbanos, em cidade construídas com materiais que

liberam calor mais lentamente podem atingir picos após o amanhecer (GARTLAND, 2010).

Destaca-se então 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 (MARQUES FILHO et al., 2009). 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 cidades temperadas (MARQUES FILHO et al., 2009; KARAM et al., 2010; FERREIRA et al., 2012; RAJAGOPALAN et al., 2014).

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).

Vários estudos indicam a aplicação da climatologia urbana no planejamento urbano é uma ótima maneira de reduzir o aquecimento urbano (ALCHAPAR et al., 2016; FERREIRA & DUARTE, 2019). Dado isto, estudos com a temática de climatologia urbana e/ou ilha de calor urbana tem aumentado expressivamente. De 2005 a 2015 houve um aumento de 504%, sendo que o Brasil representa o 15º país com mais publicações desta temática (HUANG & LU, 2017).

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. A CIDADE DE CUIABÁ

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, tem coordenadas geográficas de referência 15°35' Sul e 56°06' Oeste, e altitude de 165 m, e está localizada na região denominada “depressão cuiabana”. Possui uma área de 3.224,68 km², sendo 254,57 km² de área urbana e 2.970,11 km² de área rural (CUIABÁ, 2008). 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 6).

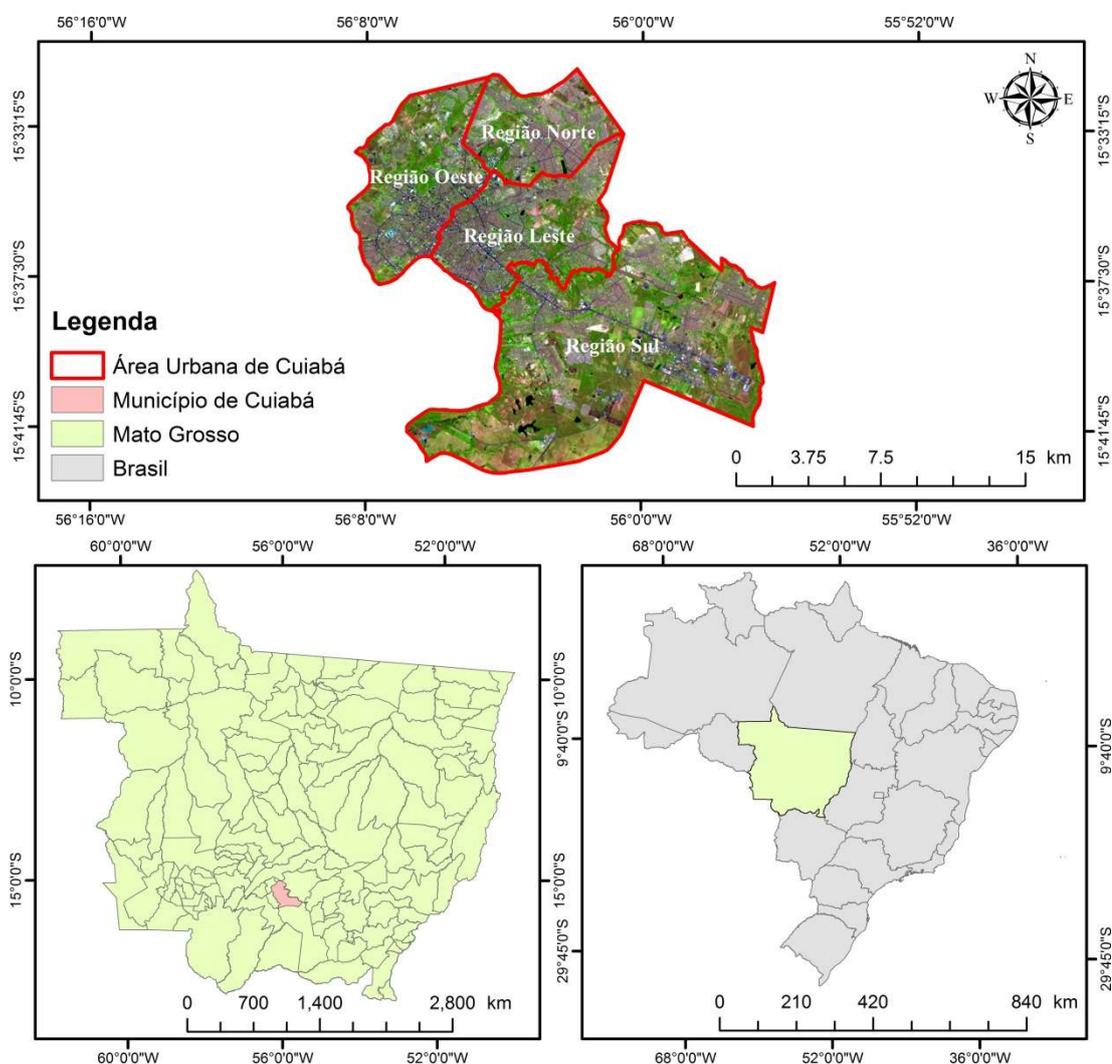


Figura 6 – Mapa da localização da área urbana de Cuiabá, MT, Brasil. Regiões do perímetro urbano de Cuiabá

A região norte possui área de 30,70 km², a região sul possui área de 128,63 km², a região leste possui área de 45,53 km² e a região oeste possui área de 49,70 km². Quanto à distribuição populacional, a região leste apresenta 50 bairros e a maior concentração populacional, 28,83% (densidade populacional de 34,15 hab/ha). A região oeste é composta por 25 bairros e com 21,77% dos habitantes do município (densidade populacional de 23,63 hab/ha). A região sul, com maior área territorial, abriga 36 bairros, e é a segunda maior região na análise populacional, com 26,95% dos habitantes do município (densidade populacional de 11,30 hab/ha). Já a região norte é composta por 11 bairros com 22,40% da população, totalizando uma densidade populacional de 39,39 hab/ha (CUIABÁ, 2012).

Situada 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, entre outros. Dentre os principais córregos ressaltam-se os córregos do Moinho, Barbado, Prainha, Salgadeira, entre outros (CUIABÁ, 2012).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima regional 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) é N (norte) e NO (noroeste) durante grande parte do ano, e S (sul) no

período do inverno. Os autores 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 sejam extremamente baixas, 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

Foram selecionadas para este estudo três porções urbanas localizadas na área urbana de Cuiabá (FIGURA 7).

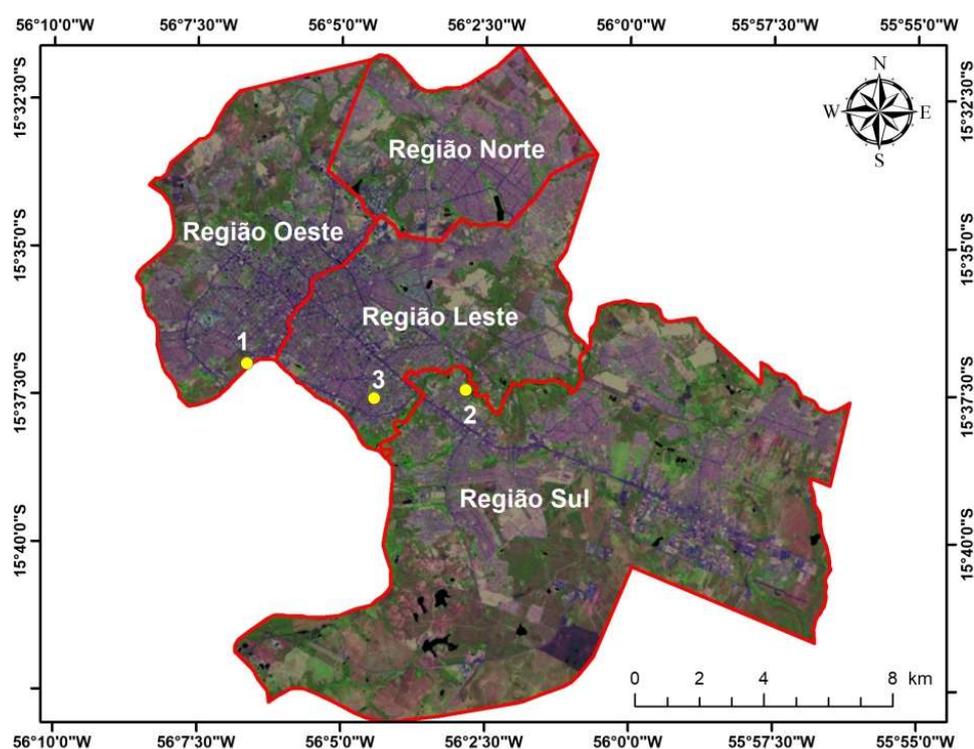


Figura 7 – Mapa da localização das estações micrometeorológicas na malha urbana de Cuiabá

As porções urbanas 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 e geometria urbana. Localizadas nas regiões oeste, leste e sul da cidade de Cuiabá – MT.

3.2.1 Porção Urbana 1

A porção urbana 1, ou seja, estação micrometeorológica 1, está localizada no Bairro do Porto, região oeste da área urbana de Cuiabá. O bairro possui uma área de 248,22 ha com uma população de 8.479 habitantes, resultando assim em uma densidade habitacional de 34,16 hab/ha (CUIABÁ, 2012).

O bairro do Porto foi um dos primeiros bairros instituídos em Cuiabá, constituindo-se assim em um dos mais antigos pontos de Cuiabá (FRANCO, 2010). Era pelo Porto de Cuiabá que chegavam as monções embarcadas no Rio Tietê (SP) (SIQUEIRA et al., 2007). Justamente pelo porto localizado nesta região, no Rio Cuiabá, o bairro leva este nome. Como principais vias deste bairro, pode-se destacar a Avenida XV de Novembro e a Avenida Manoel José de Arruda, que hoje abriga a parte revitalizada da Orla do Porto.

Considerando a localização da porção de estudo, porção urbana 1, a mesma abrange uma área de 200 m de raio, sendo o ponto central de coordenadas 15°36'59" Sul e 56°06'38" Oeste (FIGURA 8).

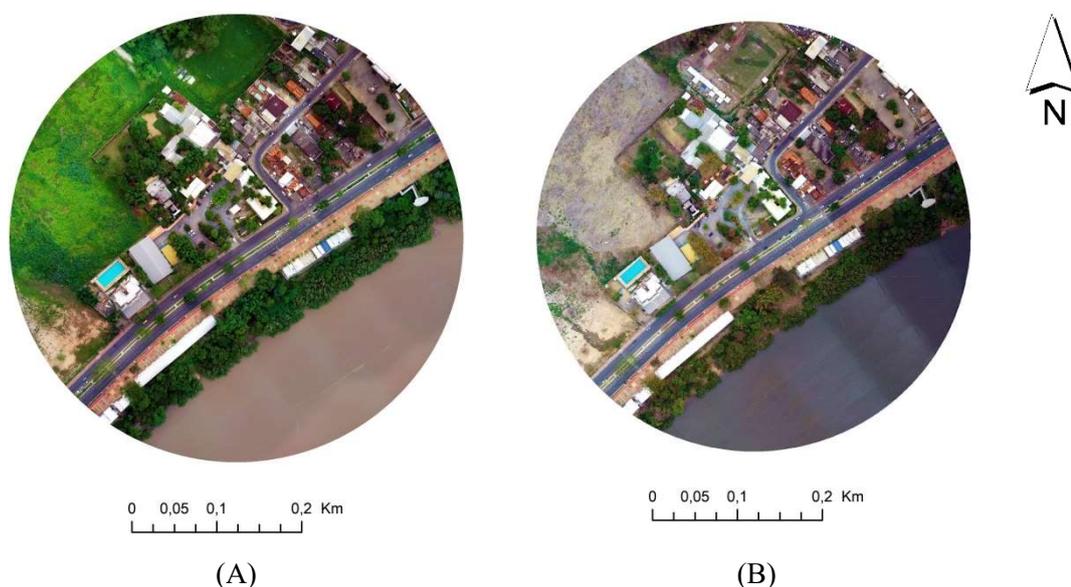


Figura 8 – Imagem aérea porção urbana 1 – (A) Período Quente-úmido (B) Período Quente-seco

Observando a figura 8, percebe-se a presença do Rio Cuiabá na porção urbana 1, vale ressaltar que o mesmo representa o principal corpo hidrológico da Bacia

Hidrográfica do Rio Cuiabá (CHIARANDA et al., 2016). Ressalta-se também a expressiva supressão de vegetação rasteira na região noroeste da porção, no período quente-seco.

Quanto às edificações, observa-se que a área edificada em relação à área total é pequena e com alturas de edificações baixas. Considerando então o fator Cânion Urbano (H/W), calculado com a altura da edificação localizada a estação micrometeorológica ($\sim 4,5$ m) e a média das larguras das vias de proximidade da mesma (~ 15 m), temos o fator canion urbano com valor de 0,30.

Com relação ao relevo, a porção urbana apresenta variações suaves de altitude, com diferenças de apenas 3 m entre ponto a leste e a oeste da porção urbana, variando entre 154 m e 157 m.

3.2.2 Porção Urbana 2

A porção urbana 2, ou seja, estação micrometeorológica 2, está localizada no Bairro Jardim das Palmeiras, região sul da área urbana de Cuiabá. O bairro possui uma área de 40,50 ha com uma população de 930 habitantes, resultando assim em uma densidade habitacional de 22,30 hab/ha (CUIABÁ, 2012).

O bairro Jardim das Palmeiras, é um bairro relativamente recente em Cuiabá, instituído em 1997 (Lei nº 3723 de Dezembro de 1997). Como principais vias deste bairro, podemos destacar a Avenida das Seringueiras, das Palmeiras e dos Pinhais (MAZIEIRO, 2016). Destaca-se que o bairro está localizado a oeste do Rio Coxipó.

Considerando a localização da porção de estudo, porção urbana 2, a mesma abrange uma área de 200 m de raio, sendo o ponto central de coordenadas 15°37'25" Sul e 56°02'50" Oeste (FIGURA 9).

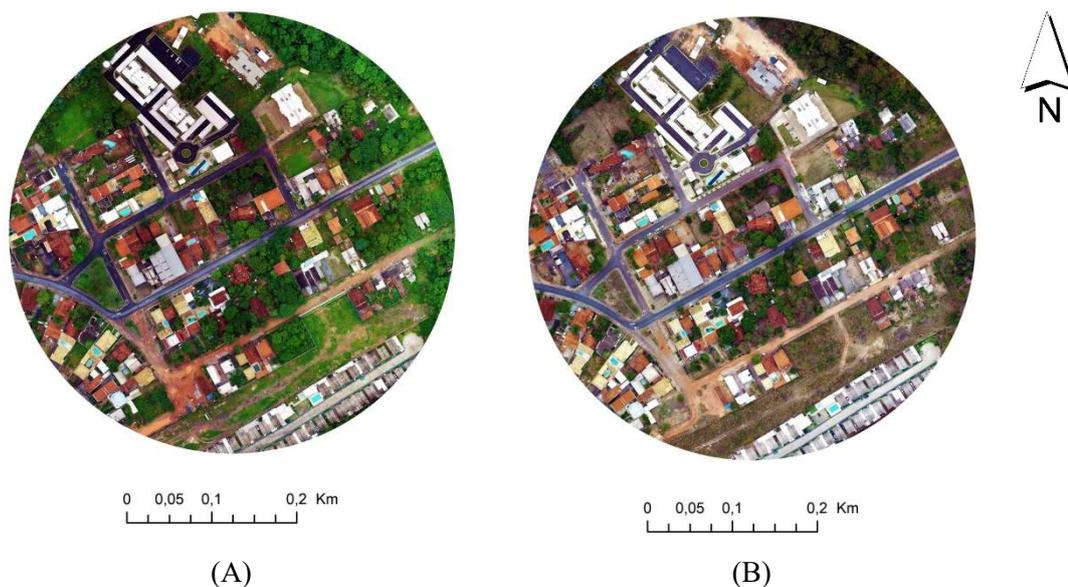


Figura 9 - Imagem aérea porção urbana 2 – (A) Período Quente-úmido (B) Período Quente-seco

Observa-se na figura 9, quanto às edificações, que há pouca presença de vazios urbanos, sendo uma porção já ocupada em sua maioria por edificações residenciais (272 residências, segundo Perfil Socioeconômico de Cuiabá, 2012).

Considerando o fator Cânion Urbano (H/W), calculado com a altura da edificação localizada a estação micrometeorológica ($\sim 3,5$ m) e a média das larguras das vias de proximidade da mesma (~ 10 m), tem-se o fator cânion urbano com valor de 0,35.

Com relação ao relevo, a porção urbana apresenta variações de altitude, com diferenças de 9 m considerando percurso entre ponto a leste e a oeste da porção urbana, variando entre 160 m e 169 m.

3.2.3 Porção Urbana 3

A porção urbana 3, ou seja, estação micrometeorológica 3, está localizada no Bairro Jardim Califórnia, região leste da área urbana de Cuiabá. O bairro possui uma área de 73,05 ha com uma população de 1590 habitantes, resultando assim em uma densidade habitacional de 21,77 hab/ha (CUIABÁ, 2012).

O bairro Jardim Califórnia tem como principais vias as Avenidas Carmindo de Campos e Avenida General Mello. Destaca-se que o bairro está localizado próximo ao encontro do Rio Cuiabá e Rio Coxipó, e abriga o córrego do Barbado. O

bairro está inserido em uma Zona Preferencialmente Residencial (ZPR) (CUIABÁ, 2012).

Considerando então a localização da porção de estudo, porção urbana 3, a mesma abrange uma área de 200 m de raio, sendo o ponto central de coordenadas 15°37'34" Sul e 56°04'26" Oeste (FIGURA 10).

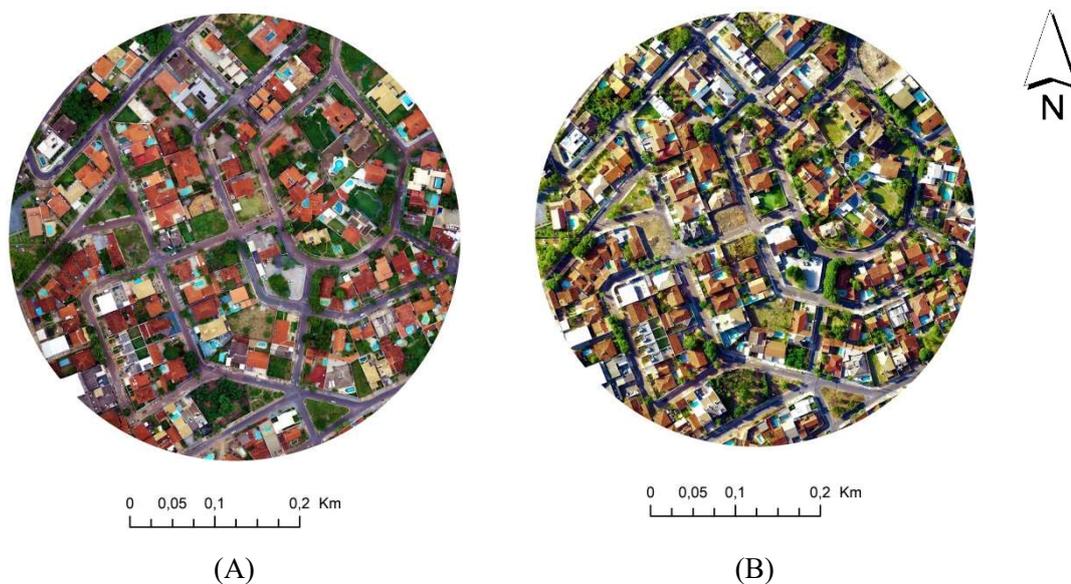


Figura 10 – Imagem aérea porção urbana 3 – (A) Período Quente-úmido (B) Período Quente-seco

Observando a figura 10 percebe-se o adensamento urbano desta porção urbana, apresentando pouco vazios urbanos. A presença de vegetação basicamente se dá pelos quintais das residências (356 residências, segundo Perfil Socioeconômico de Cuiabá, 2012).

Considerando o fator Cânion Urbano (H/W), calculado com a altura da edificação localizada a estação micrometeorológica (~ 6 m) e a média das larguras das vias de proximidade da mesma (~ 10 m), tem-se o fator cânion urbano com valor de 0,60.

Com relação ao relevo, a porção urbana apresenta variações de altitude, com diferenças de 11 m considerando percurso entre ponto a leste e a oeste da porção urbana, variando entre 158 m e 169 m.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. OBTENÇÃO DE IMAGENS AÉREAS

As imagens aéreas foram utilizadas para a realização dos mapas de caracterização da área urbana e a análise da cobertura do solo. A análise pelos mapas de caracterização foi realizada por meio de imagens aéreas obtidas no software *Google Earth Pro*. Estas imagens são datadas em 25 de Junho de 2018, com altitude do ponto de visão de aproximadamente 700 m.

Enquanto a análise de cobertura do solo utilizou imagens aéreas obtidas por meio de voo de drone (modelo Phantom 4, marca DJI, China). As imagens foram adquiridas por meio de voo programado no aplicativo *drone deploy* (alt. 80m, resolução pixel 1,25 x 1,25cm), com datas conforme tabela 4.

Tabela 4 – Datas de Obtenção de Imagens Drone.

Porção Urbana	Data Imagem Período Seco	Data Imagem Período Úmido
1	02/09/2018	12/12/2018
2	02/09/2018	24/12/2018
3	31/08/2018	12/12/2018

4.2. OBTENÇÃO DE DADOS MICROMETEOROLÓGICOS

Os dados micrometeorológicos foram obtidos a cada 5 min por meio de três estações micrometeorológicas 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 S-THB-M002, acurácia: +/- 0,21°C e +/- 2,50, resolução: 0,02°C a 25°C e 0,1% a 25°C), e direção do vento (S-WDA-M003, acurácia: +/- 5 graus, resolução: 1,4 graus).

4.3. ANÁLISE DAS PORÇÕES URBANAS

4.3.1 Mapas Temáticos de Caracterização

Os mapas temáticos de caracterização foram definidos utilizando o método desenvolvido por Lutz Katzschner da Universidade de Kassel na Alemanha (KATZSCHNER, 1997), que 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. A confecção dos mapas seguiram as etapas descritas a seguir:

- a) Inserção da imagem obtida no Google Earth no software CAD (*computer aided design* – desenho auxiliado por computador). Para isso, foi necessário “escalar” a imagem por meio da medida conhecida de um objeto, extraída no software Google Earth.
- b) Seleção da área na imagem (1x1 km, considerando a localização da estação micrometeorológica como ponto central). Após a imagem ser escalada, recortou-se a área que foi utilizada para os mapas de caracterização.
- c) Identificação das categorias de acordo com o mapa confeccionado, ou seja, no mapa de área verde, identificação da localização de áreas verdes, no mapa de área edificada, a localização de áreas edificadas e não edificadas. Para a confecção dos mapas de uso do solo e altura das edificações fez-se necessário observação in loco.
- d) Quantificação das áreas das categorias descritas em cada mapa.

Foram realizados mapas de áreas edificadas, uso e ocupação do solo (comercial, residencial ou institucional), áreas verdes e altura de edificações (térrea, 1-2 pavimentos ou 3-6 pavimentos). As análises dos mapas de caracterização levaram em consideração os quantitativos observados em cada mapa.

4.3.2 Cobertura do Solo

Para a classificação de cobertura do solo foi estabelecido uma área de raio de 200 m no entorno de cada ponto de localização de estação micrometeorológica (OKE, 2004).

Realizada com as imagens aéreas obtidas pelo drone, por meio de software específico empregando o método de classificação supervisionada, utilizando a técnica MAXVER (máxima semelhança). Segundo Tangerino & Lourenço (2013) esta técnica é a mais indicada para a realização de análise de cobertura do solo por proporcionar maior acurácia.

Foram consideradas as seguintes classes: cobertura arbórea, asfalto, concreto, edificação, vegetação rasteira, solo nu e corpos d'água. Sua análise ocorreu por meio do quantitativo de cada classe e da comparação entre áreas permeáveis e impermeáveis das porções urbanas estudadas.

Ressalta-se que a classificação das porções urbanas 2 e 3 utilizaram imagens obtidas no período quente-úmido, enquanto para a porção urbana 1 foi utilizada imagem obtida no período quente-seco.

4.4. ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

De maneira geral, os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, coletados cada 5 min apresentaram eventuais falhas que 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.

As análises realizadas nesta pesquisa foram a análise termohigrométrica das porções urbanas, análise dos períodos quente-úmido e quente-seco e análise de anomalia térmica.

4.4.1 Análise Termohigrométricas

Para a análise termohigrométrica foi estabelecida uma estação referência considerando a que tinha menor interferência urbana (Porção Urbana 1). Sendo assim, foi analisada a relação dela com as demais.

Foi priorizada a análise por meio de dados pareados e que não ultrapassassem 5% de falhas. Desta forma, a relação da porção urbana 1 com a porção urbana 2 utilizou dados de diferente período em relação a análise da relação da porção urbana 1 com a porção urbana 3.

No comparativo da porção urbana 1 e porção urbana 2 foram utilizados dados de Setembro/2014 a Setembro/2015. Enquanto que no comparativo da porção urbana 1 e porção urbana 3 foram utilizados dados de Julho/2016 a Julho/2017.

Os dados foram organizados considerando as variações de horas durante o mês, para então realizar mapas de contorno (krigagem) das variáveis microclimáticas (temperatura do ar e umidade relativa do ar) nas análises da porção urbana 1 e 2, e porção urbana 1 e 3.

4.4.2 Análise Períodos Quente-úmido e Quente-seco

Foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção do vento. Os mesmos são pareados entre as três estações micrometeorológicas. No período quente-úmido utilizaram-se dados de Junho/2018 a Agosto/2018. Enquanto que o período quente-seco utilizaram-se dados de Novembro/2014 a Janeiro/2015.

Com isso, para a temperatura do ar e umidade relativa do ar realizou-se gráficos do tipo *boxplot* separando dados do período diurno e noturno. Quanto à direção do vento, foi realizada a rosa dos ventos considerando a frequência em percentual da direção do vento, conforme tabela 5.

Tabela 5 – Ângulos e simbologia da direção do vento.

Direção	Simbologia	Faixa de Ângulo
Norte	N	348,75° – 11,25°
Nor-nordeste	NNE	11,25° - 33,75°
Nordeste	NE	33,75° - 56,25°
Lês-nordeste	ENE	56,25° - 78,75°
Leste	E	78,75° - 101,25°
Lês-sudoeste	ESE	101,25° - 123,75°
Sudeste	SE	123,75° - 146,25°
Sul-sudeste	SSE	146,25° - 168,75°
Sul	S	168,75° - 191,25°
Sul-sudoeste	SSW	191,25° - 213,75°
Sudoeste	SW	213,75° - 236,25°
Oés-sudoeste	WSW	236,25° - 258,75°
Oeste	W	258,75° - 281,25°
Oés-nordeste	WNW	281,25° - 303,75°
Noroeste	NW	303,75° - 326,25°
Nor-noroeste	NNW	326,25° - 348,75°

4.4.3 Análise de Anomalia Térmica

O cálculo da intensidade da anomalia térmica foi realizado por meio da diferença de temperatura do ar de cada estação de porção urbana com a estação oficial do INMET (Código OMM 86705, Código INMET A901), com registros a cada hora.

Para isso foi realizada dois tipos de análises, uma considerando o comparativo da análise horária mensal entre porção urbana 1 e 2 e porção urbana 1 e 3, utilizando os mesmos dados de temperatura do ar da análise da relação

termohigrométrica das porções urbanas. Foram realizados gráficos 3D, com eixo X (hora), eixo Y (mês) e eixo Z (anomalia térmica). Para esta mesma análise, a fim de organizar os dados, foram realizados gráficos de frequência de intensidade de anomalia térmica, para caracterizar o grau de intensidade.

Também a fim de analisar a intensidade da anomalia térmica foi realizado gráfico do tipo *boxplot* considerando os períodos quente-seco e quente-úmido, assim como os valores obtidos durante o dia (6h às 18h) e a noite (18h às 5h). Para o cálculo da intensidade utilizou-se dados de temperatura do ar pareados entre as três estações urbanas, ou seja, período quente-seco dados de Novembro/2014 a Janeiro/2015 e período quente-úmido dados de Junho/2018 a Agosto/2018.

4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com intuito de averiguar se as porções urbanas apresentavam diferença estatisticamente significativa entre si, ao analisarmos a temperatura do ar, umidade relativa do ar e magnitude de anomalia térmica.

Os dados foram submetidos a teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS) com grau de confiança de 95% (nível de significância de 5%). Para o teste de Kolmogorov-Smirnov considera como hipótese nula (H_0) que os dados seguem uma distribuição normal e como hipótese alternativa (H_1) que os dados não seguem uma distribuição normal (ESTATCAMP, 2015). Neste caso, se admite que valor $p < 0,05$, os dados não apresentam distribuição normal.

Na análise da relação termohigrométrica das porções urbanas foi utilizado o teste de Mann-Whitney. É um teste não paramétrico indicado para a comparação de dois grupos não pareados, testando se há igualdade entre as medianas das amostras. O teste considera (H_0) como a não existência de alteração de tendência das amostras, enquanto que a hipótese alternativa (H_1) refere-se à existência de tendência nos registros. Foi adotado nível de significância de 5%, sendo assim, valor $p \leq 0,05$, as medianas apresentaram diferença estatística significativa (SIEGEL & CASTELLAN JR., 2006).

Nas análises da temperatura do ar, umidade relativa do ar e magnitude de anomalia térmica considerando os períodos (quente-úmido e quente-seco) foram realizados os testes de Kruskal-Wallis e Tukey.

O teste de Kruskal-Wallis teste não paramétrico, foi utilizado para analisar a variação e se há diferença significativa entre as coletas da mesma porção urbana. Foi adotado nível de significância de 5%, sendo assim para valor $p \leq 0,05$ (nível de significância), as diferenças são significativas estatisticamente (SHESKIN, 2011; SABINO et al., 2017).

O teste de Tukey utilizado para analisar a diferença de significância entre as médias (REIS et al., 2016). Considera-se que o valor $p < 0,05$ (nível de significância) representa a diferença significativa entre os pares.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE DOS MAPAS TEMÁTICOS DE CARACTERIZAÇÃO

Devido à variação microclimática dentro do contexto urbano faz-se importante a análise qualitativa e quantitativa em relação à área de estudo, tendo em vista características como área edificada, altura das edificações, uso e ocupação do solo e áreas verdes (FRANCO, 2010). Sendo assim, nesta etapa serão descritos e analisados os atributos da forma urbana segundo a metodologia adotada (KATZSCHNER, 1997).

5.1.1 Porção Urbana 1

Pode-se observar o mapa de áreas verdes encontradas dentro da região (1x1km) da porção urbana 1 (FIGURA 11).

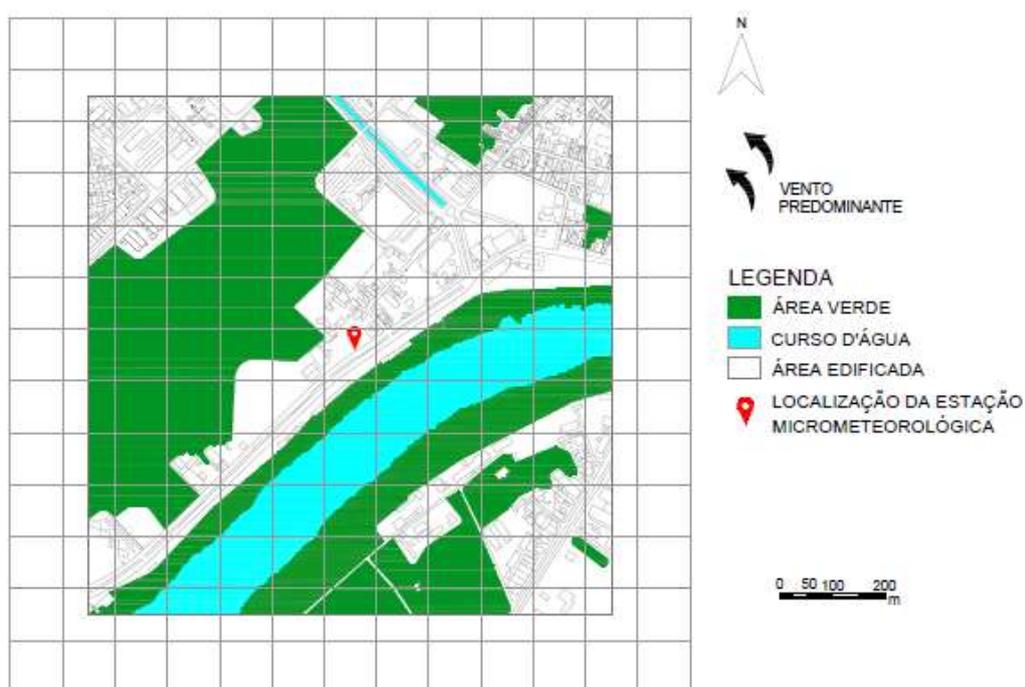


Figura 11 – Mapa de áreas verdes (Malha de 150x150m)

Há expressiva presença de massas de áreas verdes na região da mata ciliar do Rio Cuiabá, assim como nas suas proximidades, representando assim 40,74% da área

total. Em relação a cursos d'água, o Rio Cuiabá representa 12,88% da área total analisada juntamente com o córrego Oito de Abril.

Por se tratar de uma área na proximidade do Rio Cuiabá, ainda há muita área não edificada, área que mantém sua vegetação nativa. No que se refere a área edificada, a mesma representa um total de 10,75% (FIGURA 12).

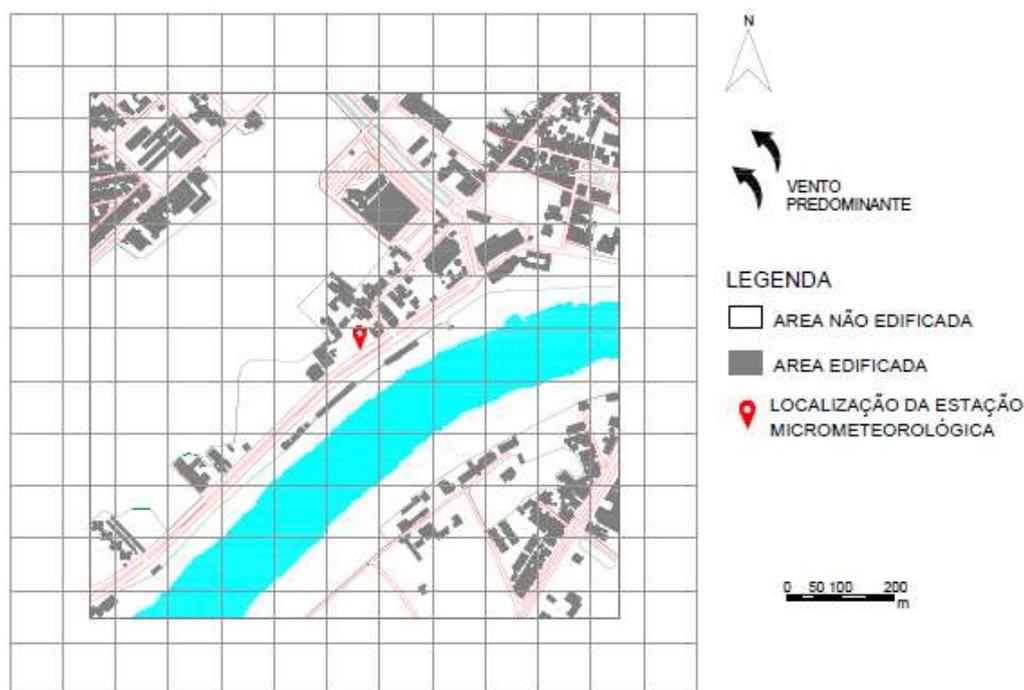


Figura 12 – Mapa de área edificada (Malha de 150x150m)

Estes 10,75% de área edificada estão divididos, conforme seu uso e ocupação do solo, em áreas edificadas residenciais, comerciais e institucionais. A área com uso residencial ocupa 3,68% da área total analisada e 34,23% da área edificada. Enquanto que a área com uso comercial representa 5,80% da área total e 53,95% da área edificada. A área institucional representa somente 1,27% da área total e 11,80% da área edificada (FIGURA 13).

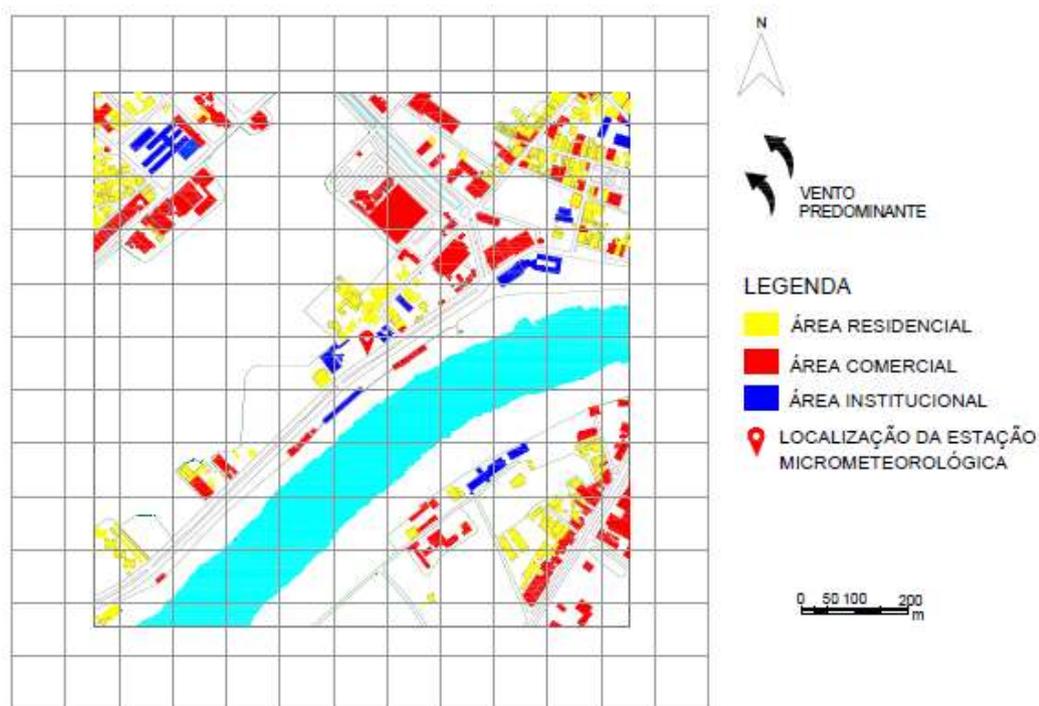


Figura 13 – Mapa de uso e ocupação do solo (Malha 150x150m)

Tendo em consideração as alturas das edificações foi possível observar que a área edificada da porção urbana 1 apresenta 87,4% de construções térreas (FIGURA 14).

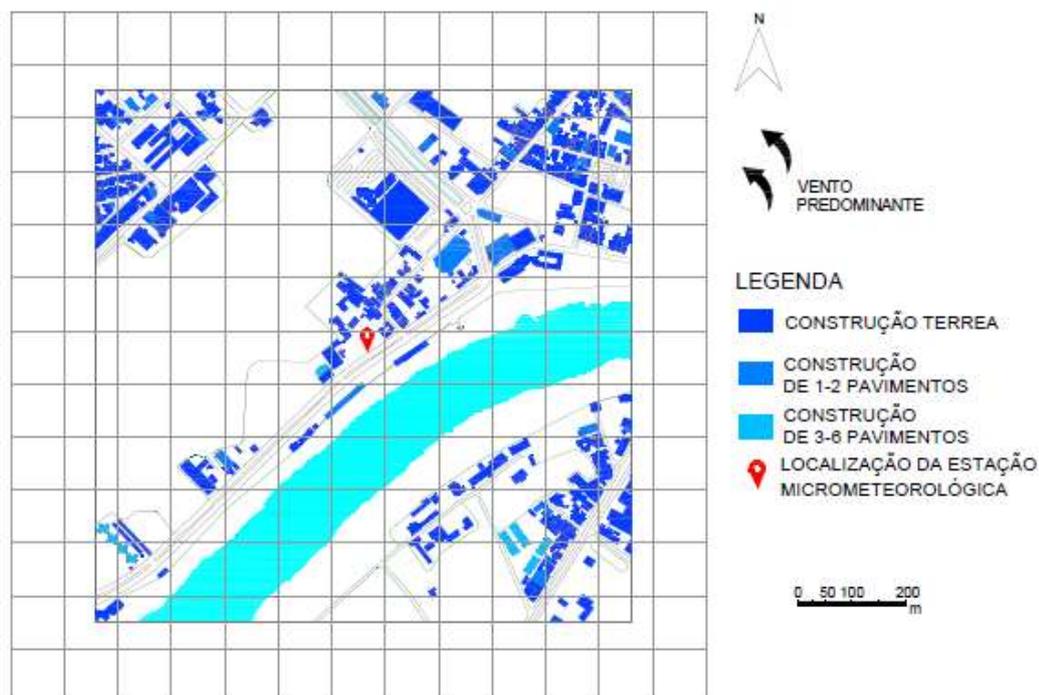


Figura 14 – Mapa de verticalidade (Malha de 150x150m)

As construções de 1-2 pavimentos representam 0,98% da área total e 9,17% da área edificada. Enquanto que as construções de 3-6 pavimentos representam 0,36% da área total e 3,40% da área edificada.

5.1.2 Porção Urbana 2

No mapa de áreas verdes da porção urbana 2, há expressiva presença de massas de áreas verdes na região da mata ciliar do Rio Coxipó assim como nas suas proximidades, representando assim 29,70% da área total. Em relação a cursos d'água, o Rio Coxipó representa 2,11% da área total (FIGURA 15).

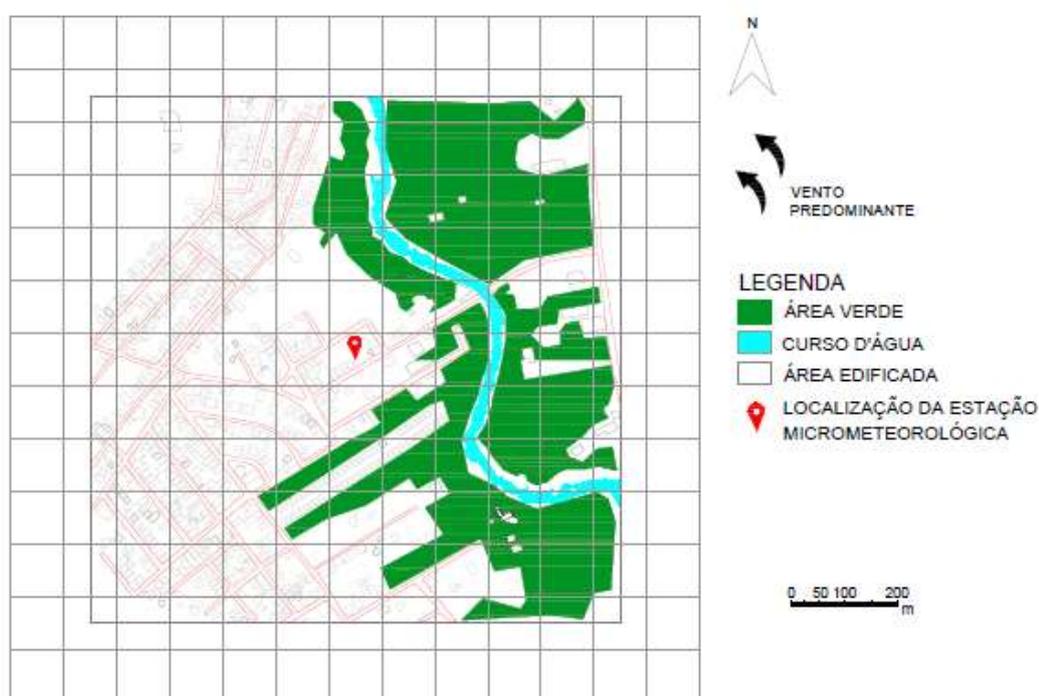


Figura 15 – Mapa de áreas verdes (Malha de 150x150m)

No que se refere a porcentagem de área edificada dentro da área total analisada, a mesma representa 10,65% (FIGURA 16).

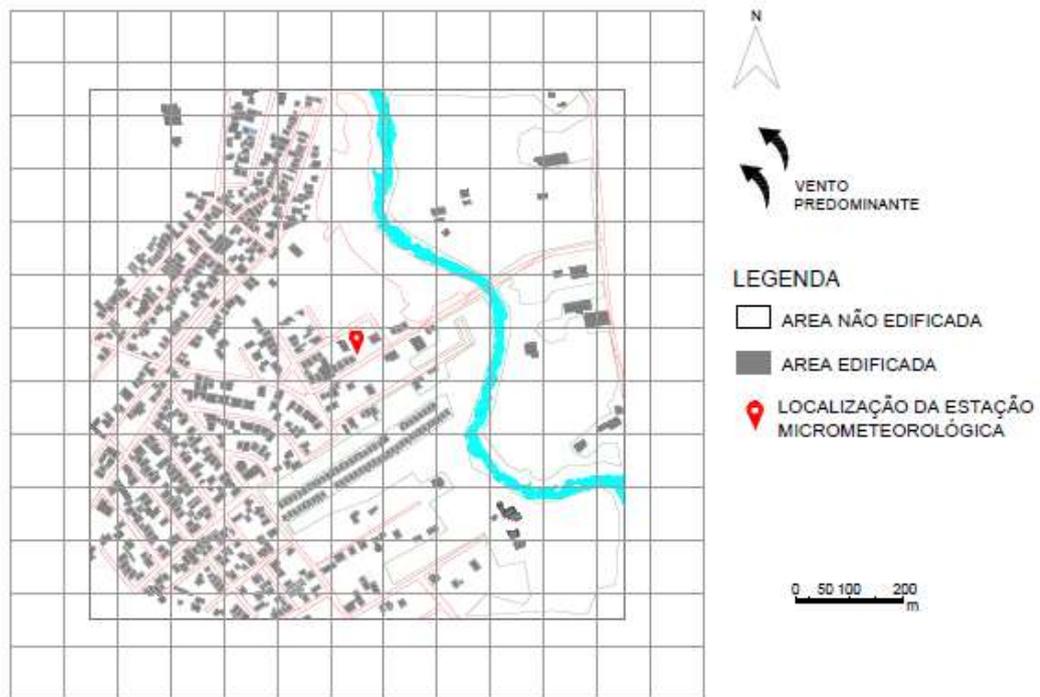


Figura 16 – Mapa de área edificada (Malha de 150x150m)

Estes 10,65% de área edificada estão divididos, conforme seu uso e ocupação do solo, em áreas edificadas residenciais, comerciais e institucionais (FIGURA 17).

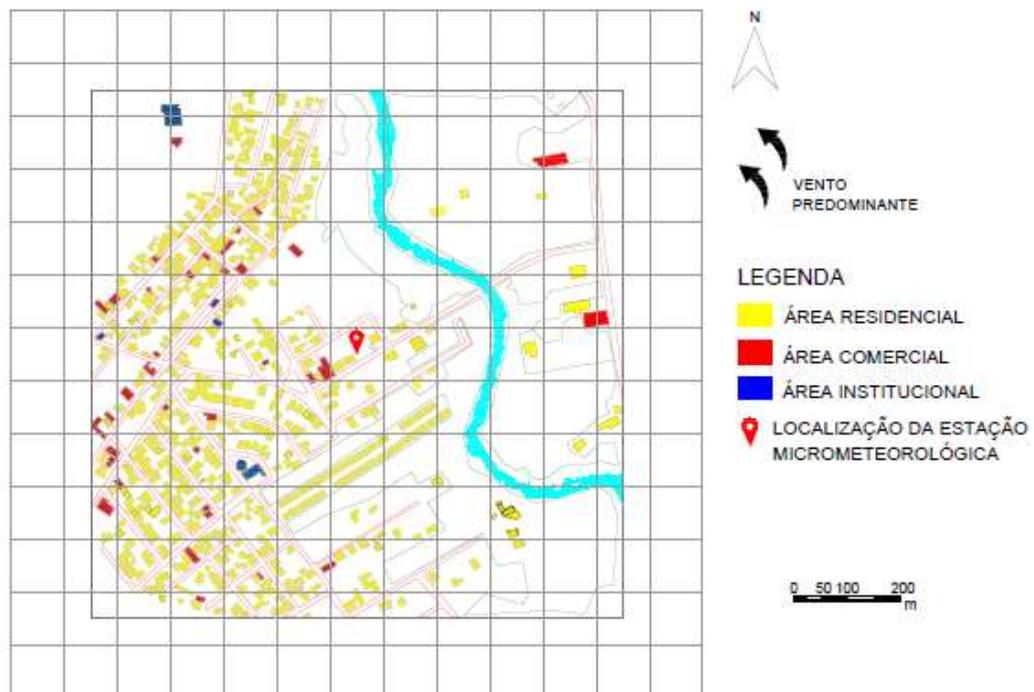


Figura 17 – Mapa de uso e ocupação do solo (Malha 150x150m)

A área com uso residencial ocupa 9,37% da área total analisada e 88% da área edificada. Enquanto que a área com uso comercial representa 1,01% da área total e 9,52% da área edificada. A área institucional representa somente 0,26% da área total e 2,45% da área edificada.

Considerando as alturas das edificações foi possível observar que a área edificada apresenta 86,38% de construções térreas (FIGURA 18).

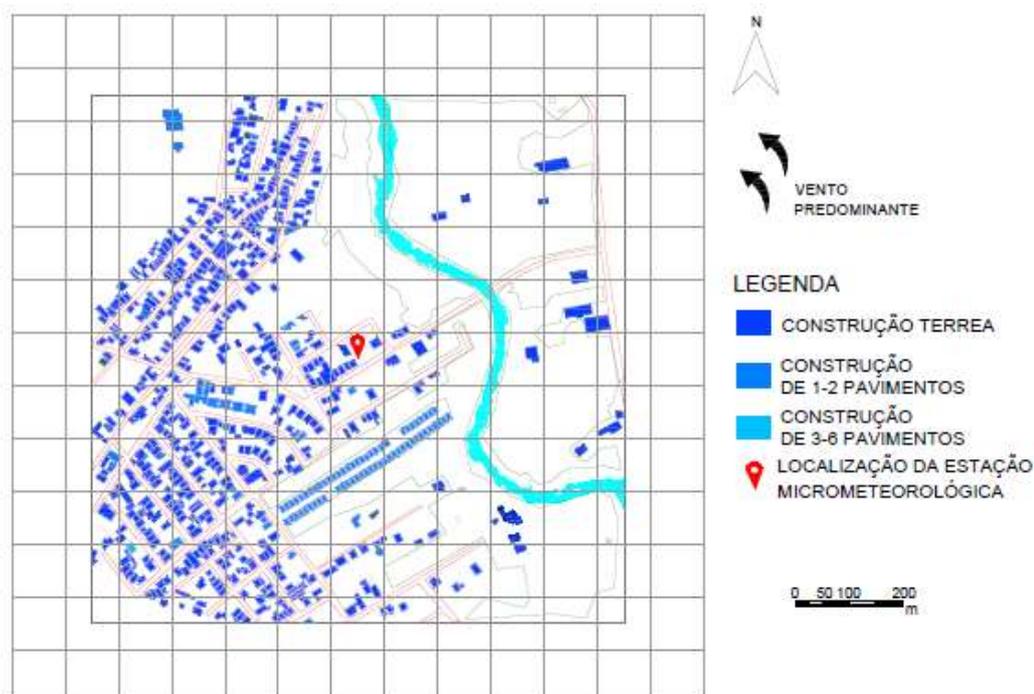


Figura 18 – Mapa de verticalidade (Malha de 150x150m)

As construções de 1-2 pavimentos representam 1,42% da área total e 13% da área edificada. Enquanto que as construções de 3-6 pavimentos representam 0,02% da área total e 0,62% da área edificada.

5.1.3 Porção Urbana 3

Em comparação as demais porções urbanas, a porção urbana 3 é a que apresenta menor quantidade de massas de áreas verdes. As áreas verdes na porção urbana 3 se localizam no perímetro do córrego do Barbado e em praças, totalizando 2,44% da área total. O córrego do Barbado, principal curso d'água da porção urbana representa 0,53% da área total (FIGURA 19).

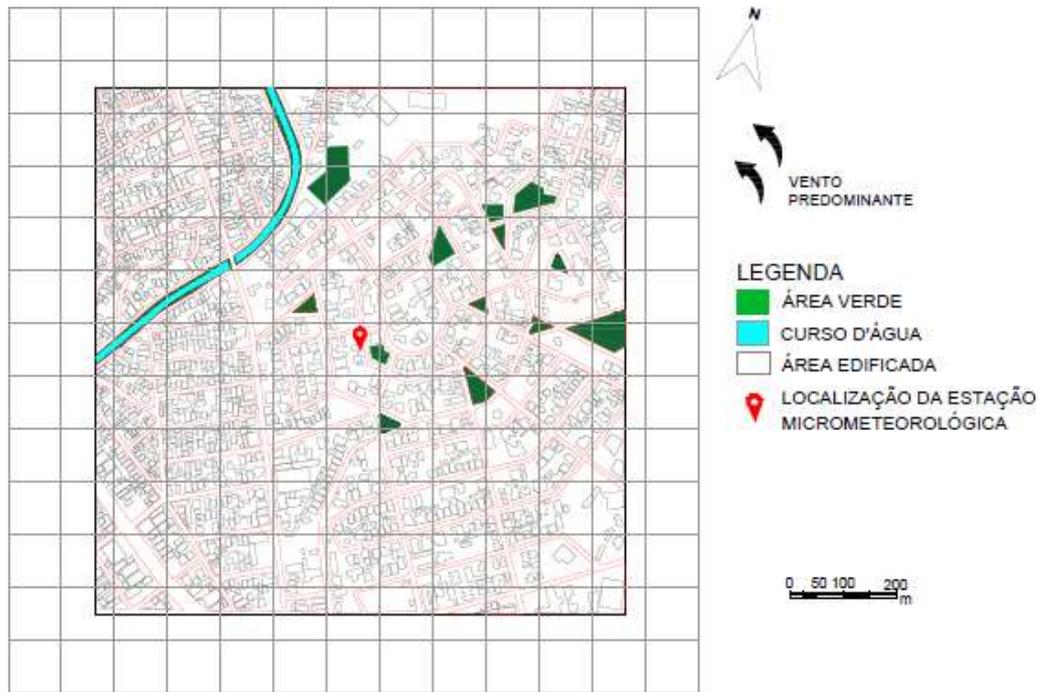


Figura 19 - Mapa de áreas verdes (Malha de 150x150m)

Por se tratar de um bairro mais consolidado em Cuiabá, observa-se que não há presença de vazios urbanos, se tornando assim, uma área densamente urbanizada, totalizando em área edificada 32,34% (FIGURA 20).

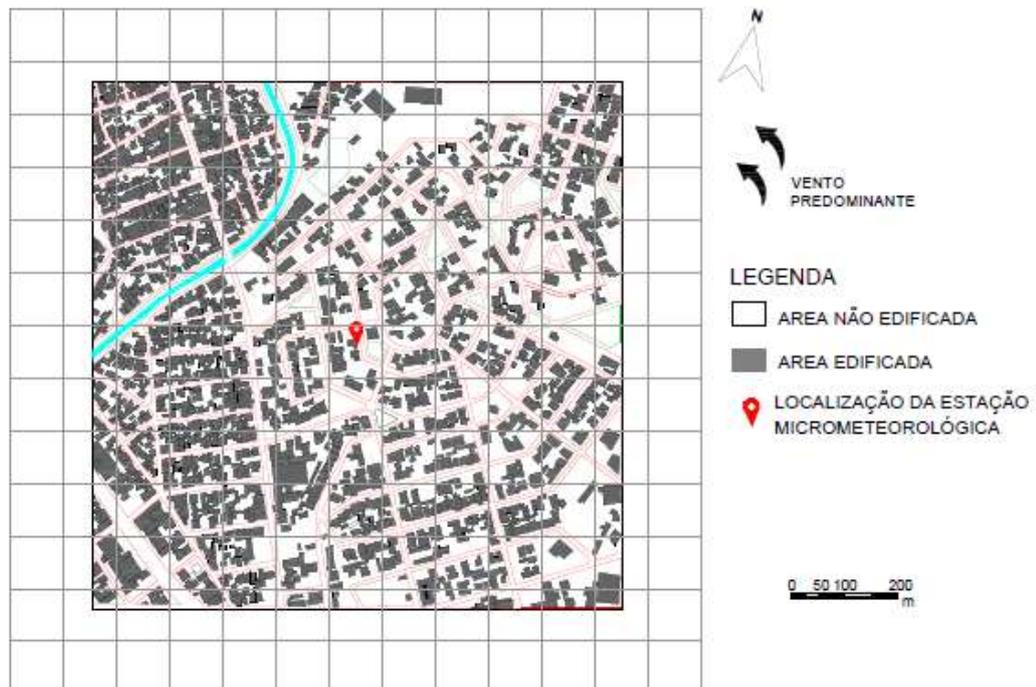


Figura 20 – Mapa de área edificada (Malha de 150x150m)

A área edificada, 32,34%, está dividida em conformidade ao uso e ocupação do solo, áreas edificadas residenciais, comerciais e institucionais (FIGURA 21).

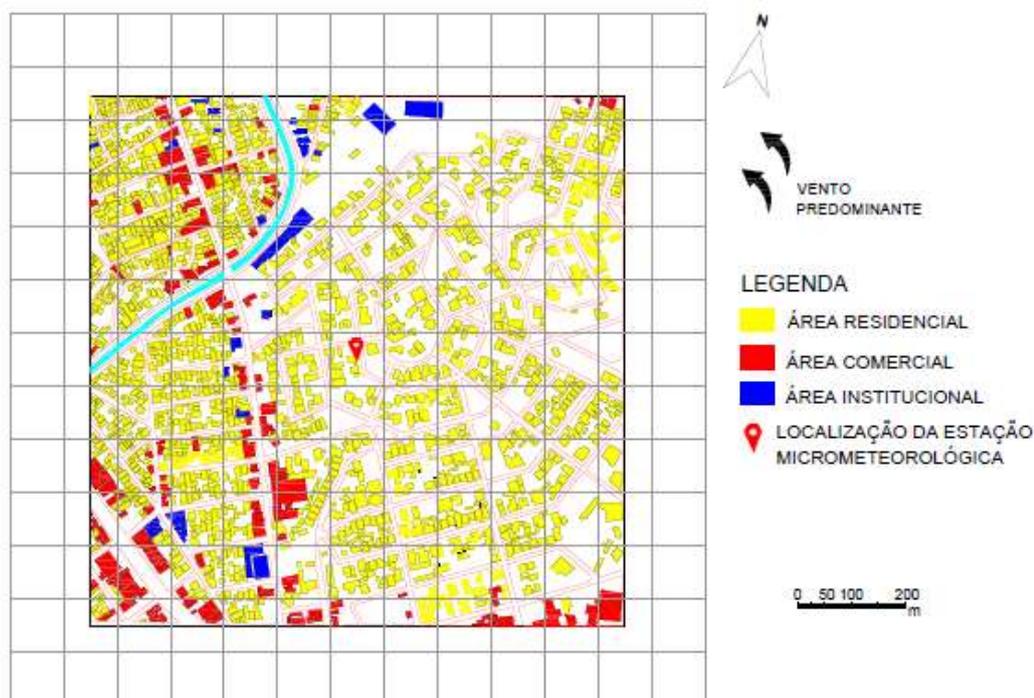


Figura 21 – Mapa de uso e ocupação do solo (Malha 150x150m)

A área com uso residencial ocupa 23,43% da área total analisada e representa 75,77% da área edificada. Enquanto que a área com uso comercial representa 4,85% da área total e 15,15% da área edificada. A área institucional representa somente 13,04% da área total e 4,20% da área edificada. Estas porcentagens estão em acordo com o Zoneamento Urbano de Cuiabá, já que o bairro Jardim Califórnia (Porção Urbana 3) é um Zona Preferencialmente Residencial (ZPR) (CUIABÁ, 2012).

Tendo em consideração as alturas das edificações foi possível observar que a área edificada da porção urbana 3 apresenta 88,5% de construções térreas (FIGURA 22).



Figura 22 – Mapa de verticalidade (Malha de 150x150m)

As construções de 1-2 pavimentos representam 2,89% da área total e 9,90% da área edificada. Enquanto que as construções de 3-6 pavimentos representam 4,43% da área total e 15% da área edificada.

Considerando as áreas totais das análises dos mapas de caracterização das três porções urbanas, em síntese, foram obtidos os valores apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Síntese dos Mapas de Caracterização das Porções Urbanas.

		Porção Urbana 1	Porção Urbana 2	Porção Urbana 3
Mapa de Área Verde	Área Verde	12,88	29,70	2,44
	Cursos D'água	40,74	2,11	0,53
Mapa de Área Edificada	Edificada	10,75	10,65	32,34
	Não Edificada	89,25	89,35	67,66
Mapa Uso e Ocupação	Residencial	3,68	9,37	23,43
	Comercial	5,80	1,01	4,45
	Institucional	1,27	0,26	4,46
Mapa de Verticalidade	Térrea	9,41	8,61	28,60
	1-2 Pavimentos	0,98	1,42	2,89
	3-6 Pavimentos	0,36	0,62	4,43

A Porção Urbana 2 apresentou quantidade de área de massa verde 230% maior que a porção urbana 1. Contudo a porção urbana 1 apresentou maior valor em

cursos d'água, dada sua proximidade ao Rio Cuiabá. Em relação a áreas edificadas, a porção urbana 3 apresentou maior quantidade, totalizando 32,34% da área total.

Os mapas de uso e ocupação do solo apresentaram maior quantidade de edificações de uso residencial na porção urbana 2 e 3, sendo que a porção urbana 1 apresentou maior quantidade de edificações comerciais. De maneira geral, nas três porções urbanas as edificações são em sua maioria térreas.

5.2. 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).

Para analisar a cobertura do solo das porções urbanas estudadas foram elaborados mapas e quantificados segundo a porcentagem de cobertura do solo (cobertura arbórea, asfalto, concreto, edificações, vegetação rasteira, solo nu e corpos d'água).

A porção urbana 1 é a porção urbana com maior presença de água (21,56%), devido a presença do Rio Cuiabá em seu perímetro. Devido sua baixa urbanização, em área construída tem 16,77%, enquanto que em asfalto e concreto tem 6,29% e 4,72%, respectivamente. Já em solo nu possui 23,07%. Em área de vegetação possui 15,10% em cobertura arbórea e 12,49% em vegetação rasteira, esse alto valor de vegetação é devido a mata ciliar do rio (FIGURA 23).

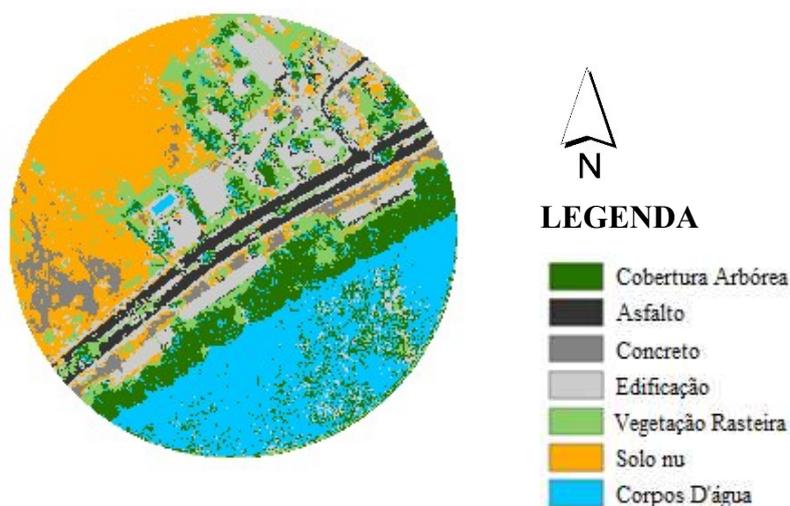


Figura 23 – Mapa de cobertura do solo Porção urbana 1

A porção urbana 2 apresenta uma grande área de cobertura vegetada, sendo 18,5% de vegetação rasteira e 30,96% de cobertura arbórea, contudo não apresenta valor considerável de corpos d'água (1,49%). Em área edificada possui 24,21%, em área asfaltada possui 14,65% e concreto 4,27% (FIGURA 24).

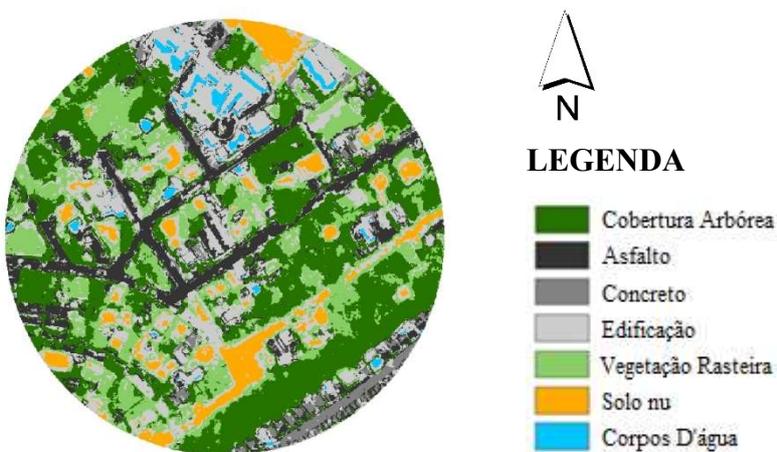


Figura 24 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 2

A porção urbana com maior porcentagem de área construída é a 3 com 35,12%, neste mesmo ponto observa-se os altos valores para área pavimentada em asfalto, sendo 19,68%. Contudo em área de concreto possui 2,53%. Possui em área de vegetação, 7,51% de vegetação rasteira e 25,39% de cobertura arbórea (FIGURA 25).

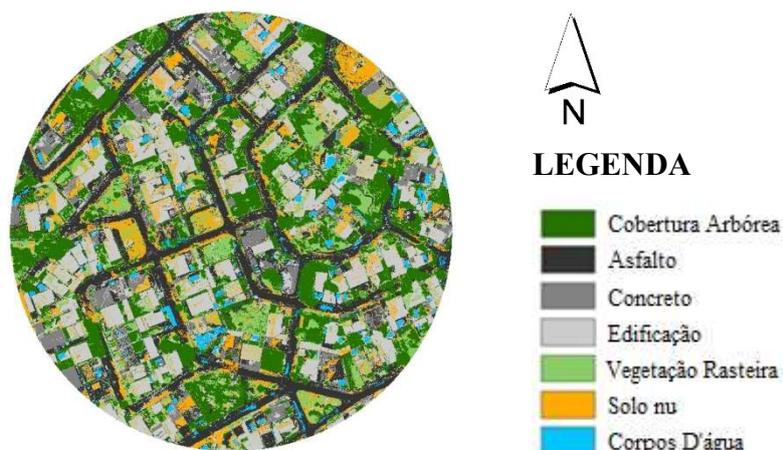


Figura 25 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 3

Com o intuito de organizar os dados de cobertura do solo e dinamizar a comparação, a cobertura do solo foi dividida em área impermeável, composta pela soma da área construída, do pavimento asfáltico e concreto, em vegetação, soma da vegetação rasteira e cobertura arbórea, assim como em solo nu e em corpos d'água (FIGURA 26).

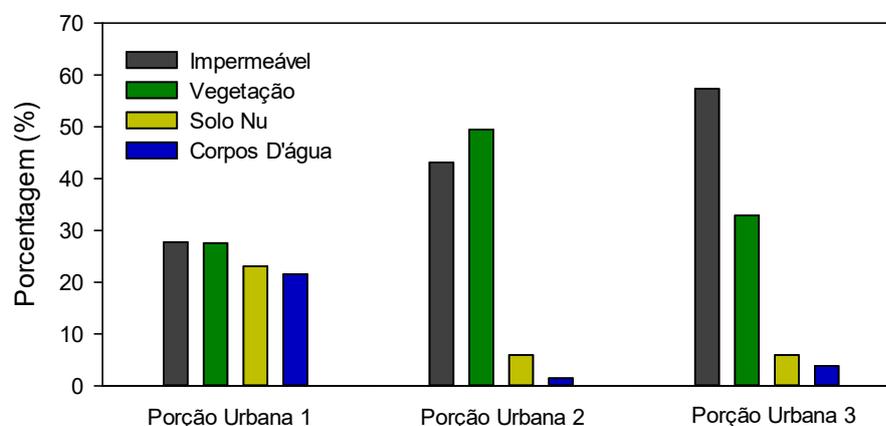


Figura 26 – Porcentagens de cobertura do solo nas porções urbanas.

A porção urbana 1 (Estação 1) é a porção com menor porcentagem de área impermeável (27,78%) e com maior presença de água (21,56%). Em contraposto a porção urbana 3 (Estação 3) é a que possui maior área impermeável (57,33%) em comparação as demais porções. A porção urbana 2 apesar de apresentar grande área de vegetação (49,46%), apresenta um valor alto de área impermeável (43,12%).

Ressalta-se que devido ao fato da imagem utilizada para a confecção da cobertura do solo da porção urbana 1 ter sido realizada no período quente-seco, com

baixa umidade relativa do ar, este valor de solo nu, em época de chuva, seria caracterizada como vegetação rasteira. Sendo assim, o valor de vegetação estaria próximo de 47%.

5.3. ANÁLISE DA RELAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA DAS PORÇÕES URBANAS

5.3.1 Relação Porção Urbana 1 e Porção Urbana 2

Observa-se que na porção urbana 1 e 2, os maiores valores de temperatura do ar foi encontrado entre as 10 e 14 h, período do dia onde há maiores valores de radiação solar em Cuiabá-MT (SOUZA, 2016) (FIGURA 27).

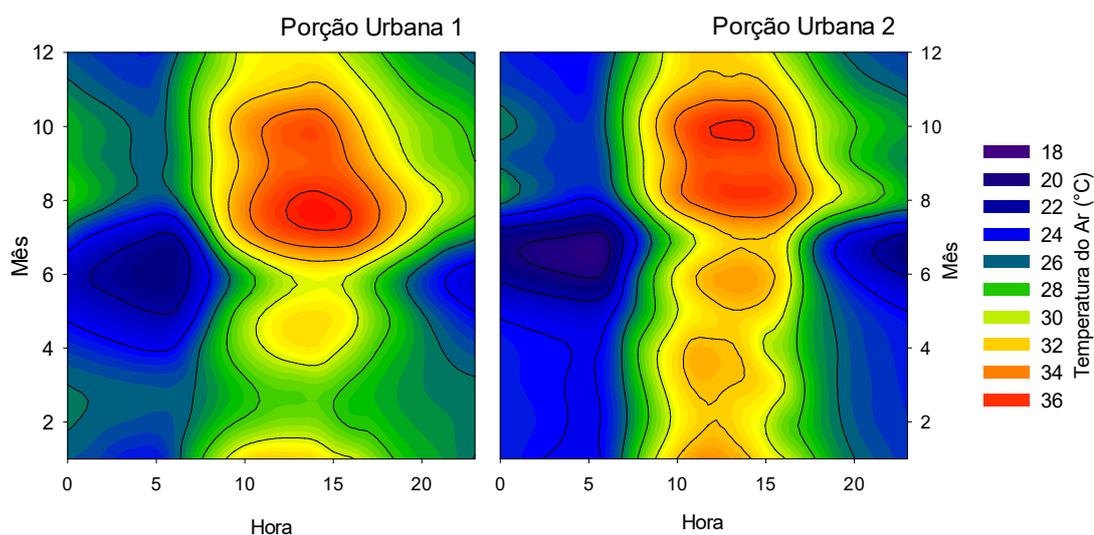


Figura 27 – Distribuição mensal e horária da temperatura do ar (°C)

A porção urbana 1 teve uma variação de temperatura do ar de 15,6°C quando considerado o todo o ano estudado, tendo máxima de 36,5°C (julho – 14h) e mínima 20,1°C (junho – 5 h). Enquanto que a porção urbana 2 apresentou uma variação de 16,8°C, apresentando máxima de 36,3°C (setembro – 14h) e mínima de 19,5°C (junho – 5h).

As menores temperaturas encontradas em junho coincidem com o início do inverno no hemisfério sul, resultando em uma menor quantidade de radiação no topo da atmosfera (MACHADO et al., 2015).

Apesar de apresentarem sazonalidade e valores de temperatura do ar e semelhantes, a porção urbana 2 apresenta maior quantidade de focos de calor, observados entre as 10 e 15 h, variando entre 32 e 34°C.

A porção urbana 1 apresentou-se mais aquecida que a porção urbana 2, quando analisado o horário de 0 a 3 h entre os meses de julho a novembro, isto pode estar relacionado ao fato de apresentar grande quantidade de água nas proximidades (21,56% de sua cobertura do solo). Sendo a água um regulador térmico (CALLEJAS, 2012; SANTOS, 2012) afetou a perda de calor dos materiais urbanos, fazendo com que a porção urbana 2 que apesar de apresentar maior quantidade de materiais urbanos, não apresenta expressiva corpos d'água na sua cobertura do solo, perde o calor absorvido durante o dia mais rapidamente.

Foi possível afirmar que os maiores valores de temperatura do ar encontrados, ocorreram no período seco (maio – setembro), corroborando com Vasconcelos & Zamparoni (2011) que, em estudo em Cuiabá-MT, encontrou maiores temperaturas no período quente-seco, relacionados também as maiores densidades urbanas, demonstrando assim a influência da radiação solar em variáveis microclimáticas como temperatura do ar local.

Considerando a umidade relativa do ar, observou-se que as porções urbanas apresentam variação anual parecida, apresentam menores valores nos meses de julho e agosto e maiores valores nos meses de abril (FIGURA 28).

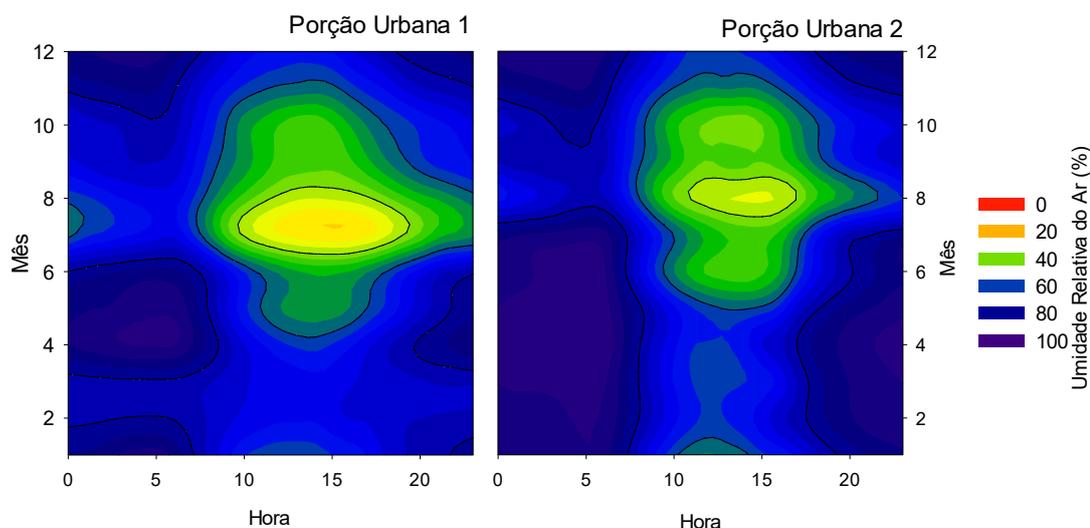


Figura 28 - Distribuição mensal e horária da umidade relativa do ar (%)

A porção urbana 1 apresentou variação de umidade relativa do ar de 63,6% durante todo o período estudado, obtendo valor mínimo de 28,7% (julho – 15 h) e valor máximo de 92,4% (abril – 3 h). Para a porção urbana 2 houve uma variação de 60,5%, sendo a mínima encontrada de 35,2% (agosto – 15 h) e máxima de 95,7%.

Ressalta-se que apesar da porção urbana 2 apresentar maior variação considerando o período estudado, apresentou maior período na faixa de 80 a 100% de umidade relativa. Explicado pela porção urbana 2 possuir maior quantidade de vegetação arbórea (30,96% de sua cobertura do solo), aumentando assim a absorção de radiação solar e aumento dos processos de evapotranspiração (OKE, 1999; MASCARÓ & MASCARÓ, 2010; DURANTE & NOGUEIRA, 2013).

As análises estatísticas consistiram no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e teste de Mann-Whitney. Com relação ao teste de normalidade, tanto os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar apresentaram-se em distribuição não normal (valor $p < 0,050$) (TABELA 7).

Tabela 7 – Análises Estatísticas (Mann-Whitney) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porção Urbana 1 e Porção Urbana 2.

Variável Microclimática	Porção Urbana	Mediana	Mann-Whitney		valor p
			25%	75%	
Temperatura do Ar	1	27,21	25,22	30,71	$p < 0,001$
	2	26,65	24,17	30,84	
Umidade Relativa do Ar	1	72,69	57,28	81,88	$p < 0,001$
	2	77,66	60,28	89,78	

A menor mediana de temperatura do ar foi observado na porção urbana 2, assim como a maior mediana de umidade relativa do ar. Para ambas as variáveis e porções urbanas, o valor p se manteve abaixo do nível de significância demonstrando assim diferença significativa entre os dados microclimáticos obtidos nas duas porções urbanas.

5.3.2 Relação Porção Urbana 1 e Porção Urbana 3

Os maiores valores de temperatura do ar foram encontrados entre os horários de 10 a 15 h, horário que coincide com a maior intensidade de radiação solar. Entretanto a perda de calor inicia-se às 20 h, isto devido às superfícies construídas apresentar maior capacidade térmica dando início a perda térmica no período noturno (MOREIRA et al., 2013) (FIGURA 29).

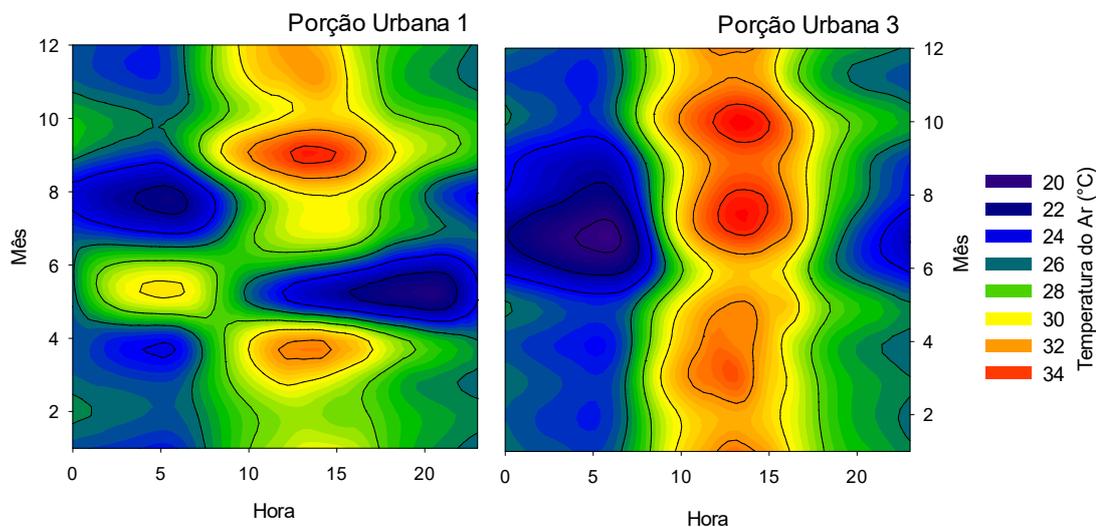


Figura 29 - Distribuição mensal e horária da temperatura do ar (°C)

A porção urbana 1 teve uma variação de temperatura do ar de 13,5°C quando considerado o todo o ano estudado, tendo máxima de 34,5°C (setembro – 14h) e mínima 20,9°C (maio – 20 h). A porção urbana 3 apresentou uma variação de 15,5°C, apresentando máxima de 35,0°C (julho – 15h) e mínima de 19,5°C (junho – 5h).

Observa-se que entre as 10 e 15 h, a porção urbana 3 apresenta valores elevados de temperatura do ar em comparação com os mesmos horários na porção urbana 1. A relação entre o aumento de áreas mais urbanizadas com o aumento de temperatura do ar é corroborada por diversos estudos em Cuiabá-MT (CALLEJAS et al., 2011; ROCHA et al., 2015; SILVA, 2016; PAULA, 2017).

Ressalta-se que a impermeabilização do solo exerce forte influência no comportamento térmico do ambiente, principalmente ao se considerar áreas cobertas com pavimento impermeável, que absorvem maior quantidade de radiação solar (RIZWAN, 2008; BORGES & PERREIRA, 2010). Isto corrobora com o encontrado nesta pesquisa, onde a porção urbana 3 (57,3% de cobertura impermeável) apresenta maiores temperaturas que a porção urbana 1 (27,7% de cobertura impermeável).

A porção urbana 1 apresenta um resfriamento às 10 h do mês de maio, na umidade relativa do ar observou-se um aumento de umidade neste mesmo horário, resultante de evento de precipitação (FIGURA 30).

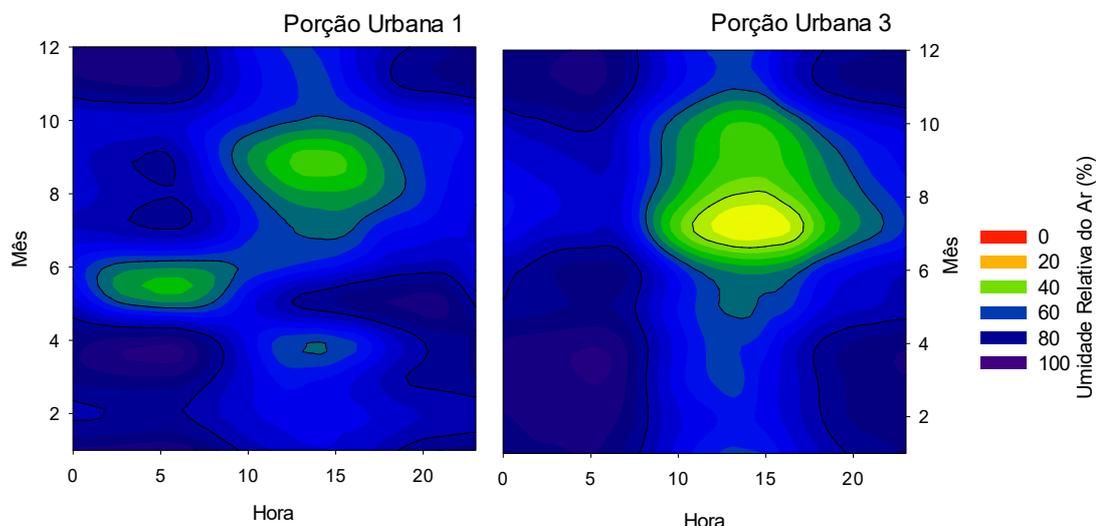


Figura 30 - Distribuição mensal e horária da umidade relativa do ar (%)

A porção urbana 1 apresentou variação de umidade relativa do ar de 45% durante todo o período estudado, obtendo valor mínimo de 46,1% (setembro – 15 h) e valor máximo de 90,8% na madrugada dos meses de março e novembro. A porção urbana 3 teve uma variação de 59,3%, sendo a mínima encontrada de 32,8% (julho – 14 h) e máxima de 92,2% na madrugada dos meses de novembro a março.

Ressalta-se que o valor de máxima e mínima umidade relativa do ar encontra-se em acordo com os períodos hídricos da localidade de Cuiabá, onde o período quente-úmido totaliza entre 70 a 95% da precipitação acumulada anual (DINIZ et al., 2008; DIAS, 2011; CALLEJAS, 2012).

Quanto às análises estatísticas de normalidade (Kolmogorov-Smirnov), os dados não apresentaram comportamento normal (valor $p < 0,050$). Os resultados do teste de Mann-Whitney podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 - Análises Estatísticas (Mann-Whitney) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porção Urbana 1 e Porção Urbana 3.

Variável Microclimática	Porção Urbana	Mediana	Mann-Whitney		valor p
			25%	75%	
Temperatura do Ar	1	26,72	25,03	29,35	$p < 0,001$
	3	26,84	24,70	30,60	
Umidade Relativa do Ar	1	75,15	64,88	84,35	$p < 0,027$
	3	75,34	59,71	86,17	

As menores medianas de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram observados na porção urbana 1. Para ambas as variáveis e porções urbanas, o valor p se manteve abaixo do nível de significância demonstrando assim diferença significativa entre as porções urbanas.

Dado que ambas as porções se encontram em mesmo regime climático, sem diferenças de altitude e distância entre si de 4 km (linha reta) pode-se afirmar que a diferença estatística evidenciada é resultado da influência da cobertura do solo nas variáveis microclimáticas.

5.4. ANÁLISE DOS PERÍODOS QUENTE-ÚMIDO E QUENTE-SECO

5.4.1 Período Quente-Úmido

Analisando a amplitude térmica das três porções urbanas, foi possível observar que a porção urbana 3 apresenta maior amplitude térmica durante o dia e noite, $10,73^{\circ}\text{C}$ e $5,78^{\circ}\text{C}$, respectivamente (FIGURA 31).

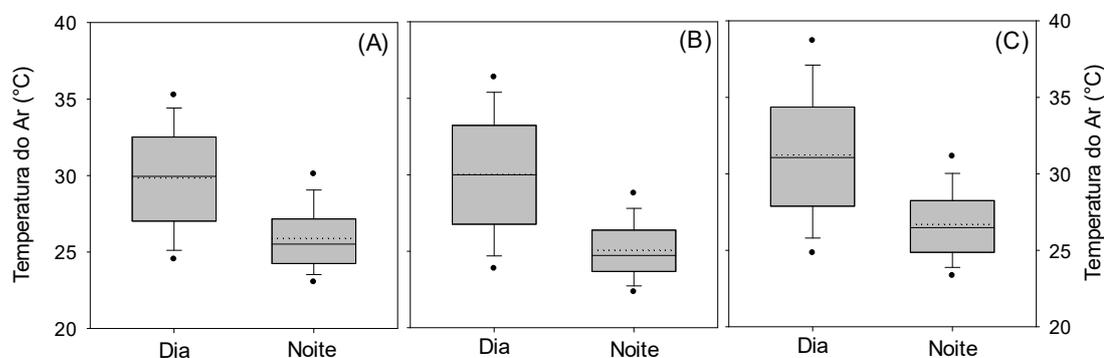


Figura 31 – Boxplot temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3

A porção urbana 1 apresentou amplitude térmica de $8,89^{\circ}\text{C}$ durante o dia e $5,08^{\circ}\text{C}$ durante a noite. Enquanto que a porção urbana 2 apresentou amplitude de $10,38^{\circ}\text{C}$ durante o dia e $4,69^{\circ}\text{C}$ durante a noite. Sendo assim, a amplitude térmica está relacionada à heterogeneidade das superfícies, representando a mistura de componentes naturais e áreas construídas (ZHOU et al., 2014).

Os menores valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), seja no período diurno e/ou noturno, foram encontrados na porção urbana 2, porção urbana que apresenta maior

quantidade de vegetação (49,46% de sua cobertura do solo) isto corrobora com os estudos de Callejas et al. (2013), Oliveira et al. (2013) e Silva (2016).

Considerando os períodos diurnos, a porção urbana 1 apresentou intervalo interquartil de 5,49°C com desvio padrão de 3,40°C. A porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 6,46°C com desvio padrão de 3,92°C, enquanto a porção urbana 3 obteve intervalo interquartil de 6,49°C e desvio padrão de 4,24°C. No período noturno, a porção urbana 1 apresentou intervalo interquartil de 2,92°C e desvio padrão de 2,16°C, a porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 2,70°C com desvio padrão de 1,99°C, enquanto a porção urbana 3 apresentou intervalo interquartil de 3,39°C com desvio padrão de 2,39°C.

Os maiores valores de umidade relativa do ar foram encontrados no período noturno e nas porções urbanas 2 e 1 (FIGURA 32). As duas porções urbanas apresentam rios em suas proximidades, o Rio Cuiabá e Rio Coxipó, respectivamente.

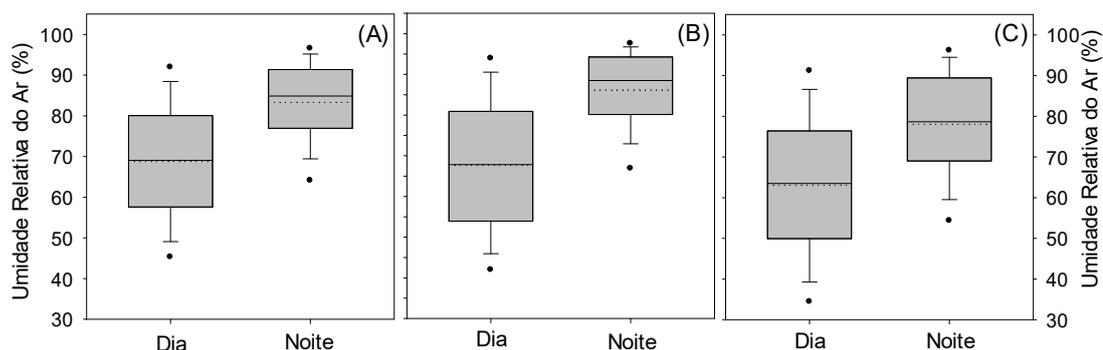


Figura 32 - Boxplot umidade relativa do ar (%) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3

Considerando-se os intervalos interquartis e o desvio padrão do período diurno, o maior intervalo foi na porção urbana 3 com 26,50% e desvio padrão de 17,2%. A porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 26,99% e desvio padrão de 16,29%, enquanto a porção urbana 1 apresentou intervalo de 22,46% com desvio padrão de 14,37%. Sendo assim, as amplitudes foram de 36,83%, 43,28% e 43,7%, nas porções urbanas 1, 2 e 3, respectivamente.

No período noturno, o maior intervalo interquartil foi obtido na porção urbana 3 com valor de 20,43% e desvio padrão de 13,09%. A porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 14,15% e desvio padrão de 9,79%, enquanto a porção urbana 1 obteve valor de intervalo interquartil de 14,44% e desvio padrão de 10,12%. Sendo

assim as amplitudes de umidade relativa do ar encontradas foram 24,56%, 23,94% e 33,52% nas porções urbanas 1, 2 e 3, respectivamente.

No que se refere a direção do vento, foi possível observar que ambas as porções urbanas oscilam dentre o nordeste e sudoeste (FIGURA 33).

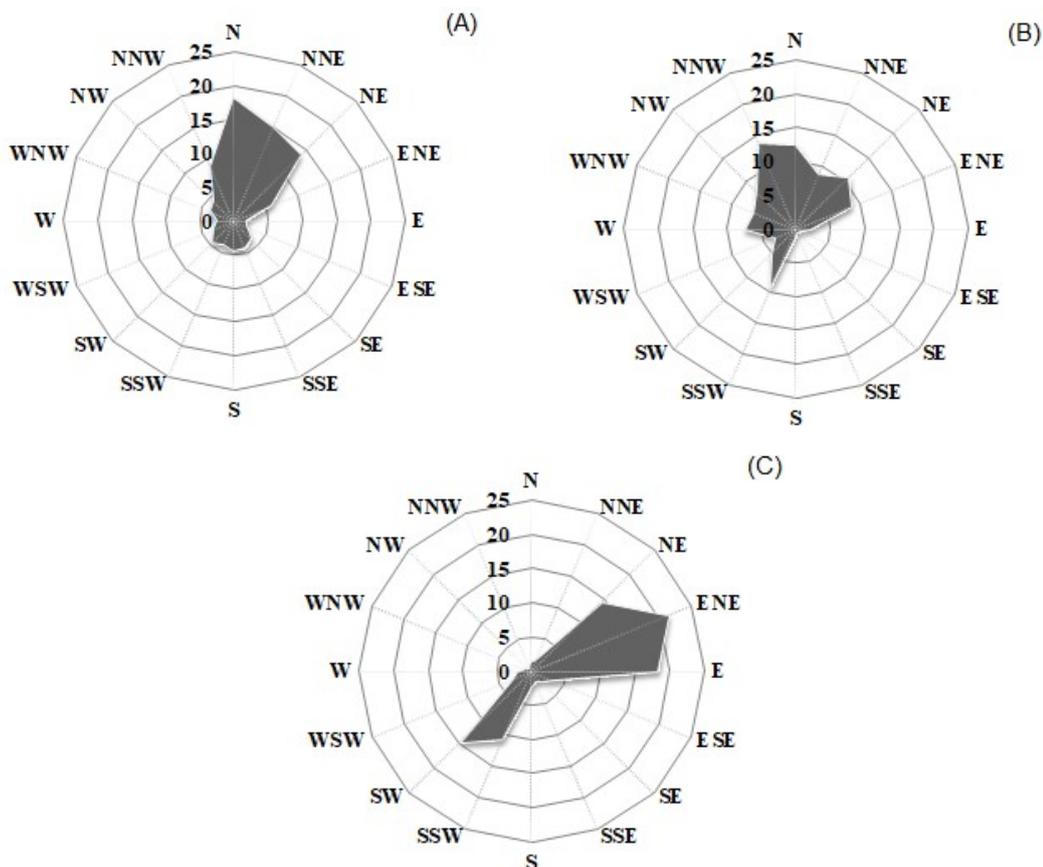


Figura 33 – Frequência (Percentual) da direção do vento – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3

As maiores frequências de direção do vento da porção urbana 1, se encontram entre o N e NE, totalizando 45% corroborando com predominância de direção encontrada por Oliveira (2011) e Machado et al. (2015). A menor frequência foi na direção E, com 1,91%. A porção urbana 2 apresentou maior frequência na direção NNW com 13,96%, e menor frequência nas direções SE e SSE com 0,67% e 0,60%.

A porção urbana 3 apresenta maior variação na direção do vento em relação as demais porções, isto relacionado a maior densidade urbana, o que acarreta em barreiras, alterando a direção do vento (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010). A maior frequência foi encontrada na ENE com 21,51%. Entre as direções de NE e E,

totalizou-se 54% da frequência total. A direção com menor valor de frequência foi a direção NW com 0,54%.

Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar das três porções urbanas, divididos em dia e noite, foram testados estatisticamente pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, onde todos os bancos de dados apresentaram-se não normais ($p > 0,050$). Os mesmos dados foram então submetidos a testes não paramétricos, como Kruskal-Wallis, onde os resultados demonstraram haver diferença significativa entre as três porções urbanas ($p < 0,050$) (TABELA 9).

Tabela 9 - Análises Estatísticas (Kruskal-Wallis) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.

Variável Microclimática	Porção Urbana	Kruskal-Wallis			valor p
		Mediana	25%	75%	
Temperatura do Ar	1	29,95	27,02	32,52	p < 0,001
	2 Dia	30,00	26,77	33,23	
	3	31,06	27,88	34,36	
Temperatura do Ar	1	25,52	24,25	27,17	p < 0,001
	2 Noite	24,73	23,68	26,38	
	3	26,48	24,87	28,25	
Umidade Relativa do Ar	1	69,07	57,60	80,06	p < 0,001
	2 Dia	67,85	53,93	80,92	
	3	63,50	49,92	76,42	
Umidade Relativa do Ar	1	84,87	76,94	91,38	p < 0,001
	2 Noite	88,50	80,13	94,28	
	3	78,66	69,01	89,45	

Dado que o teste de Kruskal-Wallis analisa as medianas, a modo de se comparar as médias obtidas foi realizado o teste de Tukey. Ressalta-se que o teste de Tukey analisa em pares, analisando assim a porção urbana 1 com a 2, 1 com a 3 e 2 com a 3, nas diferentes variáveis microclimáticas e períodos do dia (diurno e noturno). Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Análises Estatísticas (Teste de Tukey) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.

		Porções Urbanas		q	p < 0,05
Temperatura do Ar	Dia	1	3	10,749	Sim
		1	2	1,790	Não
		2	3	8,959	Sim
Temperatura do Ar	Noite	1	3	10,667	Sim
		1	2	11,814	Sim
		2	3	22,480	Sim
Umidade Relativa do Ar	Dia	1	3	11,089	Sim
		1	2	2,524	Não
		2	3	8,565	Sim
Umidade Relativa do Ar	Noite	1	3	12,014	Sim
		1	2	9,271	Sim
		2	3	21,286	Sim

Os resultados do teste Tukey demonstraram diferença significativa estatisticamente ($p < 0,05$) na maioria das análises. A temperatura do ar e umidade relativa do ar diurna da porção urbana 1 e 2 não apresentaram diferenças significativa ($p > 0,05$). Para estes dois casos, as médias das duas porções urbanas estiveram próximas apresentando diferença de $0,2^{\circ}\text{C}$ (temperatura do ar) e $1,1\%$ (umidade relativa do ar).

5.4.2 Período Quente-Seco

Observando-se a amplitude térmica das três porções urbanas, observa-se que a porção urbana 3 apresenta maior amplitude térmica durante o dia ($24,7^{\circ}\text{C}$), enquanto que no período noturno a maior amplitude foi na porção urbana 1 ($22,9^{\circ}\text{C}$) (FIGURA 34).

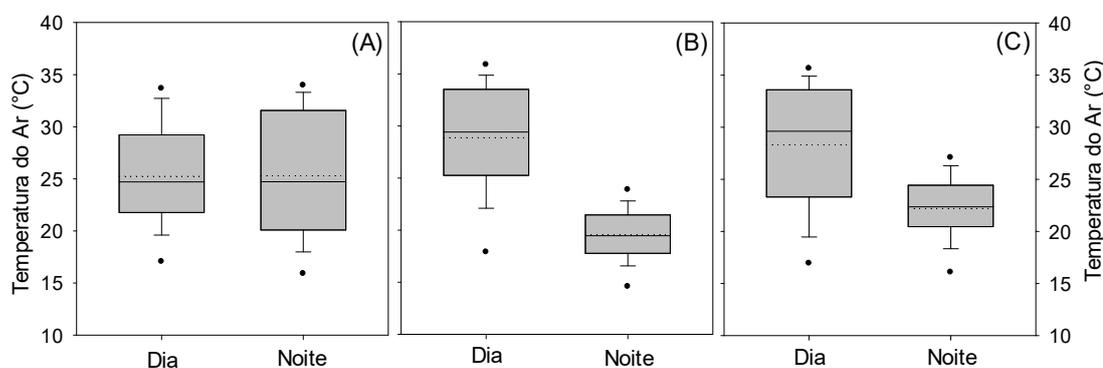


Figura 34 - Boxplot temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3

Considerando o período diurno, a porção urbana 1 apresentou intervalo interquartil de 7,46°C com desvio padrão de 4,99°C. A porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 8,26°C com desvio padrão de 5,35°C, enquanto a porção urbana 3 obteve intervalo interquartil de 10,29°C e desvio padrão de 6,03°C. Portanto, as amplitudes térmicas foram 12,45°C, 13,61°C e 16,32°C, nas porções urbanas 1, 2 e 3, respectivamente.

No período noturno, a porção urbana 1 apresentou intervalo interquartil de 11,47°C e desvio padrão de 6,06°C, a porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 3,69°C com desvio padrão de 2,64°C, enquanto a porção urbana 3 apresentou intervalo interquartil de 3,97°C com desvio padrão de 3,22°C. Deste modo, as amplitudes térmicas do período noturno foram 17,53°C, 6,33°C e 7,19°C nas porções urbanas 1, 2 e 3, respectivamente.

Os maiores valores de amplitude térmica na porção urbana 1 pode estar relacionado a presença de solo exposto (23,07% de sua cobertura do solo), diversos estudos encontraram em áreas de solo exposto uma perda térmica mais lenta que em áreas urbanizadas (CHEN et al., 2006). Ademais em localidades mais urbanizadas, a presença de edificações influencia significativamente na penetração de radiação solar (GIANNAROS & MELAS, 2012).

Os maiores valores de umidade relativa do ar foram encontrados no período noturno, com maior valor máximo na porção urbana 2 (FIGURA 35).

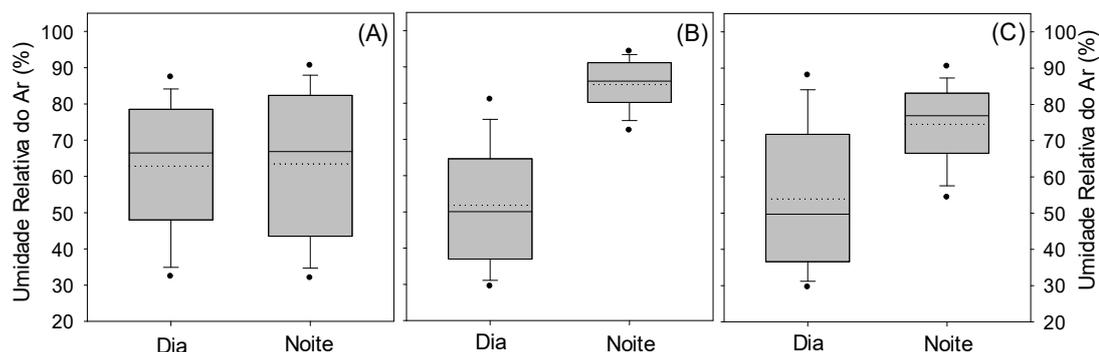


Figura 35 - Boxplot umidade relativa do ar (%) – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3

Os intervalos interquartis e o desvio padrão do período diurno se apresentaram de modo que o maior intervalo foi na porção urbana 3 com 35,15% e desvio padrão de 19,54%. A porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de

27,57% e desvio padrão de 16,62%, enquanto a porção urbana 1 apresentou intervalo de 30,52% com desvio padrão de 18,13%. Sendo assim, as amplitudes foram de 48,65%, 44,19% e 54,69%, nas porções urbanas 1, 2 e 3, respectivamente.

No período noturno, o maior intervalo interquartil foi obtido na porção urbana 1 com valor de 38,87% e desvio padrão de 20,3%. A porção urbana 2 apresentou intervalo interquartil de 10,95% e desvio padrão de 7,10%, enquanto a porção urbana 3 obteve valor de intervalo interquartil de 16,60% e desvio padrão de 11,05%. Sendo assim as amplitudes de umidade relativa do ar encontradas foram 59,17%, 18,05% e 27,65% nas porções urbanas 1, 2 e 3, respectivamente.

A direção do vento da porção urbana 1, apesar de estar distribuída, apresentou maior frequência na direção N com 13,8%, enquanto a menor frequência encontrada foi na direção ESE com 1,80% (FIGURA 36).

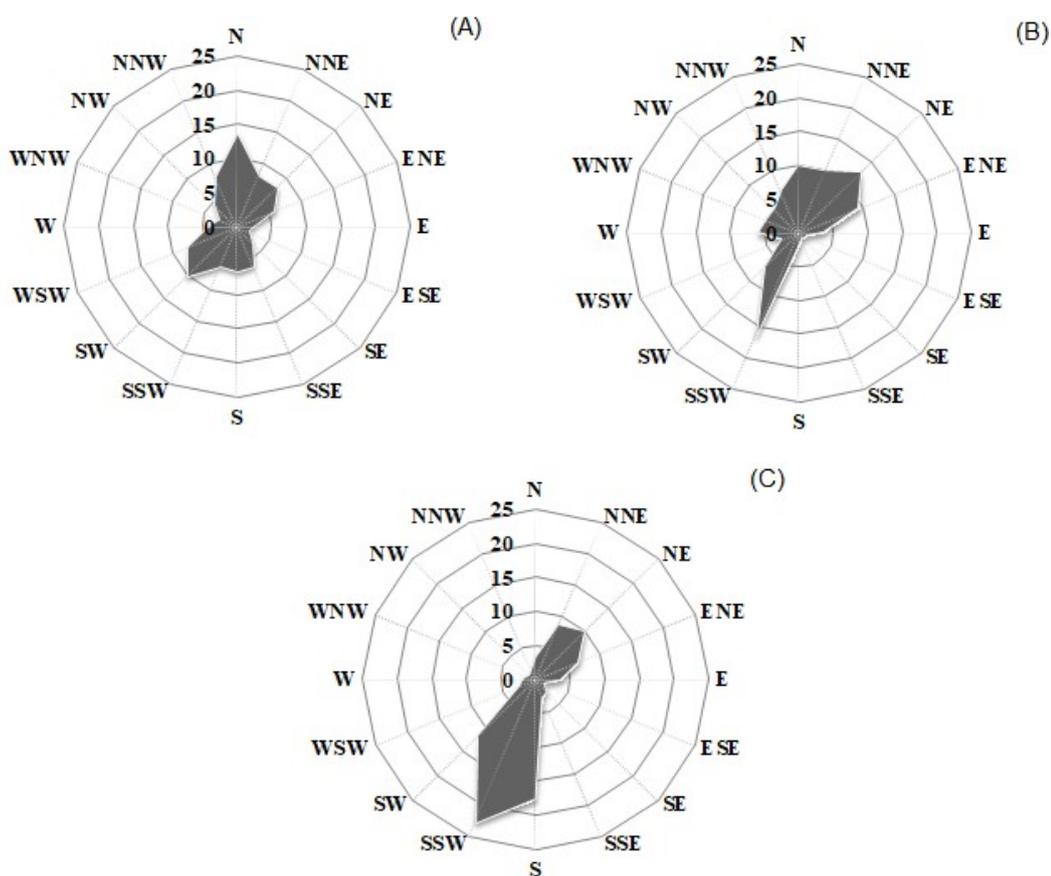


Figura 36 - Frequência (Percentual) da direção do vento – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2 (C) Porção Urbana 3

A porção urbana 2 apresentou maiores frequências no sentido SSW – NE com 16,38% e 12,52%, respectivamente. A menor frequência encontrada foi na direção

SE com 1,11%. Enquanto a porção urbana 3 apresentou maiores frequências no SSW e S, com 22,76% e 17,67%, respectivamente. A menor frequência encontrada foi no sentido NW, com 1.04%.

O aumento de ocorrência de ventos com direção sul, observado nas três porções urbanas, em comparação com o período quente-úmido caracteriza um regime de ventos de monções (SANTANNA et. al., 2008; OLIVEIRA, 2011) que causa verões chuvosos e invernos secos por conta da inversão sazonal da direção do vento (GAN et al., 2009).

Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar das três porções urbanas, divididos em dia e noite, foram testados estatisticamente pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, onde todos os bancos de dados apresentaram-se não normais ($p > 0,050$). Foram então submetidos a testes não paramétricos, como Kruskal-Wallis, onde os resultados demonstraram haver diferença significativa entre as três porções urbanas ($p < 0,050$) (TABELA 11).

Tabela 11 - Análises Estatísticas (Kruskal-Wallis) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.

Variável Microclimática	Porção Urbana	Kruskal-Wallis			valor p
		Mediana	25%	75%	
Temperatura do Ar	1	24,70	21,76	29,22	p < 0,001
	2	29,42	25,26	33,52	
	3	29,61	23,30	33,59	
Temperatura do Ar	1	24,72	20,10	31,56	p < 0,001
	2	19,47	17,78	21,46	
	3	22,36	20,46	24,43	
Umidade Relativa do Ar	1	66,47	48,00	78,52	p < 0,001
	2	50,06	36,97	64,64	
	3	49,73	36,59	71,74	
Umidade Relativa do Ar	1	66,85	43,50	82,37	p < 0,001
	2	86,06	80,20	91,15	
	3	76,89	66,51	83,11	

Os resultados do teste Tukey demonstraram diferença significativa estatisticamente ($p < 0,05$) na maioria das análises, exceto ao analisar a porção urbana 2 e 3 durante o dia (TABELA 12).

Tabela 12 - Análises Estatísticas (Teste Tukey) Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.

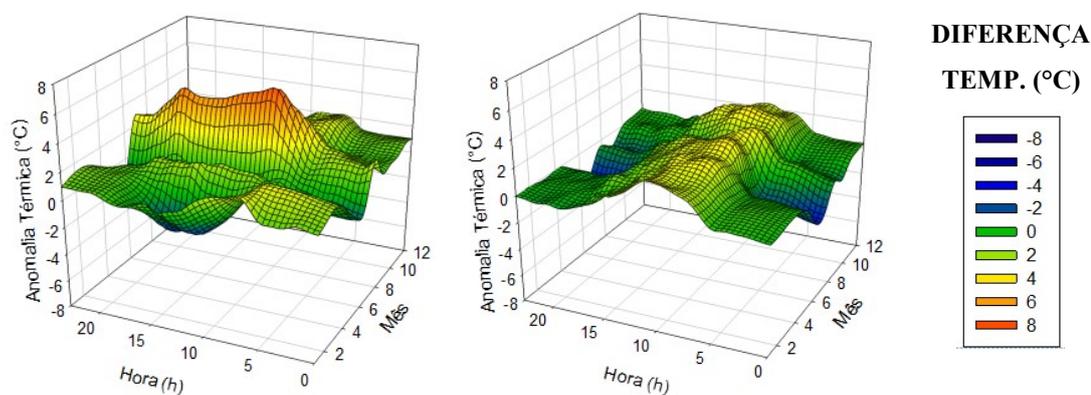
		Porções Urbanas		q	p < 0,05
Temperatura do Ar	Dia	1	3	14,438	Sim
		1	2	16,677	Sim
		2	3	2,240	Não
Temperatura do Ar	Noite	1	3	7,475	Sim
		1	2	24,604	Sim
		2	3	17,129	Sim
Umidade Relativa do Ar	Dia	1	3	12,022	Sim
		1	2	14,621	Sim
		2	3	2,599	Não
Umidade Relativa do Ar	Noite	1	3	8,463	Sim
		1	2	28,417	Sim
		2	3	19,954	Sim

A temperatura do ar e umidade relativa do ar diurna da porção urbana 2 e 3 não apresentaram diferenças significativa ($p > 0,05$), as médias das duas porções urbanas estiveram próximas apresentando diferença de $0,48^{\circ}\text{C}$ (temperatura do ar) e $2,2\%$ (umidade relativa do ar).

5.5. ANÁLISE DA INTENSIDADE DE ANOMALIA TÉRMICA

5.5.1 Análise Comparativa Porção Urbana 1 e 2

Foi possível observar que a porção urbana 1 apresentou maior amplitude de intensidade de anomalia térmica, tendo maior valor de ilha de calor urbana ($6,09^{\circ}\text{C}$) (FIGURA 37).



(A) (B)
Figura 37 – Intensidade de anomalia térmica – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 2

A porção urbana 2 apresentou ilha de calor urbana em quase todo o período estudado, apresentando valor máximo de 3,11°C e mínimo de -2,44°C (ilha de frescor).

Os maiores valores de ilha de calor urbana nas duas porções urbanas ocorrem nos meses de agosto e setembro, meses do período quente-seco. Apesar do período quente-seco apresentar menor quantidade de radiação solar incidente (GOMES, 2010; MACIEL et al., 2014; MACHADO et al., 2015), é também no período quente-seco que ocorrem queimadas revestindo Cuiabá com fumaça e fuligem (ALVES, 2011), a fumaça e fuligem acaba criando uma camada, impedindo a dispersão do calor dos materiais urbanos.

Em concordância com a sazonalidade de variáveis microclimáticas em Cuiabá, os menores valores, ou seja, as ilhas de frescor acontecem em junho. Estes valores podem estar associados às menores temperaturas do ar resultantes da invasão do Anticiclone Polar, que atravessa o Andes em média latitude. O ar polar geralmente altera a pressão atmosférica e o regime de ventos, diminuindo a temperatura do ar ao avançar o continente (RODRIGUES et al., 2004, NOGUEIRA et al., 2005; SELUCHI, 2009).

A maior frequência nas duas porções urbanas foram encontradas na faixa de ilha de calor urbana fraca, com diferença de temperatura do ar urbano e rural entre 0 e 2°C (FIGURA 38).

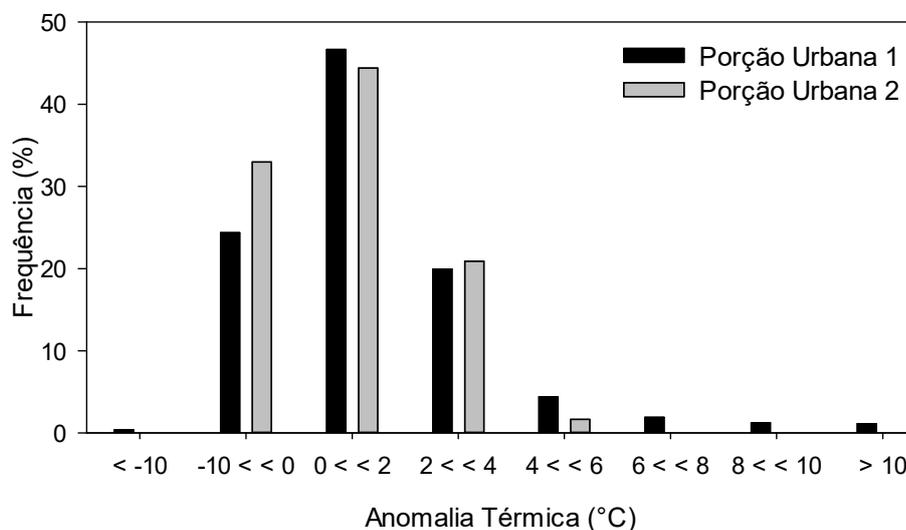


Figura 38 – Frequência de intensidade de anomalia térmica (°C)

A porção urbana 1 apresentou maior variação ao considerar as faixas de anomalia térmica, destacando-se que apresenta valores superiores a 6°C (~10%), caracterizando assim a presença de ilha de calor urbana muito forte.

Ressalta-se que apesar da porção urbana 2 apresentar maior frequência de ilha de frescor na faixa de -10°C a 0°C (34%) em relação a porção urbana 1 (23%), a porção urbana 1 apresentou valores na faixa < -10°C. Esta frequência de ilha de frescor urbana na porção urbana 2 está relacionado a quantidade de vegetação arbustiva, principal mitigador de ilha de calor urbana (ZINZI & AGNOLI, 2012; ALCHAPAR et al., 2016).

5.5.2 Análise Comparativa Porção Urbana 1 e 3

Destaca-se que a porção urbana 1 apresentou maior variação de anomalia térmica, atingindo valor de ilha de calor urbana de 8,79°C e valor de ilha de frescor de -8,07°C. Enquanto a porção urbana 3 apresentou variação de 5,35°C (FIGURA 39).

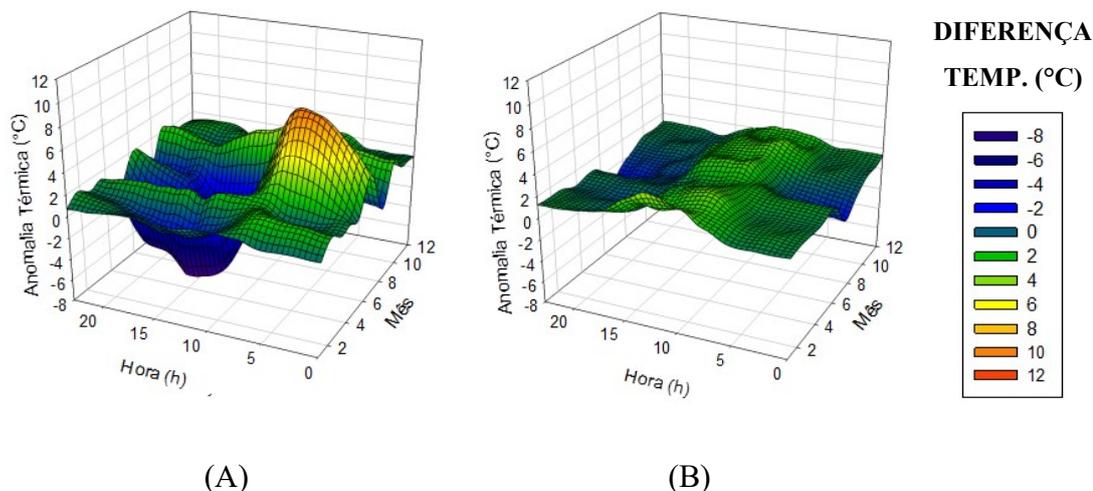


Figura 39 - Intensidade de anomalia térmica – (A) Porção Urbana 1 (B) Porção Urbana 3

A porção urbana 3 apresentou ilha de calor urbana em quase todo o período estudado, apresentando valor máximo de $4,15^{\circ}\text{C}$ e mínimo de $-1,20^{\circ}\text{C}$ (ilha de frescor). Durante o período analisado, a porção urbana 3 apresenta valores mais constantes de intensidade da ilha de calor urbana, relacionado a densidade urbana corroborando com Bezerra et al. (2013).

A densidade urbana tem como consequência maior concentração populacional e maior presença de calor antropogênico (CALLEJAS, 2012). Os materiais urbanos tem maior capacidade térmica, favorecendo assim o estoque de calor (GARTLAND, 2010; MOREIRA et al., 2013).

Em relação à ilha de frescor, a porção urbana 1 apresentou maior valor ($-8,07^{\circ}\text{C}$), além de apresentar em diferentes horários durante o ano analisado, destacando a ocorrência no período quente-úmido. Relacionado a quantidade de vegetação e corpos d'água aumentando assim o vapor d'água (SILVA et al., 2018).

A maior frequência da porção urbana 3 foi encontrada na faixa de ilha de calor urbana fraca, com diferença de temperatura do ar urbano e rural entre 0 e 2°C . Enquanto que a maior frequência na porção urbana 1 foi de ilha de frescor variando entre -10 e 0°C (FIGURA 40).

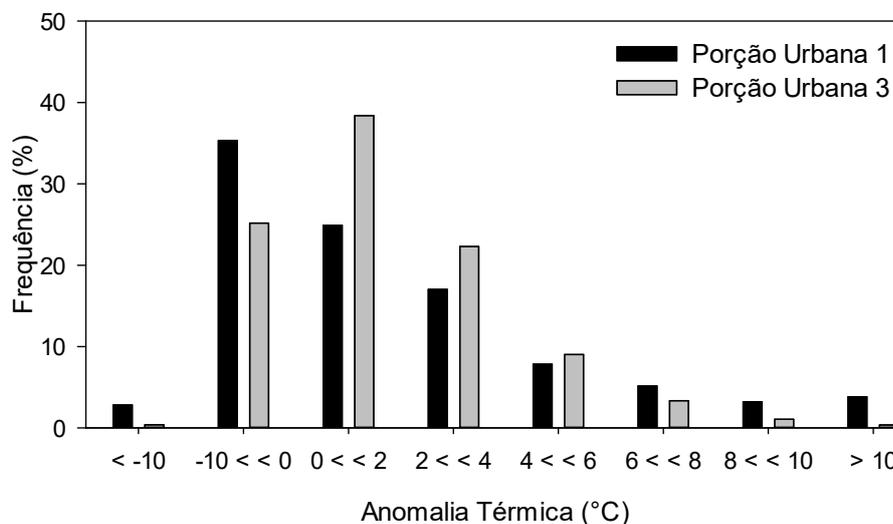


Figura 40 - Frequência de intensidade de anomalia térmica (°C)

A porção urbana 1 obteve frequência elevada (~21%) de ilha de calor urbana muito forte, e frequência de 37% de ilha de frescor. Em contrapartida a porção urbana 3 apresentou 74% de ilha de calor de até 6°C e 23% de ilha de frescor.

A maior frequência de ilha de calor urbana na porção urbana 3 em relação a porção urbana 1, está relacionada a sua forma urbana, quantidade de edificações, percentagem de superfícies urbanizadas. Estes fatores aumentam a frequência de ilha de calor (MEMON et al., 2010; RAJAGOPALAN et al., 2014). Contudo, a porção urbana 1 apresenta maior quantidade de vegetação, responsável pela frequência elevada de ilha de frescor urbana, resultando no sombreamento e no aumento da umidade relativa pela evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 2013).

As maiores frequências em ilhas de calor fraca e moderada, ou seja, com valores de até 4°C corrobora com os encontrados em diversos estudos em Várzea Grande-MT (COX, 2008), interior do estado de São Paulo (TEIXEIRA & AMORIM, 2018) e Manaus (SOUZA et al., 2014). Por outro lado, Neto & Amorim (2017) encontraram intensidade de ilha de calor urbana de 11°C em Cuiabá.

5.5.3 Análise Períodos Quente-Úmido e Quente-Seco

De maneira geral, os maiores valores foram encontrados durante o dia no período quente-úmido e quente-seco (FIGURA 41).

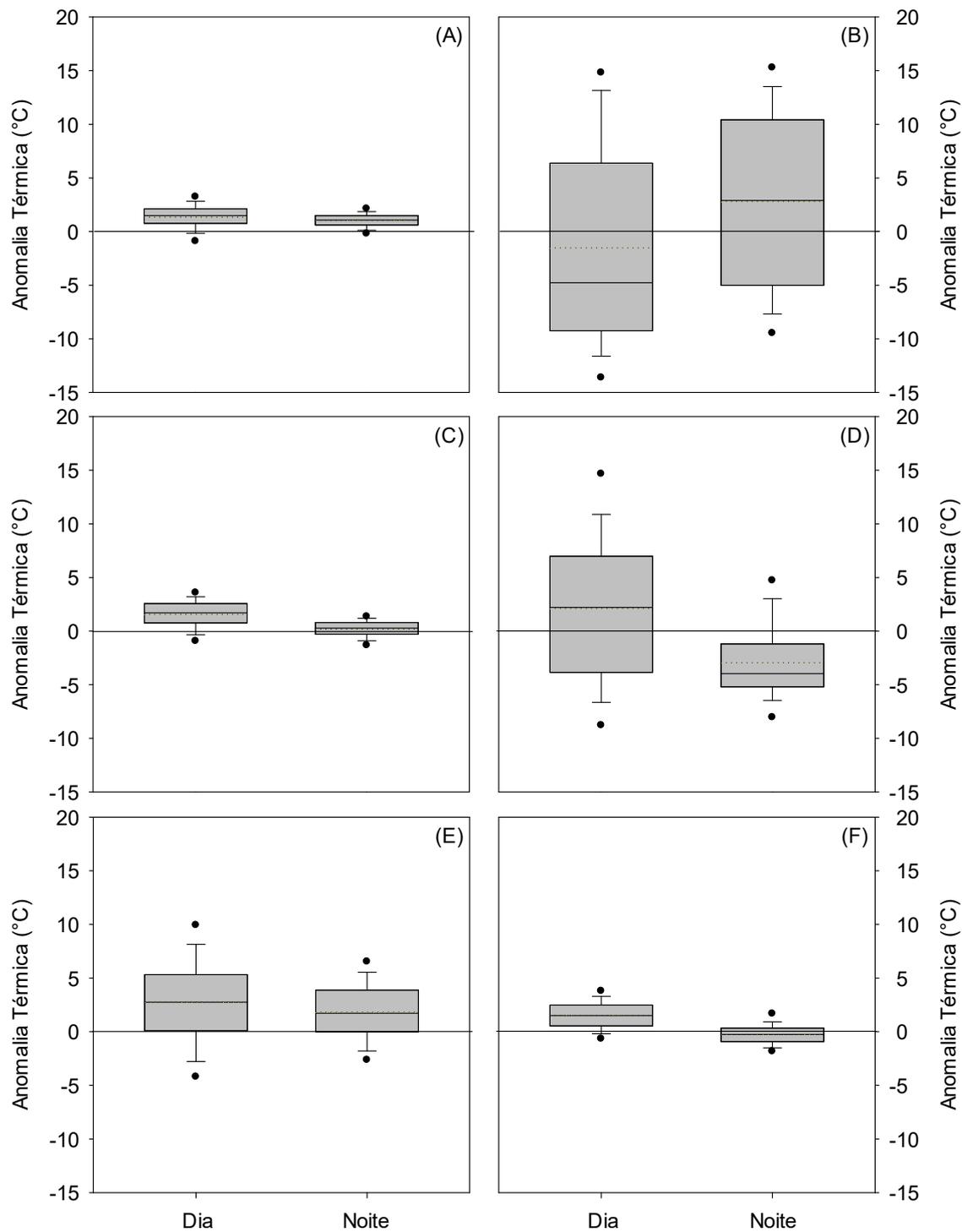


Figura 41 - Boxplot intensidade anomalia térmica (°C) – (A) Período QU - PU 1 (B) Período QS - PU 1 (C) Período QU - PU 2 (D) Período QS - PU 2 (E) Período QU - PU 3 (E) Período QS - PU 3

Em países tropicais, diferentemente de países temperados, o fenômeno de ilha de calor urbana está diretamente associado ao horário de maior magnitude de carga térmica disponível no ambiente (KARAM et al., 2010; FERREIRA et al., 2012).

As maiores amplitudes encontradas foram no período quente-seco, sendo para o período diurno aproximadamente 36°C, 18,8°C, 4,5°C para as porções 1, 2 e 3, respectivamente. Enquanto que para a noite foram 21,8°C, 14,9°C e 2,7°C. As porções urbanas 1 e 2, porções com maior cobertura de vegetação apresentaram maior amplitude, corroborando com Van Hove et al. (2015).

Durante a noite, a porção urbana 2 no período quente-seco (FIGURA41D), considerando o intervalo interquartil, a mesma apresentou ilha de frescor variando em 4°C. Considerando sua cobertura vegetal, Lucena (2013) afirma que o efeito de vegetação em clima quente e seco é maior, enquanto que Chun & Guhathakurta (2015) encontraram maior efeito da vegetação no período noturno.

O período quente-úmido obteve a maior amplitude na porção urbana 3 de 10,2°C, a porção urbana 1 foi 4,7°C e a porção urbana 2 com 3,4°C, isto durante o dia. Durante a noite as amplitudes foram de 2,60°C, 2,80°C e 7,20°C, nas porções 1, 2 e 3, respectivamente.

Analisando as médias diurnas do período quente-seco, a porção urbana 1 apresentou ilha de frescor (-0,35°C), enquanto as porções urbana 2 e 3 apresentaram valores de ilha de calor (3,32°C e 1,80°C). Nas médias noturnas do mesmo período, ocorreu o inverso, onde a porção urbana 1 apresentou ilha de calor com magnitude de 2,81°C, enquanto as porções 2 e 3 apresentaram ilha de frescor de -2,94°C e -0,25°C, respectivamente.

No período quente-úmido, durante o dia, todas as porções urbanas apresentaram ilha de calor ao considerar a média, sendo de magnitude 1,99°C, 2,07°C e 3,10°C, nas porções 1, 2 e 3, respectivamente. Ao considerarmos a noite, as três continuam a apresentar ilha de calor urbana com as seguintes magnitudes, 1,12°C, 0,36°C e 1,92°C.

Os dados de magnitude de anomalia térmica das três porções urbanas foram testados estatisticamente pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, onde todos os bancos de dados apresentaram-se não normais ($p > 0,050$). Foram analisados no teste Kruskal-Wallis, onde os resultados demonstraram haver diferença

significativa ($p < 0,050$) entre as medianas das três porções urbanas ao se analisar os períodos quente-úmido e quente-seco durante o dia e noite (TABELA 13).

Tabela 13 - Análises Estatísticas (Kruskal-Wallis) Anomalia Térmica - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.

Variável Microclimática	Porção Urbana		Kruskal-Wallis			valor p
			Mediana	25%	75%	
Anomalia Térmica – Período Quente-Úmido	Dia	1	1,49	0,77	2,13	$p < 0,001$
		2	1,71	0,77	2,57	
		3	2,74	0,080	5,31	
Anomalia Térmica – Período Quente-Úmido	Noite	1	1,07	0,62	1,49	$p < 0,001$
		2	0,28	-0,29	0,81	
		3	1,72	0,019	3,87	
Anomalia Térmica – Período Quente-Seco	Dia	1	-4,77	-9,25	6,38	$p < 0,001$
		2	2,22	-3,85	6,99	
		3	1,50	0,54	2,48	
Anomalia Térmica – Período Quente-Seco	Noite	1	2,90	-5,01	10,42	$p < 0,001$
		2	-3,96	-5,20	1,18	
		3	-0,26	-0,92	0,33	

Os resultados do teste Tukey demonstraram diferença significativa estatisticamente ($p < 0,05$) na maioria das análises, exceto ao analisar no período quente-seco as porções urbana 2 e 3 durante o dia e as porções 1 e 3 durante a noite (TABELA 14).

Tabela 14 - Análises Estatísticas (Teste de Tukey) Anomalia Térmica - Porções urbanas (1, 2 e 3) dia e noite.

		Porções Urbanas		q	$p < 0,05$
		1	3		
Anomalia Térmica – Período Quente-Úmido	Dia	1	3	16,62	Sim
		1	2	5,15	Sim
		2	3	11,46	Sim
Anomalia Térmica – Período Quente-Úmido	Noite	1	3	5,00	Sim
		1	2	24,68	Sim
		2	3	29,69	Sim
Anomalia Térmica – Período Quente-Seco	Dia	1	3	10,51	Sim
		1	2	12,90	Sim
		2	3	2,38	Não
Anomalia Térmica – Período Quente-Seco	Noite	1	3	2,26	Não
		1	2	19,58	Sim
		2	3	17,32	Sim

Observa-se a partir dos resultados obtidos que no período quente-úmido, além do comportamento da anomalia térmica ser mais estável, dado a maior quantidade de vapor d'água na atmosfera, a cobertura do solo e densidade urbana, acabam influenciando na diferença entre os microclimas.

Portanto, a supressão de áreas vegetadas, o intenso fluxo de veículos e alterações na cobertura do solo, afetam diretamente o microclima local, ocasionando a formação de ilhas de calor urbana, assim como aumentando sua magnitude.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cobertura do solo e geometria urbana apresentaram-se como fatores determinantes nas diferenças significativas encontradas entre as variáveis microclimáticas das porções urbanas. Sendo que a porção urbana 3, porção com maior quantidade de pavimentação impermeável apresentou máxima temperatura do ar. E a porção urbana 2 (maior quantidade de vegetação em relação as demais) apresentou menores valores de temperatura do ar e maiores valores de umidade relativa do ar.

O período quente-seco apresentou os maiores valores de temperatura do ar, entre as 10 e 15h, horário em que coincide com a maior intensidade de radiação solar. As mínimas ocorreram durante a noite e madrugada, principalmente por volta das 20 e 04 h. Quanto à umidade relativa do ar, a mesma ocorre em relação inversa com a temperatura do ar, apresentando mínimas por volta das 10 - 15 h (período quente-seco) e máximas durante a noite e madrugada (período quente-úmido).

Houve incidência de ilha de calor urbana e ilha de frescor, relacionadas com a densidade e vegetação urbana. As maiores amplitudes foram encontradas no período quente-seco. Tratando-se de anomalias térmicas médias, a pesquisa obteve entre 1,50 e 4°C durante o dia, reduzindo para 0,50 a 2°C durante a noite. As ilhas de frescor encontradas apresentaram magnitude de até 3°C.

As alterações antropogênicas, tais quais, supressão de áreas vegetadas, aumento de áreas urbanizadas, assim como a densidade urbana afetaram as variáveis microclimáticas (temperatura do ar e umidade relativa do ar) e incidência e magnitude de ilha de calor urbana.

Dado isto, ressalta-se a importância da pesquisa e conhecimento técnico-científico em climatologia urbana no ato de planejamento urbano. Além do mais, em casos como Cuiabá, dado o rigor climático, há de se reforçar a importância da não supressão de massas vegetadas da cidade, assim como, o replantio de cobertura arbórea considerando espécies de maior efeito de sombreamento.

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. Analisar o microclima com maior quantidade de Estações Micrometeorológicas distribuídas no perímetro urbano de Cuiabá, abrangendo principalmente áreas mais verticalizadas.
- b. Analisar áreas de canyons urbanos para estudos da influência da ventilação e sombreamento nas trocas térmicas na cidade.
- c. Analisar a relação de características da arborização, como índice de área foliar, de cada porção urbana, a fim de mensurar o sombreamento realizado em ambos os períodos, quente-úmido e quente-seco.
- d. 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

ALCHAPAR, N. L., PEZZUTO, C. C., CORREA, E. N., LABAKI, L. C. The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina. **Theor Appl Climatol**. 2016. DOI 10.1007/s00704-016-1851-5

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.

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.

BORGES, M. G. E.; PEREIRA, F. O. R. **Influência do ambiente construído no microclima urbano**. In: XIII Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído. Canela – RS. 2010.

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. A., DURANTE, L. C., OLIVEIRA, A. S., NOGUEIRA, M. C. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana, **Mercator**, v. 10, n. 23, p. 207- 223, 2011.

CALLEJAS, I. J. A., OLIVEIRA, A. S. O., SANTOS, F. M. M., DURANTE, L. C., NOGUEIRA, M. C. J. A., ZEILLHOFER, P. Relationship between land use/cover and surface temperatures in the urban agglomeration of Cuiabá-Várzea Grande, Central **Brazil**, **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 5, 53569: 1-15, 2011.

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.

CALLEJAS, J. A. C.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; BIUDES, M. S.; DURANTE, L. C. Variação sazonal do balanço de energia em cidade localizada na região central do brasil. **Mercator**, Fortaleza, v.15, n.3, p. 85-106, jul./set., 2016

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.

CHAPMAN, S.; WATSON, J. E. M.; SALAZAR, A.; THATCHER, M.; MCALPINE, C. A. The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: a systematic review. **Landscape Ecology**. Agosto, 2017.

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.

CHOUDHARY, B. K., TRIPATHI, A. K. Failing Cityscape: Urbanization and Urban Climate. **NGJI, An International Refereed Journal**. v. 64, n. 1-2. p. 174-184. 2018.

CHUN, B., GUHATHAKURTA, S., Daytime and nighttime urban heat islands statistical models for Atlanta. **Environment and Planning B: Planning and Design**. v.44, 2015. DOI - 10.1177/0265813515624685

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

COSTA, A. C. L. **Estudo de Variações TermoHigrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização. O caso de Belém – PA**, 1998,

232f., Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 1998

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

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.

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.

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.

DU, H.; WANG, D.; WANG, Y.; ZHAO, X.; QIN, F.; JIANG, H.; CAI, Y. Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. **Science of the Total Environment**. v. 571, p. 461-470, 2017.

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.

DURANTE, L., NOGUEIRA, M. C. J. A. Efeitos do sombreamento arbóreo nas condições termohigrométricas e lumínicas de ambientes internos e externos de edificações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, p. 1980-1998, 2013.

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

EMMANUEL, R., & KRÜGER, E. Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. **Building and Environment**, v. 53, p.137-149. 2012.

ERELL, E., PEARLMUTTER, D., WILLIAMSON, T. J. **Urban microclimate: designing the spaces between buildings**. London - Washington, DC: Earthscan. 2011.

ESTATCAMP. **Teste de Kolmogorov-Smirnov**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br>>. Acesso em: 6 dez. 2018.

FERREIRA, L. S., DUARTE, D. H. S. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**. v.27 p.105–123. 2019.

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.

GAN M., RODRIGUES L. R., RAO V. B. **Monção na América do Sul** In: CAVALCANTI IFA, FERREIRA NJ, SILVA MGAJ & DIAS MAFS (Eds.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, p.297–316. 2009.

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.

GIANNAROS, T. M., MELAS, D. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. **Atmospheric Research**, v. 118, p. 103-120, 2012.

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.

GOMEZ, A. L., GARCIA, F. F. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. **Estudios Geográficos**, 45, n.174, p.5-34, enero-marzo 1984.

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.

HUANG, Q., LU, Y. Urban heat island research from 1991 to 2015: a bibliometric analysis. **Theor Appl Climatol**. 2018. DOI 10.1007/s00704-016-2025-1

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico (2010)**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 10/02/2019.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. **Climatologia**. 2003. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em: 10/03/2019.

JOHANSSON E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. **Building and Environment**, n°41, p. 1326-1338, 2006.

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

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.

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

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.

KOOMEN, E.; DIOGO, V. Assessing potential future urban heat island patterns following climate scenarios, socio-economic developments and spatial planning strategies. Mitigation and Adaptation. **Strategies for Global Change**. v. 22, p. 287-306, 2017.

MAZIERO, E. L. **Arborização urbana no bairro Jardim das Palmeiras Cuiabá, MT**. 2016. 38 f. TCC (Especialização em Gestão e Perícia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Cuiabá, 2016.

LANDSBERG, H. E. The urban climate. **Nova York: Academic Press**, 1981.

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.

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.

LUCENA, A. J., FILHO, O. C. R., FRANÇA, J. R. A., PERES, L. F., XAVIER, L. N. R. Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. **Theor. Appl. Climatology**. v. 111, p. 497-511. 2013. DOI 10.1007/s00704-012-0668-0.

MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; QUERINO, C. A. S.; DANELICHEN, V. H. M.; VELASQUE, M. C. S. Seasonal and interannual pattern of meteorological variables in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**. v. 33, p. 477- 488, 2015.

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.

MAHMOOD, R., MCALPINE, C., HOSSAIN, F., KLEIN G. K. NAIR, U., BETTS, R., FALL, S., REICHSTEIN, M., KABAT, P., NOBLET, N. Land use/land cover changes and climate: Modeling analysis and observational evidence. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**. v.2. p.828 - 850. 2011.

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.

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.

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)**, v. 32, p.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. **Clima e planejamento urbano em Londrina**. In: Clima Urbano. Org. Mendonça, F., Monteiro, C. A. de F. São Paulo: Contexto, 2003.

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.

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/estruturauniversitaria/diretorias/dirppg/eventos/mopp/2010/artigos/ppgte/MOPP2010PPGTEFMinella.pdf, acessado em abril, 2019.

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.

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

MOREIRA, E. B. M., NOBREGA, R. S., SILVA, B. B. Influência da expansão urbana em recife (PE) no fluxo de calor sensível através de imagens digitais do TM Landsat 5. **Revista de Geografia**, v. 30, n. 2, 2013.

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.

NETO, A. T., AMORIM, M. C. C. T. **Ilha de Calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas/SP. 2017. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2059

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. 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. **Boundary layer climates**. Londres: Routledge, 1987.

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

OKE, T.R. SPRONKEN-SMITH, R. A. JÁUREGUI, E. GRIMMOND, C. S. B. The energy balance of central Mexico City during the dry season. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 24-25 p. 3919-3930, 1999.

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.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climate**. University of British Columbia. Cambridge: Cambridge University Press, 2017, 542p.

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., SANCHES, L., MUSIS, C. R., NOGUEIRA, M. C. J. A. Benefícios da arborização em praças urbanas - o caso de Cuiabá/MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.9, p. 1900-1915, 2013.

ONU- HABITAT. 2016. Disponível em: <
<https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat>>. Acessado em: 20/06/2019.

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

PAULA, D. C. J. **Análise termohigrométrica pós intervenções urbanas em Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

PEETERS, A., ETZIAN, Y. Automated recognition of urban objects for morphological urban analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*. v. 36, p. 573-582. 2012

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.

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

REIS, B.C. M., PINTO, R. L. M., SOARES, L. S. **Aplicação da Análise estatística via teste de Tukey e análise variância para a avaliação dos parâmetros de qualidade de corte em um processo de fabricação**. Anais XXXVI Encontro Nacional de Engenharias de Produção. João Pessoa, 2016.

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.

RODRIGUES, M. L. G., FRANCO, D., SUGAHARA S. Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Santa Catarina. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 22, n.2, p.135–151. 2004.

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

SABINO, C. V. S., LAGE, L. V., NORONHA, C. V. Variação Sazonal e Temporal da qualidade das águas em um ponto do córrego Gamaleiras usando técnicas quimiométricas robustas. **Eng. Sanit. Ambiental**. v.22, n.5, p969-983. 2017.

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

SANTANNA, F. B., ARRUDA, P. H. Z., FARIA J. L. B., NOGUEIRA, J. S. Estudo preliminar da velocidade e direção dos ventos, em Cuiabá, MT, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.2, p.175–180. 2008

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.

SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Análise da influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica por meio de transectos noturnos em Cuiabá-MT. **Caminhos de Geografia** v. 13, n. 41 p.187-194, Março, 2012.

SELUCHI, M. E. **Geadas e Friagens**. In: CAVALCANTI IFA, FERREIRA NJ, SILVA MGAJ & DIAS MAFS (Eds.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, p. 150–167. 2009.

SHESKIN, D.J. **Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures**. 5 ed. 1926p. Boca Raton: Chapman & Hall. 2011.

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

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SILVA, V. A produção da exclusividade: empreendimentos de alto padrão - Cuiabá-MT. **Geosaberes**, v. 6, n 3, p. 427 – 438, 2016.

SILVA, V. J., SILVA, C. R., ALMEIDA, L. S., SILVA, C. R. CARVALHO, H. P., CAMARGO, R. Mobile transect for identification of intra-urban heat islands in Uberlândia, Brazil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 13, n. 4, e2187, 2018.

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

SOUZA, D. O., NASCIMENTO, M. G., ALVALÁ, R. C. S. Influência do crescimento urbano sobre o microclima de Manaus e Belém: Um estudo observacional. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.08, n. 04, p. 1109-1124. 2015.

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

STOCKER, T.F., et al. **IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2013.

SUOMI, J. **Characteristics of urban heat island (uhi) in a high-latitude coastal city – a case study of turku, sw finland**. Thesis, University of Turku. ISBN 978-951-29-5912-9 (PDF)/ISSN 0082-6979. Painosalama Oy - Turku, Finland. 2014

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

TANGERINO, D. F.; LOURENÇO, R. T. **Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 16. 2013. Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2013. p.4093-4100.

TEIXEIRA, D. C. F., AMORIM, M. C. C. T. O estudo da ilha de calor em cidade de pequeno porte: algumas contribuições. **Soc. Nat.** v.30, n.2, p.186-209 Uberlândia/MG. 2018.

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.

VASCONCELOS, L. C. S. & ZAMPARONI, C. A. G. P. Os efeitos da urbanização no microclima no bairro morada da serra, Cuiabá – MT. **Revista Raega**, v. 23, p. 573-599, 2011.

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.

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**. v. 3, p. 660-666. 2002.

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

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

ZHOU, L., DICKINSON, R. E., TIAN, Y., FANG, J., LI, Q., KAUFMANN, R. K., TUCKER, C. J., MYNENI, R. B. Evidence for a significant urbanization effect on climate in China. **PNAS Geophysics**, v.101, p. 9540-9544, 2004.

ZINZI, M., AGNOLI, S. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. **Lancet**. v. 55. 2012.

7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, N° 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.