



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

AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO PARA A CIDADE DE SORRISO/MT:
ESTUDO DE CASO

MAURO SERGIO DE FRANÇA

PROFA. DRA MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA
ORIENTADORA

Cuiabá, MT
Março/2017

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

AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO PARA A CIDADE DE SORRISO/MT:
ESTUDO DE CASO

MAURO SERGIO DE FRANÇA

PROFA. DRA MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA
ORIENTADORA

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

Cuiabá, MT

Março/2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

F814a França, Mauro Sergio de.
AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO PARA A CIDADE DE
SORRISO/MT: ESTUDO DE CASO / Mauro Sergio de França. -- 2017
91 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, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Temperatura. 2. Umidade. 3. Conforto Térmico. 4. Ilha de calor. 5.
Urbanização. 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: AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO PARA A CIDADE
DE SORRISO – MT: ESTUDO DE CASO

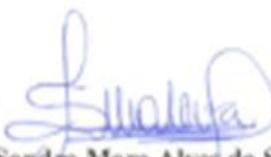
AUTOR: MAURO SÉRGIO DE FRANÇA

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 23 de março de 2017, pela comissão julgadora:


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


Prof. Dr. Carlo Ralph De Musis
Examinador Interno
Universidade de Cuiabá - UNIC


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


Prof. Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves
Examinadora Externa
Universidade do Estado de Mato
Grosso/UNEMAT


Prof. Dr. Marlon Leão - Examinador Externo
Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa à minha mãe Apolinária, a dona “Bugrinha”, pelo valoroso incentivo na busca dos estudos; ao meu saudoso pai “Seu Dito” (In memoriam), que com pouco estudo batalhou para criar seus dez filhos honestamente; a minha esposa Silvana França, ao carinho dado, aos estímulos nos momentos difíceis e às incontáveis horas de paciência comigo e, aos meus filhos Marcos Sérgio e Ana Carolina que são as verdadeiras dádivas em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o autor da vida, pela oportunidade de concluir mais uma Pós-graduação em meu país e em meu estado;

A minha família, especialmente a minha esposa, Silvana França e aos meus pimpolhos lindos, Marcos (Legolego) e Ana Carolina (Bilibili); aos meus irmãos e irmãs, especialmente a Mari Luci de França e Jovana Carolina de França pelo apoio no deslocamento e na aquisição de um novo notebook e a Lucilene Carolina de França, a “Irmã Carolina”, que por diversas vezes me aconselhou nos momentos mais difíceis dessa caminhada;

Ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PPGFA) da Universidade Federal de Mato Grosso pela valorosa colaboração na pesquisa e a todos os professores do Programa, especialmente à Carlo Ralph, Marcelo e Paraná, pelo incentivo a pesquisa e ao desenvolvimento científico; ao Prof. Dr. Geraldo Aparecido Neves pelo auxílio na confecção, supervisão, testes e calibração dos sensores; a Prof. Dra. Marta pela orientação recebida, dedicação, profissionalismo e apoio nos momentos complexos, sendo parte importante dessa pesquisa científica; ao pessoal da secretária do Programa, nas pessoas do Cesário e Soilce, que de forma profissional forneceram e tiraram dúvidas dos processos administrativos e acadêmicos; aos colegas do curso pelos momentos de confraternização, estudos e pesquisa, Ivan Litrão, Fernando, Magdiel, Rafael, Heloísa, Luiz, Dennes, Ana e Hozana;

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos (SADMET) pelo fornecimento de dados da série histórica da Estação Sorriso; ao Franco S. Saito e demais membros equipe da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente e do Departamento de Engenharia da Prefeitura Municipal de Sorriso pelo fornecimento dos *shapefiles* dos loteamentos da área urbana de Sorriso; a Lidiane Maria de Moraes Costa pelo apoio ao mapeamento da área de estudo.

Ao Magnífico Reitor do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Prof. José Bispo Barbosa pelo incentivo a pesquisa e extensão em todos os Campus, ao Diretor Geral do Campus Sorriso, Prof. Me. Carlos André de Oliveira Câmara pelo apoio e compreensão no atendimento ao meu pedido de licença qualificação e ao Diretor de Ensino do Campus Sorriso, Prof. Me Claudir von Dentz pelo incentivo dispensado na busca pela titulação docente; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela ajuda financeira através da concessão da bolsa de Pós-Graduação Doutorado (GD);

A todos as pessoas que direta e/ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

EPÍGRAFE

“Antes perder de pé do que vergar às injustiças”

(Mauro S. França, 2016)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problemática.....	1
1.2 Justificativa	2
2.1 Principais elementos para estudos climáticos	4
2.2 Balanço de Radiação e de Energia	8
2.3 Clima Urbano	9
2.4 Ilhas de Calor Urbanas (ICU).....	13
2.5 Ilha de Frescor Urbana (IFU)	15
2.6 Caracterização climática do Brasil e Sorriso.....	16
2.7 Transectos Móveis	18
2.8 El Niño	20
2.9 Conforto Térmico.....	21
2.10 Estudos sobre o conforto térmico no Brasil e em Mato Grosso.....	24
2.12 Geoestatística	27
3. ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.1 O município.....	32
3.1.1 Aspectos naturais.....	32
3.1.2 Aspectos históricos.....	33
3.1.3 Atualidade	34
3.1.4 A cidade	35
4. MATERIAL E MÉTODO.....	37
4.1 A instrumentação e a rotina de coleta	37
4.2 O método.....	40
4.3 O mapeamento do percurso do transecto	40
4.4 Os índice selecionados	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 Descrição e análise do mapeamento das classes de uso do solo	43
5.2 Comparação dos dados da série temporal com as variáveis microclimáticas do transecto.....	47

5.3 Análise estatística das variáveis microclimáticas e dos índices de conforto nas estações	49
5.4 Análise geoestatística das variáveis microclimáticas e dos índices nas estações.....	49
5.4.1 Semivariogramas.....	49
5.4.2 Krigagem ordinária dos dados e análise da variabilidade diária dos índices	50
5.5 Análise e identificação de Ilha de Frescor.....	62
6. CONCLUSÃO	64
7. RECOMENDAÇÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de semivariograma	29
Figura 2: Área de estudo – Sorriso/MT.....	32
Figura 3: Fluxograma com as etapas do estudo	37
Figura 4: Datalogger GK_V02 com GPS com Módulo GY-GPS6MV2	37
Figura 5: Sensor de umidade relativa e temperatura do ar (AM2302).....	36
Figura 6: Abrigo termométrico	36
Figura 7: Veículo automotor utilizado acoplado com abrigo termométrico e datalogger.....	37
Figura 8: Área de estudo/Percurso na região central de Sorriso/MT	37
Figura 9: Origem e término do transecto móvel na cidade de Sorriso	41
Figura 10: Ponto 1/ADU	43
Figura 11: Ponto 2/ADU	43
Figura 12: Ponto 3/CC	43
Figura 13: Ponto 4/C	43
Figura 14: Ponto 5/CC	43
Figura 15: Ponto 6/AV	43
Figura 16: Ponto 7/AV	44
Figura 17: Ponto 8/ADU	44
Figura 18: Ponto 9/CC	44
Figura 19: Ponto 10/CC	44
Figura 20: Ponto 11/CC	44
Figura 21: Ponto 12/ADU	44
Figura 22: Mapa de uso e ocupação da área de estudo com 11 pontos amostrais.....	46
Figura 23: Comportamento padrão da curva termo-higrométrica na série temporal às 20:00h (00:00 UTC)	48
Figura 24: Variabilidade média horária espacial da temperatura (°C) – estação quente-seca.	51
Figura 25: Variabilidade média horária espacial da temperatura (°C) – estação quente-úmida.	51
Figura 26: Variabilidade média horária espacial da umidade (%) – estação quente-seca.....	52
Figura 27: Variabilidade média horária espacial da umidade (%) – estação quente-úmida.....	53
Figura 28: Variabilidade da ICU durante episódios da estação quente-seca e quente-úmida.	54
Figura 29: Variabilidade média horária espacial do IC (°C) – estação quente-seca.	56
Figura 30: Variabilidade média horária espacial do IC (°C) – estação quente-úmida	57
Figura 31: Comportamento padrão da curva do IC – estação quente-seca.	58
Figura 32: Comportamento padrão da curva do IC – estação quente-úmida.	58

Figura 33: Variabilidade média horária espacial do ITU (°C) – estação quente-seca.....	59
Figura 34: Variabilidade média horária espacial do ITU (°C) – estação quente-úmida.....	59
Figura 35: Comportamento padrão da curva do ITU – estação quente-seca.....	60
Figura 36: Comportamento padrão da curva do ITU – estação quente-úmida.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Albedos médios	5
Tabela 2: Organização das escalas espacial e temporal do clima	12
Tabela 3: Evolução da população do município de Sorriso, Mato Grosso e Brasil	35
Tabela 4: Periodicidade do experimento	38
Tabela 5: Localização dos pontos amostrais do transecto móvel.....	41
Tabela 6: Critérios de classificação do ITU	42
Tabela 7: Níveis de alerta do IC e suas prováveis consequências à saúde.....	42
Tabela 8: Discriminação das classes do uso do solo no percurso na área central de Sorriso/MT.....	45
Tabela 9: Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na área central da cidade de Sorriso	45
Tabela 10: Médias mensais horárias das variáveis microclimáticas às 20:00h (00:00 UTC)	48
Tabela 11: Estatística descritiva para a estação quente-seca e quente-úmida	49
Tabela 12: Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais das médias mensais horárias, 20h (00:00UTC) – estação quente-seca e estação quente-úmida	50
Tabela 13: Valores obtidos da validação cruzada das variáveis e dos índices estimados	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<i>N</i>	<i>Norte</i>
<i>S</i>	<i>Sul</i>
<i>NE</i>	<i>Nordeste</i>
<i>SE</i>	<i>Sudeste</i>
<i>NW</i>	<i>Noroeste</i>
<i>SO</i>	<i>Sudoeste</i>
<i>E</i>	<i>Leste</i>
<i>W</i>	<i>Oeste</i>
<i>F°</i>	<i>Graus Fahrenheit</i>
<i>K</i>	<i>Graus Kelvin</i>
<i>m</i>	<i>metro</i>
<i>m²</i>	<i>metro quadrado</i>
<i>mm</i>	<i>milímetros</i>
<i>W</i>	<i>Watts</i>
<i>W.m²</i>	<i>Watts por metro quadrado</i>
<i>cm.s⁻¹</i>	<i>Centímetro por segundo</i>
<i>μm</i>	<i>micron</i>
<i>KPa</i>	<i>Quilopascal</i>
<i>mb</i>	<i>Milibar</i>
<i>IDHM</i>	<i>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal</i>
<i>UTM</i>	<i>Universal Transverso de Mercator</i>
<i>WGS</i>	<i>World Geodetic System</i>
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
<i>Datum</i>	<i>dado em latim – modelo matemático teórico da representação da superfície da Terra ao nível do mar utilizado pelos cartógrafos numa dada carta ou mapa.</i>
<i>Buffer</i>	<i>Área de influência</i>
<i>Temp.</i>	<i>Temperatura (°C)</i>
<i>Umid.</i>	<i>Umidade relativa do ar (%)</i>
<i>V. vent.</i>	<i>Velocidade do vento (m.s⁻¹)</i>
<i>Prec.</i>	<i>Precipitação (mm)</i>

RESUMO

FRANÇA, M.S. **Avaliação do microclima urbano para a cidade de Sorriso/MT: estudo de caso.** Cuiabá, 2017, 91p. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

As cidades do Médio-Norte de Mato Grosso passaram por intenso processo de urbanização, a partir da década de 1990, implicando em modificações no uso e cobertura do solo regional. Essas mudanças afetaram as urbes da região, sendo um desses impactos as condições de conforto térmico local, sobretudo nas áreas urbanas densamente construídas, notadamente na região central. Diante disso, este estudo teve como objetivo geral avaliar a aplicação de dois índices de conforto térmico na área central da cidade de Sorriso, Estado de Mato Grosso, através do método do transecto móvel. Foi definido um percurso no perímetro urbano priorizando as principais avenidas da região central da cidade. Nesse trajeto foram coletados dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, com intervalos a cada 6 segundos para cada coleta. Foram realizados 30 dias de coletas, sendo 15 dias na estação quente-seca, entre agosto e setembro de 2015 e 15 dias na estação quente-úmida, entre janeiro e fevereiro de 2016, respeitando a sazonalidade regional. As coletas tiveram início às 20h, no horário local (00:00 UTC), sendo de 25 minutos o tempo médio de um percurso. Os dados medidos foram utilizados para calcular os dois índices de conforto térmico: o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Calor (IC). Esses índices foram analisados estatisticamente e validados por semivariogramas e espacializados na área de estudo, utilizando interpolador de krigagem ordinária. Os resultados observados durante a estação quente-seca mostraram o predomínio de dias levemente desconfortáveis para o ITU e de cautela para o IC. Na estação quente-úmida predominou dias levemente desconfortáveis para o ITU e de dias confortáveis para o IC. Concluiu-se que as condições ambientais são preocupantes na cidade, especificamente com relação ao conforto térmico, pois identificou-se que os índices aplicados foram distintos nas estações, apontando que o uso do solo diferenciado aliado a sazonalidade regional contribuíram para as variações das condições microclimáticas, sendo mais desagradável, em média, na primeira estação mencionada.

Palavras-chave: Temperatura, Umidade, Conforto Térmico, Ilha de Calor, Urbanização.

ABSTRACT

FRANÇA, M.S. Evaluation of the urban microclimate for the city of Sorriso/MT: case study. Cuiabá, 2017, 91p. Thesis (Doctorate in Environmental Physics) - Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

The cities of the Middle-North of Mato Grosso underwent an intense urbanization process, starting in the 1990s, implying changes in land use and regional coverage. These changes affected the cities of the region, one of these impacts being the local thermal comfort conditions, especially in densely built urban areas, notably in the central region. Therefore, this study aimed to evaluate the application of two thermal comfort indexes in the central area of the city of Sorriso, State of Mato Grosso, using the mobile transect method. It was defined a route in the urban perimeter prioritizing the main avenues of the central region of the city. In this route, air temperature and relative humidity data we collected, with intervals every 6 seconds for each collection. There were 30 days of collection, 15 days in the hot-dry season, between August and September 2015 and 15 days in the hot-humid season, between January and February 2016, respecting the regional seasonality. The collections started at 20:00 local time (00:00 UTC), with 25 minutes the average time of a route. The measured data we used to calculate the two thermal comfort index: the Temperature and Humidity Index (THI) and the Heat Index (HI). These indices we analyzed statistically, validated by semivariograms and spatialized in the study area, using ordinary kriging interpolator. The results observed during the hot-dry season showed a predominance of slightly uncomfortable days for UTI and of caution for HI. In the hot-humid season, there were slightly uncomfortable days for the ITU and comfortable days for the IC. It was concluded that the environmental conditions are worrying in the city, specifically with respect to thermal comfort, since it was identified that the applied indices were different in the stations, pointing out that the land use differentiated allied to the regional seasonality contributed for the variations of the microclimatic conditions, being more unpleasant, on average, in the first mentioned station.

Keywords: Temperature, Humidity, Thermal comfort, Heat island urban, Urbanization.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problemática

O estado de Mato Grosso se destaca no cenário nacional e internacional como um dos maiores produtores de *commodities* agrícolas do país. Essa produção está espalhada por diversos municípios, com destaque para Lucas do Rio Verde, Nova Mutum e Sorriso que localizam-se no Médio-Norte do estado, região Centro-Oeste, circunscritos na Amazônia Legal. Esses núcleos urbanos fazem parte das diferentes cidades novas surgidas no Brasil, resultado do processo de municipalização, neste caso específico impulsionados pela abertura da fronteiras agrícola. Todavia, essas áreas passaram por profundas transformações do seu espaço natural, com a retirada da cobertura vegetal original para a implantação da moderna monocultura agroexportadora de grãos.

Essas transformações no uso e ocupação do solo no meio rural estendeu ao respectivo núcleo urbano, que apesar de terem tido um planejamento prévio, com seu espaço com largas avenidas e canteiros centrais, praças rotatórias, generosas calçadas, arborização urbana, áreas verdes e lagos naturais, não ficou imune as modificações impostas ao meio adjacente.

Diante disso, a cidade de Sorriso apresentou expressivo crescimento urbano nas últimas décadas proveniente especificamente do avanço do agronegócio que alavancou uma intensa urbanização do perímetro urbano. Em contrapartida, esse fenômeno impôs ao núcleo urbano uma excessiva pavimentação asfáltica em detrimento ao uso do solo permeável, com nítida substituição de espécies arbustivas próprias para o sombreamento por espécies vegetais para embelezamento. Aliado a isso, ocorreu uma significativa verticalização na região central, que canalizou a circulação natural dos ventos, dificultando a dissipação dos poluentes e a dinâmica atmosférica, provocando alguns problemas urbanos, entre eles os mais perceptíveis foram o aumento da temperatura média, máximas e mínimas, a redução das taxas de umidade relativa do ar, o surgimento de ilhas de calor urbanas, o aumento das precipitações e inundações e o desconforto térmico.

Com relação a este último item, vários estudos demonstraram que o uso excessivo de materiais urbanos no ambiente construído contribuem para o armazenamento de calor ao longo do dia e sua lenta dissipação à noite, provocando forte estresse térmico aos indivíduos, notadamente no período quente e seco, com forte insolação à tarde e sensível desconforto no início da noite. Esses problemas urbanos representam uma piora da qualidade de vida nos centros urbanos, principalmente em cidades tropicais interioranas como o caso de Sorriso, o que vem obrigando a maioria dos habitantes à utilização de meios artificiais de refrigeração

com vistas à obtenção de conforto térmico, embora esse fato tenha um significado aumento nos custos com gastos em energia elétrica e elevação da pressão sobre o setor elétrico que sofre eventualmente e sazonalmente com a redução de produtividade durante os meses de estiagem.

Desse modo, com esta problemática alguns estudos foram realizados no médio norte-mato-grossense para investigar as condições ambientais na região, mas poucos se atentaram para as condições de conforto térmico, que é um importante indicador para a medição da qualidade de vida urbana.

1.2 Justificativa

Os estudos da climatologia urbana no Brasil tiveram origem em meados da década de 1930, quando a abordagem do clima segundo a dinâmica de massas de ar ganhou importância entre alguns estudiosos da atmosfera. Na década de 1950 com o surgimento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) tornou-se possível aprofundar nas pesquisas com a instalação de uma rede de estações meteorológicas fixas.

Os primeiros estudos sobre o clima urbano tiveram pioneirismo no estado e na cidade de São Paulo. Inicialmente esses estudos foram elaborados na região centro-sul do país, depois se deslocou para o nordeste e mais recentemente ganhou impulso nas regiões centro-oeste e norte. Contudo, nessas regiões os mesmos são escassos, notadamente para cidades pequenas e de médio porte, sendo que a maioria dos estudos focados na área tendem prioritariamente investigar as capitais e algumas grandes cidades o interior.

O estudo do clima urbano prescinde da obtenção de alguns parâmetros, entre eles destacam-se, a coleta das variáveis meteorológicas, a compreensão da circulação atmosférica regional e a investigação da diferenciação do uso e ocupação do solo no espaço urbano, sendo estes indispensáveis para a verificação de suas respectivas interferências nas condições do clima urbano. Todavia, a obtenção desses parâmetros, especialmente as variáveis meteorológicas, requer a utilização de métodos e técnicas para adquiri-los e uma aparelhagem específica para tal, que em muitas vezes, inexistente na maioria das cidades brasileiras, fazendo com que o pesquisador busque novas alternativas para compreender o clima urbano a ser investigado.

Foi o que aconteceu neste estudo, onde se buscou a utilização de fontes alternativas para obtenção de dados meteorológicos utilizando a metodologia do transecto móvel, onde um abrigo termométrico portátil foi acoplado sob a parte superior de veículo automotor com sensores embutidos no seu interior. Esse método vem sendo amplamente utilizado em pesquisas de clima urbano pelo país por facilitar a obtenção expressiva de dados em cidades e por

apresentar um custo mais acessível aos pesquisadores, além da facilidade no manuseio dos equipamentos.

Desse modo, a presente pesquisa teve como objetivo geral avaliar a aplicação de dois índices de conforto térmico na área central da cidade de Sorriso, Estado de Mato Grosso, através do método do transecto móvel. Os objetivos específicos foram caracterizar o uso do solo no entorno da área de abrangência do transecto móvel, apontando possíveis interferências no microclima intraurbano e identificar a existência de ilhas de calor intraurbana, bem como, verificar a sua magnitude no período.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo buscou dar embasamento teórico aos diversos conceitos que foram elencados ao longo do estudo com intuito de fornecer definições claras e objetivas para sanar dúvidas quanto aos termos técnicos abordados na pesquisa.

2.1 Principais elementos para estudos climáticos

Para Pereira et al. (2002) os elementos climáticos são grandezas (variáveis) que caracterizam o estado da atmosfera, ou seja: radiação solar, temperatura, umidade relativa, pressão, velocidade e direção do vento, precipitação. Esse conjunto de variáveis descreve as condições atmosféricas em um dado local e instante. Vejamos os principais conceitos e características desses elementos descritos a seguir.

2.1.1 Radiação Solar

De acordo com Frota e Schiffer (2003) a radiação solar é uma energia eletromagnética, de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera terrestre. As autoras explicaram que a maior influência da radiação solar é na distribuição da temperatura no globo e que as quantidades de radiação variam em função da época do ano e da latitude, devido ao movimento aparente do Sol, que aliado a curvatura da Terra façam com que os raios solares atinjam a superfície terrestre de forma desigual.

Varejão (2001) definiu radiação ou energia radiante como à energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio material. O termo radiação é igualmente aplicado para designar o próprio processo de transferência desse tipo de energia.

Para Ferreira (2006) a Terra é considerada uma superfície opaca, ou seja, não permite que a luz alguma a atravesse. Quando a radiação bate em uma superfície opaca, como uma rocha sólida, parte dela é refletida e outra absorvida. O albedo de uma superfície, que é a relação da energia refletida sobre a incidente, expressa a fração de radiação visível refletida pela superfície. Superfícies cobertas de neve ou nuvens espessas e com grande desenvolvimento vertical possuem um albedo muito alto. Quando vistas do espaço, essas superfícies têm um forte brilho, justamente por causa de suas altas taxas de refletividade. As florestas e solos escuros, por sua vez, têm albedo menor, porque refletem menos radiação visível, ou seja, há uma maior absorção.

Ferreira (2006, p. 20) e Pereira et al. (2002, p. 183) expuseram os valores de alguns albedos médios encontrados nas várias superfícies terrestres e na atmosfera (Tabela 1):

Tabela 1: Albedos médios

Superfície/atmosfera	Coefficiente de reflexão (%)
Nuvens cúmulos-nimbos largos e altos	92
Nuvens cirros-estratos	32
Água	5
Lagos	9
Oceanos	7
Areia seca	35/45
Areia úmida	20/30
Solo arenoso	25/30
Concreto seco	17/20
Asfalto	5/10
Gramado	20/30
Savanas	25/30
Plantações de milho	16/23
Florestas tropicais	5/10

Adaptação de Rosenberg et al. (1983); Vianello e Alves (1991) e Zanutto (1998).

2.1.2 Temperatura

Danni-Oliveira (2007) definiram temperatura do ar como sendo a medida de calor sensível nele armazenado, comumente dado em graus Celsius ou Fahrenheit e medida por termômetros.

De acordo com Ayoade (2012) a temperatura é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra, isto é, o calor desloca-se de um corpo que tem uma temperatura mais elevada para outro com temperatura mais baixa. A temperatura de um corpo é determinada pelo balanço entre a radiação que chega e a que sai pela sua transformação em calor latente e sensível. Para o autor vários fatores influenciam a distribuição da temperatura sobre a superfície da Terra ou parte dela. Eles incluem a quantidade de insolação recebida, a natureza da superfície, a distância a partir dos corpos hídricos, o relevo, a natureza dos ventos predominantes e as correntes oceânicas.

Segundo Pereira et al. (2002) a temperatura é um dos efeitos mais importantes da radiação solar. O aquecimento da atmosfera próxima à superfície terrestre ocorre principalmente por transporte de calor a partir do aquecimento da superfície pelos raios solares. Os autores (2002, p.111-112) explicaram que transporte de calor sensível ocorre por dois processos:

1. Condução molecular, que é o processo lento de troca de calor sensível, pois se dá por contato direto entre “moléculas” de ar; logo, esse processo tem extensão espacial muito limitada, ficando restrito a uma fina camada de ar próxima à superfície aquecida (camada limite superficial);
2. Difusão turbulenta, que é processo mais rápido de troca de energia, pois parcelas de ar aquecidas pela superfície entram em movimento convectivo desordenado transportando calor, vapor d’água, partículas de poeira, etc., para as camadas superiores.

2.1.3 Umidade

Para Ayoade (2012, p. 128) a umidade é o componente atmosférico mais importante na determinação do tempo e do clima por várias razões:

1. o vapor d'água é a origem de todas as formas de condensação e precipitação. A quantidade de vapor d'água num certo volume de ar é uma indicação da capacidade potencial da atmosfera para produzir precipitação.
2. o vapor d'água pode absorver tanto a radiação solar quanto a terrestre e, assim, desempenha o papel regulador térmico do sistema Terra-atmosfera. Em particular, ele exerce um grande efeito sobre a temperatura do ar.
3. o vapor d'água contém calor latente e essa energia é liberada quando o vapor se condensa. O calor latente contido no vapor d'água é importante fonte de energia para a circulação atmosférica e para o desenvolvimento de perturbações atmosféricas.
4. por conter o vapor d'água calor latente, sua quantidade e distribuição vertical na atmosfera indiretamente afeta a estabilidade do ar.
5. a quantidade de vapor d'água no ar é importante fator que influencia a taxa de evaporação e de evapotranspiração. É, assim, um importante fator que determina a temperatura sentida pela pele humana e, em decorrência, o conforto humano.
6. o vapor d'água, ao contrário dos outros gases atmosféricos, pode passar para a forma líquida ou sólida no nível das temperaturas atmosféricas normais. O vapor d'água constantemente muda de fase no sistema Terra-atmosfera.

Com relação à sensação de conforto humano supracitada no item 5, o autor (2012) esclareceu duas conceituações importantes, evaporação e evapotranspiração. A primeira é processo pelo qual a umidade, em sua forma líquida ou sólida, passa a forma gasosa – o vapor d'água, ou seja, é usada para descrever a perda de água das superfícies aquáticas ou do solo nu, enquanto a segunda é usada para descrever a perda de água das superfícies com vegetação, onde a transpiração é de fundamental importância, sendo esse processo combinado de evaporação e evapotranspiração.

Dentre as várias maneiras de se medir a umidade na atmosfera, este estudo baseou na umidade relativa do ar. Para Ayoade (2012) a umidade relativa é a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado. É geralmente expresso em porcentagem.

De acordo com Barry e Chorley (2013) a umidade relativa de uma parcela de ar mudará se sua temperatura ou razão de mistura mudarem. De um modo geral, a umidade relativa varia inversamente com a temperatura durante o dia, tendendo a ser mais baixa no começo da tarde e maior à noite.

2.1.4 Pressão atmosférica

Varejão (2001) denominou pressão atmosférica ao peso exercido por uma coluna de ar, com secção reta de área unitária, que se encontra acima do observador, em um dado instante e local. Fisicamente, representa o peso que a atmosfera exerce por unidade de área.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicaram que a pressão atmosférica resulta da força transmitida pelas moléculas de ar para a superfície. Em termos médios, a pressão atmosférica corresponde a 1kg/cm^2 ao nível do mar, entretanto, a unidade mais utilizada é o milibar (mb), sendo recentemente também empregado o hectopascal (hPa), sendo que um mb é igual a 100 Pascal. A pressão atmosférica tomada como padrão ao nível médio do mar é de 1.013 mb.

Para Torres e Machado (2011) a pressão, em qualquer ponto da superfície, se deve ao peso do ar sobre esse lugar. Para as áreas em que há menor pressão, utiliza-se a denominação baixa pressão (BP), para áreas nas quais há maior pressão atmosférica, utiliza-se a denominação de alta pressão (AP).

2.1.5 Vento

Varejão (2001) definiu o vento como o ar em movimento. O autor explicou que a caracterização do vento em qualquer ponto da atmosfera requer dois parâmetros: a direção e a velocidade (módulo). Ambas são grandezas instantâneas e pontuais, pois, o escoamento do ar depende das condições atmosféricas (que variam no espaço e com o tempo). Nas proximidades da interface superfície-atmosfera o vento é altamente influenciado pelas características geométricas e pelo estado de aquecimento da própria superfície subjacente. A direção do vento exprime a posição do horizonte aparente do observador a partir da qual o vento parece provir e nunca para onde o vento estaria indo, por mais óbvio que isso possa aparecer. O módulo da velocidade do vento é normalmente expresso em metros por segundo (m.s^{-1}), em quilômetros por hora (km.h^{-1}) ou em knots (kt) – pronuncia-se nó, que seria uma milha náutica (1852 m) por hora.

Para Pereira et al. (2002) os ventos são deslocamentos de ar no sentido horizontal originários de gradientes de pressão. A intensidade e a direção do ventos são determinados pela variação espacial e temporal do balanço de energia na superfície terrestre, que causa variações no campo da pressão atmosférica, gerando os ventos. O vento desloca de áreas de maior pressão (áreas mais frias) para aquelas de menor pressão (áreas mais quentes), e quanto maior a diferença entre as pressões dessas áreas, maior será a velocidade de descolamento.

2.1.6 Precipitação

Torres e Machado (2011) definiram precipitação como o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge a superfície terrestre na forma líquida (chuva ou chuveiro) ou sólida (granizo, saraiva ou neve). Os autores ressaltaram que esse processo é uma das etapas do ciclo hidrológico que, inicialmente, tem origem na evaporação das águas com posterior formação de nuvens (condensação) e, finalmente, com precipitação, quando o ciclo reinicia.

Ayoade (2012) explicou que o termo precipitação é usado para qualquer deposição em forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera, contudo, somente a chuva e a neve contribuem significativamente para com os totais de precipitação e, nos trópicos o termo precipitação pluvial é sinônimo de precipitação, pois a neve inexistente, exceto em algumas montanhas na África (Kilimanjaro) e América do Sul (Andes).

Barry e Chorley (2013) explicaram as chuvas convectivas, um tipo de chuva muito comum no Médio-Norte mato-grossense. Para os autores (2013) essas chuvas são originárias de nuvens formadas a partir de correntes convectivas (térmicas) que se resfriam adiabaticamente ao se elevarem, resultando em nuvens de grande desenvolvimento vertical (cumuliformes), sendo que se caracterizam pela forte intensidade, mas curta duração, podendo ocorrer descargas elétricas, trovoadas, ventos fortes e granizo, predominando no período da tarde e à noite, quando a força gravitacional supera a força de sustentação térmica. Essas chuvas, também são conhecidas como *chuvas de verão*.

2.2 Balanço de Radiação e de Energia

Segundo Pereira et al. (2002) o espectro de distribuição da radiação solar que chega a superfície terrestre é constituído predominantemente de *ondas curtas* (comprimentos menores que 3000 nm) e a distribuição espacial e estacional dessa radiação é a grande causa dos fenômenos meteorológicos.

Os autores (2002) ressaltaram que em uma superfície terrestre qualquer, seja uma cobertura vegetada, uma superfície líquida, uma construção, um animal, etc., a energia disponível para os processos biológicos e/ou físicos que neles ocorrem depende não somente desse balanço de ondas curtas visto que todos os corpos terrestres são também emissores de energia radiante, mas com um espectro (distribuição) de comprimento de *ondas longas* (comprimentos de ondas acima de 3000 nm). Assim, para cada instante haverá um balanço de radiação que é característico da superfície (solo coberto por vegetação ou por qualquer material, solo nu, superfície líquida, animal, etc.) Esse balanço de radiação R_n (chamado também de *saldo de radiação* ou *radiação líquida*) é composto do balanço de ondas curtas (BOC) e do balanço de ondas longas (BOL), podendo ser representado pela equação 1:

$$R_n = BOC + BOL \quad \text{eq. (1)}$$

Com relação ao balanço de energia, Ayoade (2012) definiu o mesmo com sendo um conceito usado na climatologia para relacionar o fluxo de radiação líquida à transferência de calor latente e de calor sensível, entre outros, descrito pela equação 2:

$$R = LE + H + G + \Delta f + P \quad \text{eq. (2)}$$

onde R é o balanço de radiação ou radiação líquida, LE é o calor latente da evaporação, H é o calor sensível, Δf é a advecção horizontal total de valor pelas correntes, G é o calor transferido para dentro ou para fora da armazenagem e P é a energia usada para a fotossíntese. Todavia, o autor argumentou que $G + \Delta f + P$ são desprezíveis nas superfícies continentais, sendo o balanço de energia descrito resumidamente pela equação 7:

$$R = LE + H \quad \text{eq. (3)}$$

2.3 Clima Urbano

Para Vitte e Guerra (2011) os seres vivos, os processos morfogenéticos, o regime dos rios e as atividades exercidas pelo homem estão vinculados às situações atmosféricas vigentes, entendidas, nessa ótica, como essenciais à configuração do clima. Os autores definiram clima utilizando a concepção climática de Sorre (1951), onde o clima é o “ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera acima de um lugar em sua sucessão habitual”, com ênfase a diversas combinações que caracterizam o tempo meteorológico, sendo este uma combinação momentânea de atributos da atmosfera, como temperatura, pressão, umidade, nebulosidade, radiação e outros.

Monteiro e Mendonça (2015) explicaram que a preocupação com o clima, especificamente o urbano, decorre desde o século XVII. Em Monteiro (1976, p.54) há uma breve explanação sobre o assunto:

O estudo pioneiro no clima urbano surge ainda em Londres, agora, já no início da era industrial, com a obra de Howard (1833), onde, em três volumes, ele se detém na análise dos contrastes meteorológicos entre a metrópole e vários lugares em torno dela. Daí para cá as preocupações e os estudos se multiplicaram, a princípio nas cidades industrializadas da Europa Ocidental, passando depois à América do Norte. Ao manifestar-se a crise ambiental nos fins da década de sessenta, os estudos pioneiros já eram de modo a permitir a extração das primeiras sínteses, apontando os primeiros fatos legalizados na caracterização dos climas urbanos.

Lombardo (1985) complementou ao explicar que os primeiros estudos realizados sobre o clima urbano foram pautados na cidade de Londres. Entretanto, os trabalhos de Landsberg e Chandler (1965) são considerados clássicos, com uma abordagem mais meteorológica do que

geográfica, numa análise separatista, faltando assim uma correlação dos fenômenos meteorológicos e urbanos.

Nesse contexto, a autora (1985) afirmou que as cidades contribuem para a alteração do balanço de energia, gerando bolsões sobre as áreas urbanas denominados ilhas de calor. Esse fenômeno reflete a interferência do homem na dinâmica dos sistemas ambientais. Constitui-se num referencial de que nos espaços urbanos ocorre o máximo de atuação humana sobre a organização da superfície terrestre. Quanto a urbanização a autora (1985, p. 23) destacou:

O processo de urbanização alcançou proporções significativas de expressão espacial a partir dos meados do século XIX. Com a expansão das cidades, modifica-se substancialmente a paisagem natural. A grande concentração de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica, associadas à concentração de poluentes, criam condições para alterar o comportamento da baixa troposfera (camada limite), em ambientes urbanos. No caso específico da ilha de calor, que constitui parte do estudo do clima urbano, [...] a distribuição das isotermas nas cidades mostra um tendência para o aumento da temperatura da periferia em direção ao centro.

O processo de urbanização provoca alterações nos balanços térmico e hídrico, trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas, dando origem ao clima urbano (MONTEIRO, 1990). Em síntese, a urbanização, considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano, considerando-se o aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alterações na cobertura vegetal, concentração de edifícios que interferem nos efeitos dos ventos, contaminação da atmosfera através da emissão dos gases do efeito estufa (LOMBARDO, 1985).

Nas regiões tropicais, as investigações são ainda mais recentes e objetivaram, inicialmente, estabelecer comparações entre as características observadas nas cidades das baixas e médias latitudes. A produção é ainda, relativamente escassa e se deve à insuficiência de recursos financeiros e, conseqüentemente, dos equipamentos para a pesquisa, além de deficiente rede de observações meteorológica necessária a este tipo de análise (JAUREGUI, 1984; OKE, 1984).

Monteiro e Mendonça (2015) afirmam que no Brasil elas datam, aproximadamente, da mesma época, como uma decorrência natural da crise ambiental que começou a afetar suas grandes cidades, a partir da década de 1960, sobretudo a cidade de São Paulo com seus graves problemas de poluição do ar e inundações.

Um dos estudos mais utilizados na análise de clima urbano no Brasil é à obra de livre-docência de Monteiro, intitulada *Teoria e Clima Urbano* (1976), que se tornou referência para

o estudo do ambiente atmosférico urbano. O seu estudo teve como base a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanffy de 1973 e foi organizada a partir dos canais de percepção humana. A partir dessa obra foi proposta uma versão genuinamente brasileira para compreensão do clima urbano, originando o Sistema Clima Urbano (SCU), que se caracteriza por ser um sistema aberto e dinâmico, composto de três subsistemas, que se articulam segundo canais de percepção climática.

O primeiro subsistema, o termodinâmico, enfatiza os estudos de ilha de calor e ilhas de frescor urbanas, conforto e desconforto térmico da população e inversão térmica. O segundo, o subsistema físico-químico, analisa a dinâmica do ar e suas interações com a cidade, destacando a poluição do ar, as chuvas ácidas e a relação entre as estruturas urbanas e os ventos. O terceiro subsistema, o hidrométrico, estuda as precipitações urbanas e seus impactos, tais como enchentes e inundações nas cidades.

Neste estudo a ênfase foi dada ao primeiro subsistema, onde o autor (1976) explicou que os componentes termodinâmicos do clima não só conduzem ao referencial básico para a noção do conforto térmico urbano como são, antes de tudo, a constituição do nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes.

Desse modo, Monteiro (2015, p. 19-25) propôs o SCU, através de dez enunciados básicos, que são:

1. O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.
2. O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere.
3. O SCU importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.
4. As entradas de energia no SCU são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisiva para a componente hídrica englobada nesse conjunto.
5. A avaliação dessa entrada de energia no SCU deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente em relação ao seu modo de transmissão.
6. A estrutura interna do SCU não pode ser definida pela simples suposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.
7. O conjunto-produto do SCU pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação, classificatória, que deve ser constituída através de canais de percepção humana.

8. A natureza urbana do SCU implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.

9. O SCU é admitido como passível de autorregulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que o conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.

10. Pela possibilidade de interferência autorreguladora, acrescentam-se ao SCU, como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativas pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético.

Segundo Monteiro (2015) essa teoria admitia amplamente a possibilidade de receber perguntas e emitir respostas. Portanto, esse sistema seria o resultado das interações entre as atividades urbanas e as características da atmosfera local, dentro de um contexto regional. Desse modo, torna-se relevante estabelecer uma escala climática para demarcar o território da análise.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicam que a escala climática diz respeito à dimensão, ou ordem de grandeza: espacial (extensão) e temporal (duração), segundo a qual os fenômenos climáticos são estudados. Na Tabela 2 são mostrados as principais escalas proposta pelos autores (2007, p. 23):

Tabela 2: Organização das escalas espacial e temporal do clima

Ordem de Grandeza	Subdivisões	Escala Horizontal	Escala Vertical	Temporalidade das variações mais representativas	Exemplificação espacial
Macroclima	Clima zonal	>2000km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, os mares, etc.
Mesoclima	Clima regional Clima local Topoclima	2000 km a 10km	12km a 100m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidades, etc.
Microclima		10km a alguns m	Abaixo de 100m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa, etc.

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007)

Nesse contexto, para Barry e Chorley (2013) os fenômenos meteorológicos abrangem uma ampla variedade de escalas espaciais e temporais, sendo que os climas de pequenas escala, como neste estudo, ocorrem dentro da camada limite planetária e tem escalas verticais de 10^4 m, e escalas temporais de aproximadamente 10^5 m segundos (isto é, um pouco mais de um dia). Os autores (2013, p. 392) procuraram descrever essa camada:

A camada limite geralmente tem 1km de espessura, mas varia entre 20m e vários quilômetros em diferentes momentos no mesmo local. Dentro dessa camada, os processos de difusão mecânica e convectiva transportam massa, momento e energia, além de trocarem aerossóis e substâncias químicas entre

a atmosfera inferior e a superfície da Terra. A camada limite é especialmente propensa ao resfriamento noturno e ao aquecimento diurno e, dentro dela, a velocidade do vento diminui por atrito, desde a velocidade do ar livre no alto a valores mais baixos perto da superfície chegando finalmente à altura do *comprimento de rugosidade*, com velocidade zero.

Oke (2004) corroborou nessa discussão ressaltando ser indispensáveis para a compreensão do clima urbano e suas relações com o meio a observação a observação dos registros meteorológicos tanto na escala horizontal quanto vertical. Na escala horizontal o autor (2004, p .3-4) definiu três escalas básicas:

Microescala – a superfície e suas imediações tem seu próprio microclima. As temperaturas de superfície e do ar podem variar em vários graus, em distâncias muito curtas, mesmo em milímetros, o fluxo de ar pode sofrer influência com pequenos objetos. Essas escalas típicas de microclimas urbanos se relacionam com as dimensões dos edifícios, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins, etc. Essas escalas estendem-se desde menos de um metro a centenas de metros [...].

Escala local – esta é a escala que as estações climatológicas utilizam para monitorar as condições atmosféricas. Elas incluem características da paisagem, tais como topografia, mas exclui os efeitos em microescala. Nas áreas urbanas, por exemplo, abrangeria o clima de bairros com tipos semelhantes de desenvolvimento urbano (cobertura de superfície, tamanho e espaçamento dos edifícios, de atividades). Nesse caso, seria uma integração entre as características dos efeitos do microclima resultantes da área fonte da vizinhança do local. A variação o dessa escala pode ser de um a vários quilômetros.

Mesoescala – caracteriza-se por ser um clima com escalas maiores, como por exemplo, a influência das cidades. Estende-se geralmente por dezenas de quilômetros, sendo que nessa escala uma única estação não é capaz de representá-la espacialmente.

Para o autor (1987), a escala vertical decorreu das modificações promovidas pela urbanização no clima regional, definindo duas camadas distintas que se iniciam nos limites entre a zona rural e a urbana, quando há modificações decorrentes do uso e ocupação do solo. Nesse caso, temos a camada limite urbana (*urban boundary layer – UBL*) caracterizada por um fenômeno de escala local a meso, cujas características são governadas pela natureza da superfície urbana e; a camada urbana no nível das coberturas (*urban canopy layer – UCL*), que localiza-se abaixo do nível das coberturas das edificações originada pelos processos em microescala, que operam nos cânions urbanos entre os edifícios. Nessa categorização, o presente estudo foi classificado dentro da microescala.

2.4 Ilhas de Calor Urbanas (ICU)

Lombardo (1985) explicou que a ilha de calor configura-se como um fenômeno que associa os condicionantes derivadas das ações antrópicas sobre o meio ambiente, em termos de uso e os condicionantes do meio físico e seus atributos geocológicos.

A autora (1985, p. 24-25) definiu e caracterizou esse fenômeno assim:

A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local. O efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados. [...] a produção de energia antropogênica aumenta a temperatura, uma vez que o calor emitido pela ação humana nas grandes cidades ultrapassa o balanço médio de radiação. É no centro das áreas urbanas, em lugares pobres em vegetação, que as temperaturas alcançam valores máximos. Por outro lado, os valores mínimos são registrados em áreas verdes e reservatórios d'água.

De acordo com Nogueira e Lima (2013) a ilha de calor urbana encontra-se entre os problemas ambientais associados às atividades humanas mais pesquisadas nas últimas décadas e registra estudos do tema desde a década de 1930.

Frota e Schiffer (2003) discutiram que as modificações climáticas podem ser tais que as áreas urbanas, notadamente as maiores, resultem em verdadeiras Ilhas de Calor. Tais ilhas de calor, basicamente, são geradas a partir das modificações impostas à drenagem do solo, notadamente pelo seu revestimento por superfícies de concreto e asfalto.

Para Ayoade (2012, p. 302-303) o fenômeno ilha de calor é causado pelos seguintes fatores:

1. a capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas que acarretam absorção da radiação durante o dia e sua liberação na atmosfera, à noite;
2. o acréscimo de calor por combustão, aquecimento do espaço e metabolismo do corpo humano;
3. a secura das superfícies urbanas implica que não será usada muita energia para evaporação. A maior parte da energia será usada para escoamento superficial por sistemas de esgotos urbanos, por falta de extensa cobertura vegetal e ausência de lagoas ou reservatórios de água, nos quais possa ocorrer a evaporação/transpiração;
4. a diminuição no fluxo dos ventos por causa do efeito de fricção das estruturas urbanas reduz a troca de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante, afetando os processos evaporativos que podem contribuir para os resfriamentos;
5. o efeito de estufa da camada da poluição sobre as cidades também ajuda no desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor urbana. Há redução na radiação terrestre infravermelha para o espaço à noite, de modo que a energia fica conservada dentro da atmosfera urbana, abaixo da camada da poluição.

Gartland (2010, p. 9-11) apontou as principais características das ilhas de calor urbanas:

1. Em comparação com áreas rurais não urbanizadas, a ilha de calor é mais quente em geral, com padrões de comportamentos distintos. Ilhas de calor são geralmente mais quentes após o pôr do sol, quando comparadas às áreas rurais e mais frescas após o amanhecer. O ar no “dossel urbano”, abaixo das copas das árvores e edifícios, pode ser até 6°C mais quente do que o ar em áreas rurais.

2. As temperaturas do ar são elevadas em consequência do aquecimento das superfícies urbanas, uma vez que superfícies artificiais absorvem mais calor do sol do que a vegetação natural.
3. Essas diferenças nas temperaturas do ar e na superfície são realçadas quando o dia está calmo e claro.
4. Áreas com menos vegetação e mais desenvolvidas tendem a ser mais quentes, e ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades.
5. Ilhas de calor também apresentam ar mais quente na “camada limite”, uma camada de ar de até 2.000m de altura. Elas geralmente criam colunas de ar mais quentes sobre cidades, e inversões de temperatura (ar mais quente sobre o ar mais frio) causadas por elas não são incomuns.

Barry e Chorley (2013) explicaram que a ICU é mais acentuada depois do poente durante tempos meteorológicos calmos e claros, quando as taxas de resfriamento nas áreas rurais excedem em muito as das áreas urbanas. As diferenças no balanço de energia que causam esse efeito dependem da geometria radiativa e das propriedades térmicas da superfície.

Para Gartland (2010) as investigações sobre esse fenômeno iniciaram no continente europeu a partir do século XIX, tendo como foco as cidades de Londres e Paris. No início do século XX se identificou o fenômeno em Viena e na primeira metade daquele século os estudos começaram nos Estados Unidos da América. Ayoade (2012) complementou essa constatação, evidenciando que os estudos desse fenômeno ocorreram principalmente em cidades de regiões temperadas, sendo maior durante o verão e início do inverno nas noites claras, quando a velocidade do vento é menor que 6 m/s.

No Brasil o estudo pioneiro sobre ilhas de calor foi realizado por Lombardo (1985) que investigou o fenômeno na cidade de São Paulo e identificou uma magnitude de 10°C e em Mato Grosso os primeiros estudos referentes à ICU foram efetuados por Maitelli et al. (1991) e Maitelli (1994).

As ilhas de calor urbanas possuem intensidades diferenciadas e são expressas em magnitudes. Gomez et al. (1993) e García (1996) classificaram para a cidade de Madri na Espanha cinco categorias: ilhas de calor de fraca magnitude, quando as diferenças oscilam entre 0°C e 2°C; ilhas de calor moderada ou média magnitude, quando as diferenças se situam entre 2°C e 4°C; ilha de calor de forte magnitude, quando as diferenças oscilam entre 4°C e 6°C e ilha de calor de muito forte magnitude, quando as diferenças ultrapassam 6°C.

2.5 Ilha de Frescor Urbana (IFU)

Para Alves (2010) as ilhas de frescor são anomalias térmicas que se caracterizam por apresentarem temperaturas menores que seu entorno, sendo este fenômeno relacionado a ação de áreas verdes, aos cursos d'águas e aos parques urbanos.

Gartland (2010, p. 64-65) explicou resumidamente de duas maneiras como as árvores e a vegetação refrescam suas circunvizinhanças:

- (1) A evapotranspiração converte energia solar em água evaporada ao invés de calor, mantendo as temperaturas da vegetação e do ar mais baixas, e (2) árvores e vegetação promovem sombras para as superfícies e protegem-nas do calor do Sol, mantendo essas superfícies mais frescas e reduzem o calor armazenado.

Com relação a IFU, a autora (2010) completou comentando que as formações vegetais provocam o arrefecimento das temperaturas, contribuindo desse modo para a redução do consumo de energia, proporcionando melhoria no conforto, retirando dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera, o que reduz a poluição do ar e ajudam na redução das ocorrências de enchentes urbanas. Assim, a autora, inclusive, apontou como uma das soluções para mitigar esse fenômeno seria a implantação de um paisagismo eficiente que incluiria a utilização de árvores para sombreamento e plantas menores como arbustos, trepadeiras, gramas e outras coberturas vegetais.

2.6 Caracterização climática do Brasil e Sorriso

Para identificar os principais tipos climáticos do Brasil e conseqüentemente o tipo climático da área de estudo tornou-se indispensável a fundamentação teórica em como as massas de ar atuam pelo território e as principais classificações climáticas no Brasil.

Segundo Torres e Machado (2011, p. 122-125) no Brasil podemos caracterizar à atuação de cinco grandes massas de ar, sendo duas equatoriais (continental e atlântica), duas tropicais (continental e atlântica) e uma polar (atlântica). Em Mato Grosso, especialmente na região Médio-Norte, atuam basicamente três delas:

1. mEc: a massa de ar equatorial continental é causada, basicamente, pela baixa pressão da região amazônica, ou seja, forma-se sobre o continente aquecido, onde dominam as calmarias e os ventos fracos, sobretudo no verão. Nessa época, o continente é um centro quente para o qual convergem os ventos oceânicos (inclusive os alísios) tornando elevada a umidade relativa do ar e resultando como características a formação de grandes Cúmulos nimbo e precipitações abundantes.
2. mTc: a massa de ar tropical continental adquire maior importância durante o verão, ou melhor, entre o fim da primavera e o início do outono. Sua região de origem é a estreita zona baixa, quente e árida a leste dos Andes e ao sul do trópico. Está associada à formação de uma depressão na região do Chaco, em consequência do intenso aquecimento da superfície do continente na estação quente do ano. O forte aquecimento dá origem a uma massa quente, muito seca e instável. Em razão do baixo teor de umidade do ar, não ocorre à formação de nuvens e precipitação. Como consequência, os dias são muito ensolarados, com intenso aquecimento diurno e intenso resfriamento noturno, condicionados pela baixa umidade do ar (maior amplitude térmica diária). Assim, se origina próximo à área anticiclônica dispersora de ventos, dos 30° de latitude sul e caracteriza-se como uma massa de ar seca, uma vez que se forma

em uma área tipicamente dispersora de ventos, onde o ar promove um movimento de subsidência (a exemplo dos contra-alísios).

3. mPa: a massa de ar polar atlântica está associada aos anticiclones que se formam na região subantártica (mar de Weddel), que no inverno está ocupada por gelo flutuando e banquisas (ou *ice field*, campo de gelo). Inicialmente essa massa de ar possui ar frio, seco e estável. Na medida em que se desloca sobre o oceano Atlântico ganha “calor” e umidade. Essa massa de ar propicia tempo frio e causa o fenômeno da geada, principalmente nos estados da região sul do país. Os anticiclones polares ocorrem durante todo o ano, mas são mais frequentes e fortes durante o inverno.

Segundo Piaia (1999) para compreensão das características do clima de um determinado lugar é necessário conhecer a história dos tipos de tempo que vem acontecendo nesse mesmo lugar (chuva, calor, vento, etc.) por vários anos consecutivos. Desse modo, baseado nas observações da sucessão dos diversos tipos de tempo no território brasileiro, o clima foi classificado de duas formas: a classificação de *Köppen* (adaptado por Lysia M.C. Bernardes) que define o clima a partir de observações das variações diárias e anuais de temperatura, de umidade e pressão atmosférica, resultando em cinco tipos climáticos principais: Equatorial, Tropical de Altitude, Semi-Árido e Subtropical; e a classificação de *Strahler* que define o clima a partir da observação da dinâmica das massas de ar e sua influência no território brasileiro, resultando também em cinco tipos climáticos: Clima Equatorial Úmido, Litorâneo Úmido, Clima Tropical Alternadamente Úmido e Seco, Tropical Semi-Árido e Clima Subtropical Úmido. Usando essa classificação, podemos dizer que no Estado de Mato Grosso predominam dois grandes tipos climáticos, sendo que a área de estudo está inserida no primeiro grupo:

1 – Clima Equatorial Úmido – abrange a porção Centro-Norte do estado e é dominado pela atuação da massa de ar Equatorial Continental (mEc) durante todo o ano. É caracterizado pela pequena amplitude térmica, pelas temperaturas elevadas sobretudo na primavera e verão, ficando a média anual em torno de 24°C a 27°C, e pela abundância de chuvas onde as precipitações pluviométricas atingem médias anuais acima de 2000mm/ano. As precipitações resultam de chuvas de convecção, causadas pela ascensão vertical de ar úmido que provoca a condensação do vapor de água da atmosfera ao encontrar temperaturas baixas em altitudes mais elevadas. Na classificação de *Köppen*, essa área corresponde ao clima quente e úmido (Am).

2 – Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido – atinge a maior parte (centro-sul e leste) do Estado, predominando altas temperaturas com médias situando-se entre 20°C a 28°C, com exceção das áreas mais elevadas (sudeste do estado) onde a média é de 22°C. Esse clima caracteriza-se principalmente por apresentar invernos secos e verões chuvosos com pluviosidade média anual situada em torno de 1.500 mm/ano. No verão, esse clima é dominado

pela massa de ar equatorial continental (mEc), quente e úmida, o que torna esse período conhecido como “*estação das chuvas*”. No inverno, que é a “*estação seca*”, a massa tropical continental (mTc), originada na região do chaco argentino e boliviano, forma uma área de baixa pressão (ciclonal), dando origem aos ventos quentes e secos que ficam estacionados sobre a região. Nesse período, Mato Grosso também recebe ventos do sul que permitem a penetração da massa de ar polar atlântica (mPa), provocando o fenômeno da friagem (queda de temperatura).

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007) o clima município está inserido no clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central, com 4 a 5 meses secos e nomenclatura 4a, cuja as principais características são:

Sua principal característica é uma redução dos totais pluviométricos durante a estação de inverno prolongada, e entre maio e setembro forma-se um período de considerável estiagem. O trimestre junho, julho e agosto caracterizam-se pelos mais baixos índices pluviométricos médios – em torno de 10mm [...]. As chuvas são, geralmente, concentradas no verão prolongado (outubro a abril), no qual se destaca o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro como o mais úmido, podendo atingir 300mm [...]. As médias térmicas mensais evidenciam a formação de dois períodos bem distintos: primavera e verão quentes, particularmente os meses de setembro e outubro, e o inverno com uma pequena queda térmica.

No estudo organizado por Ross (2001) o município de Sorriso e boa parte do Centro-Oeste do País constituem o domínio do clima tropical, o qual, por sua vez apresenta variedades conforme a atuação dos diversos sistemas atmosféricos e dos fatores geográficos.

Para Maitelli e Zamparoni (2007) o clima predominante da região é o clima equatorial continental, que abrange a faixa latitudinal entre 7° 30' a 13° 30' S, aproximadamente, e a longitudinal entre 51° a 61°W. Nessa área ocorre predomínio de climas quentes super-úmidos, com temperatura média anual superior a 24°C e total anual de chuva superior a 1800 mm e curto período de estação seca, de 3 a 4 meses, com totais mensais de chuva inferiores a 100 mm, sendo os meses mais secos são julho, agosto e setembro.

2.7 Transectos Móveis

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 17-18) o Brasil é um dos poucos países tropicais a possuir um considerável acervo de documentos sobre a caracterização de sua configuração atmosférica e climática. Os autores explicam o início desse processo:

Data do século XIX a instalação das primeiras estações meteorológicas no Brasil, mas a criação de um sistema de estações meteorológicas espacialmente bem distribuídas por todo o País, condição *sine qua non* para o estudo detalhado de seu clima, somente aconteceu em meados do século XX, com a criação do Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET), atual Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A obtenção de dados meteorológicos requer investimentos em uma rede de estações meteorológicas espalhadas por diversos pontos para conseguir registrar a maior quantidade possível de dados e se possível em menor tempo. Todavia, essa realidade não é comum em países em desenvolvimento, como vimos anteriormente, o que faz com que muitos pesquisadores optem por fontes alternativas de coleta de dados.

Estudo de Valin Jr et al. (2016) ao fazerem uma análise do comportamento termo-higrométrico em pontos fixos com o auxílio de cinco abrigos meteorológicos corrobora nesse contexto, pois os autores (2016) ressaltaram a importância da padronização dos instrumentos de coleta de dados sendo fundamental para a qualidade dos estudos microclimáticos. Todavia, os autores (2016) afirmaram que devido a limitações financeiras e necessidades específicas, muitos sensores, abrigos e sistemas alternativos aos padrões são desenvolvidos, baseados na experiência e criatividade dos pesquisadores. Este estudo na área central de Sorriso teve por base essas premissas.

Desse modo, uma das alternativas é o uso do transecto móvel. Gartland (2010) explicou que esse método consiste na obtenção de dados meteorológicos ao percorrer um trajeto pré-definido dentro de um determinado local, seja este uma cidade, ruas de um bairro, parques ou áreas verdes, regiões metropolitanas, enfim, o espaço a ser estudado. Esse percurso pode ser feito de diversas maneiras: a pé, de bicicleta, de motocicleta, com veículos automotores e transporte público (metrô e/ou trens urbanos). Para isso utiliza-se de uma instrumentação própria que contenha medidores das variáveis meteorológicas a serem estudadas adaptadas em abrigo artesanal ou comercializadas.

Para verificar a existência de ilhas de calor urbanas, a maioria dos estudos recomenda o monitoramento através de transecto para o período noturno, sob condições meteorológicas claras a fim de medir a intensidade máxima de ilha de calor. Existem algumas desvantagens do uso do método, sendo uma das principais a impossibilidade de obter medições simultâneas de diferentes locais. Recomenda-se não exceder em uma hora a coleta, evitar no percurso se aproximar de fontes de calor e esperar que o equipamento tenha tempo o suficiente para entrar em equilíbrio com as condições atmosféricas locais (GARTLAND, 2010).

De acordo com Maitelli (1994) o método do transecto móvel permite avaliar melhor o comportamento térmico e higrométrico em um espaço maior dentro do contexto urbano. Vários estudos no estado de Mato Grosso abordaram essa metodologia (MAITELLI et al., 1991; MAITELLI, 1994; ALVES e BIUDES, 2011; VASCONCELOS e ZAMPARONI, 2011; GHENO et al., 2012; SANTOS e NOGUEIRA, 2012; SANTOS, 2012; FRANCO et al., 2013b; SANTOS et al., 2013; FRANÇA e GOMES, 2014; ANNUNCIACÇÃO, 2016).

No Brasil, essa metodologia vem sendo utilizada na investigação de anomalias microclimáticas no espaço urbano (ROCHA e FIALHO, 2010; VIANA e AMORIM, 2010; CORREA e VALE, 2016 e FIALHO et al., 2016). No exterior, esse método tem sido utilizado para auxiliar na investigação do clima urbano com diferentes abordagens (SUN, 2011; RAJAGOPALAN, et al., 2014; JAMEI et al., 2015).

2.8 El Niño

Para Barry e Chorley (2013) os eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENSO) são uma variação irregular, uma “gangorra” atmosférica ou onda estacionária de massa e pressão atmosférica, envolvendo trocas de ar entre a célula subtropical de alta pressão sobre o Pacífico Sul oriental e uma região de baixa pressão centrada no Pacífico ocidental. Os autores (2013, p. 371) afirmaram que:

Ele apresenta um período irregular, entre dois e dez anos. Alguns especialistas acreditam que o seu mecanismo está centrado no controle sobre a intensidade dos ventos Alísios do Pacífico exercido pela atividade das células subtropicais de alta pressão, particularmente sobre o Pacífico Sul. Outros, reconhecendo o oceano como uma enorme fonte de energia térmica, acreditam que as variações de temperatura perto da superfície no Pacífico tropical podem atuar de maneira semelhante a um pêndulo, movimentando todo o sistema do ENSO.

Pereira et al. (2002, p. 62) enfatizaram que por razões ainda desconhecidas, de tempos em tempos ocorre um aquecimento anômalo das águas na costa da América do Sul.

A hipótese mais recente sugere que esse aquecimento seja devido a vulcões submarinos localizados na dorsal do Pacífico, que liberam grandes quantidades de calor. Esse aquecimento é suficiente para baixar a pressão atmosférica na região, enfraquecendo a circulação leste-oeste, e sem essa sustentação as águas que se acumulavam na costa da Austrália sofrem um refluxo em direção à América do Sul. Essas águas mais quentes, menos viscosas, aceleram o processo de enfraquecimento circulatório, chegando mesmo a reverter o sentido da célula de Walker. Em função do enorme volume da água envolvido, o fenômeno tem duração de muitos meses. Daí, a queda da produção pesqueira. Estando o oceano mais aquecido na costa da América do Sul, o processo convectivo torna-se mais intenso ali, favorecendo a ocorrência de chuvas, até torrenciais.

O ano de 2015 o El Niño afetou várias regiões da América do Sul, incluindo o Brasil e a área de estudo. Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007) quando ocorre à atuação desse fenômeno na região as precipitações não apresentam efeitos evidentes; contudo, existe uma tendência de que essas chuvas superem a média histórica com temperatura mais altas no sul do estado de Mato Grosso. Todavia, o que se observou na estação quente-seca foi o atraso no início das chuvas (a partir da metade de setembro) e a sua diminuição ou escassez no período quente-úmido de 2016 (entre janeiro e fevereiro).

2.9 Conforto Térmico

Segundo Frota e Schiffer (2003) o homem é um animal homeotérmico, pois seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos – entre 36,1° e 37,2°C –, sendo que 32°C o limite inferior e 42° o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. O organismo dos homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica – sua energia é conseguida através de fenômenos térmicos. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo o mais importante a combinação do carbono, introduzido no organismo sob a forma de alimentos, com o oxigênio, extraído do ar pela respiração. Esse processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos é denominado de metabolismo.

Para as autoras (2003) os índices de conforto térmico procuram englobar, num parâmetro, o efeito conjunto de algumas variáveis, entre elas, a atividade desenvolvida pelo indivíduo, sua vestimenta e as variáveis do ambiente que proporcionam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Diante disso, os índices de conforto térmico foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados como a seguir:

Índices biofísicos – que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;

Índices fisiológicos – que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;

Índices subjetivos – que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA e SCHIFFER, 2003, p. 26).

Em condições normais, a temperatura do ar e a umidade relativa são considerados os elementos climáticos que mais influenciam o conforto térmico, podendo ser mensurados de forma instantânea, médias, mínimas ou máximas.

Todavia, diversos índices térmicos levam em consideração outras variáveis, sendo as principais a velocidade do vento, a radiação solar, fluxos de radiação de ondas longas e curtas, insolação, temperatura média radiante, temperatura do globo, a temperatura de orvalho, temperatura do bulbo úmido, temperatura superficial da pele, temperatura de superfície do solo, fator visão do céu, a pressão atmosférica, a pressão parcial ou total do vapor d'água, capacidade evaporativa, o calor específico, calor sensível, calor latente, taxa metabólica, as vestimentas, o tempo de exposição, o esforço físico, enfim, cada índice procura dar uma visão naquilo que tem como objetivo.

O estudo de Frota e Schiffer (2003) para fins de aplicação às condições ambientais correntes nos edifícios como habitações, escolas, etc., e para as condições climáticas brasileiras, as autoras discutiram três índices, contudo afirmaram que existem cerca de três dezenas de índices térmicos. Os índices citados foram Carta bioclimática de Olgay, a Temperatura Efetiva, de Yanglou e Houghthen ou Temperatura Efetiva Corrigida de Vernon e Warner e o Índice de Conforto Equatorial ou Índice de Cingapura, de Webb.

Souza e Nery (2012) ao estudarem o conforto térmico na perspectiva da climatologia geográfica discutiram a aplicabilidade de três importantes índices para a realidade brasileira, sendo eles, o Índice de Desconforto (ID), com propostas diferenciadas adotadas em Thom, em Missenard e em Nieuwolt; o Índice de Temperatura Efetiva (TEv) adotado pelo laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (MASTER IAG-USP) e o Diagrama de Conforto Humano desenvolvido pela OMM.

Estudo feito por Petalas (2015) identificou 29 índices térmicos adotados nos mais diversos estudos científicos pelo mundo para caracterizar o conforto térmico aos indivíduos em geral e em diferentes situações cotidianas e ambientais.

Neste estudo foram abordados dois índices subjetivos, o Índice de Calor (IC) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que foram aplicados com os dados obtidos em campo durante episódios da estação quente-seca (2015) e quente-úmida (2016).

Para Silva Júnior et al. (2012) o IC deriva do Índice Humidex desenvolvido por Winterling no ano de 1978 e adaptado nos trabalhos de Steadman (1979). Esse índice foi utilizado pelos autores (2012) na cidade de Belém/PA, sendo que o mesmo apresentou boa correlação de percepção térmica com os indivíduos entrevistados. Os autores (2012) explicaram que esse índice foi elaborado a partir de medidas subjetivas de quanto calor se sente para determinados valores de temperatura e umidade relativa do ar, nas situações em que as temperaturas são elevadas, estando as pessoas à sombra em condições de vento fraco, sendo testado no Brasil por inúmeros pesquisadores, entre eles Silva Júnior et al. (2010), Silva Júnior et al. (2013) e Silva e Streck (2014).

Para Silva e Streck (2014) o IC, também chamado de temperatura aparente, é uma medida que se relaciona ao desconforto para os seres humanos por níveis elevados de temperatura e umidade atmosférica (STEADMAN, 1979). A premissa básica no IC é que, com a evaporação do suor, o corpo resfria-se, devido ao consumo de calor latente na superfície da pele e que, altos valores de umidade relativa do ar diminuem a taxa de evaporação, fazendo o corpo reter mais calor e assim causando desconforto (STEADMAN, 1984).

As autoras (2014) explicaram que o IC é um índice biometeorológico válido e deve preferencialmente ser usado nas seguintes condições (STEADMAN, 1979), onde “a temperatura do bulbo seco deve ser acima de 20°C e abaixo de 50°C e velocidade do vento fraco (menor ou igual a 2,5 m.s⁻¹) em condições de sombra. Outra vantagem do IC, segundo as autoras, é por ser o índice facilmente calculado a partir de dados meteorológicos de estações convencionais ou automáticas, pois a temperatura e a umidade relativa do ar são variáveis medidas no interior do abrigo meteorológico. As autoras (2014) destacaram que o IC possui um valor limite inferior de temperatura ambiente no qual o índice passa a ser utilizado como índice de desconforto, que no caso são 20°C, sendo que todas as temperaturas registradas pelo experimento superaram esse valor.

Petalas (2015) explicou que o IC é comumente referenciado como Índice de Temperatura Aparente, pois sua equação é derivada de análises de regressão múltipla, em termos de temperatura e umidade relativa do ar, a partir da primeira versão do índice de Temperatura Aparente de Steadman (1979). A autora (2015) o índice descreve como o ser humano sente as várias combinações de elevada temperatura e umidade do ar, tendo em vista que quanto maior a umidade mais difícil é a perda de calor por evaporação e complementa explicando que o índice é válido para temperaturas do ar superiores a 20°C, sendo caracterizado em função das prováveis desordens causadas pelo calor, seguindo a mesma escala de apreciação do Índice de Temperatura Aparente.

Essa autora (2015) constatou ainda que este índice é utilizado na previsão do tempo e alertas de risco de ondas de calor pelo serviço de tempo americano (*US National Weather Service – NWS*). Sempre que a previsão indica que seu valor máximo é igual ou excede 105°F (40,6°C) durante o dia e o mínimo é igual ou superior a 80°F (26,7°C) durante a noite, por dois ou mais dias consecutivos, o *NWS* emite sinais de alerta à população.

Com relação ao desconforto térmico, Barry e Chorley (2013) discutiram que o IC foi avaliado a partir de medições de temperatura e umidade relativa. Nesse caso, o National Weather Service os Estados Unidos usa esse índice baseado em uma medida aparente desenvolvida por R.G. Steadman para indivíduos com roupas normais.

Segundo Ruiz e Correa (2014) o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), também conhecido como o Índice de Desconforto (ID) é uma versão popular do Índice de Temperatura Efetiva (ET). O ITU foi inicialmente desenvolvido por Thom (1959) e combinava a temperatura do termômetro de bulbo úmido com a temperatura do ar ou termômetro de bulbo seco que em escala previa a sensação térmica de um ser humano. Mais tarde, Nieuwolt (1998) modificou este índice para usar temperatura do ar e umidade relativa do ar, uma vez que esses dados são

mais disponíveis. Assim a temperatura do ar requer uma medição em graus Celsius e umidade relativa em percentual. De acordo com a Mather (1974), o ITU fornece um meio simples de descrever o grau de conforto térmico em várias combinações de temperatura e umidade. Segundo Deosthali (1999) era utilizado para fornecer uma abordagem geral às mudanças no estresse térmico urbano ao longo do tempo e desenvolver orientações úteis para a concepção de cidades.

Barbirato et al. (2007) explicaram que esse índice é comumente utilizado nos trópicos úmidos pela sua praticidade e, além disso, é um dos índices utilizados para ambientes abertos que permitem quantificar o “stress” no ambiente urbano.

2.10 Estudos sobre o conforto térmico no Brasil e em Mato Grosso

Nos últimos anos diversos estudos relacionados as questões urbanas no que diz respeito ao clima urbano tem focado na ênfase do conforto térmico, analisando as causas do desconforto, as principais consequências aos indivíduos e as ações mitigadoras para esse fenômeno através de índices de conforto. Muitos desses estudos basearam-se na metodologia do transecto móvel em sua integridade ou parcialmente, mostrando que o método tem embasado um número cada vez mais relevante de pesquisadores do campo térmico.

Rossi (2012) analisou a sensação térmica da população de Curitiba como proposta de um modelo de predição de sensação térmica adequado às condições climáticas locais. Os locais de estudo foram as ruas de pedestres da Rua XV de Novembro e cercanias. Para isso foram realizados 15 levantamentos de campo, sendo 14 dia no período de janeiro e agosto de 2009 e um dia de junho de 2010, totalizando 15 situações urbanas distintas. Os resultados analisados mostraram que as três categorias de sensação térmica se misturam entre si, não havendo clara distinção entre o grupo de conforto e os de desconforto para o frio e para o calor, o que dificulta a definição de faixas climáticas de conforto térmico para Curitiba. Dos dois métodos estatísticos utilizados para a definição do modelo de predição, a função discriminante linear (FDL) apresentou melhor desempenho que a o modelo de regressão logístico (MRL).

Santos (2012) analisou a influência da ocupação do solo no microclima em Cuiabá/MT, por meio das diferenças de temperatura e umidade do ar intraurbana da cidade. Os resultados mostraram que o adensamento urbano e a supressão da vegetação foram os fatores determinantes na modificação do comportamento termo-higrométrico, sendo evidente a influência do fluxo de veículos automotores nos ganhos de calor no meio, enquanto que áreas sob influência de grandes massas de vegetação, apresentaram características próprias, com

microclimas diferentes das outras áreas da cidade, já que há uma contribuição na perda de energia para o meio e consequente queda de temperatura e aumento da umidade relativa do ar.

Estudo feito por Santos et al. (2012) sobre o campo térmico de João Pessoa/PB, onde os autores (2012) evidenciaram que a intensidade da ICU foi maior durante o período seco do que no período chuvoso e concluíram que a composição dos materiais constituintes do recobrimento do solo do elemento urbano exerceu influência sobre as trocas de energia e calor, alterando diretamente os valores das variáveis atmosféricas que controlam o nível de estresse térmico.

Franco (2013) estudou três bairros da cidade de Cuiabá/MT, Boa Esperança, Santa Cruz e Jardim Universitário através de coletas de dados micrometeorológicos de estações automáticas (24h) e transecto móvel (8, 14, 20h) em dois períodos diferentes, quente-seco e quente-úmido. O estudo concluiu que não somente a ocupação urbana que é responsável pelo comportamento microclimático, mas vários fatores que em maior ou menor grau corroboram para o desempenho climático de cada local.

Nince (2013) avaliou as sensações térmicas dos usuários da Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Cuiabá, em diferentes tipos de revestimentos do solo e próximo à vegetação arbórea. Para isso foram realizadas medidas de micrometeorologia e entrevistas com pedestres em quatro pontos do campus durante 43 dias contínuos de duas estações: quente úmida (com 182 entrevistas) e outra quente seca (com 210 entrevistas) em 2012. Os resultados mostraram durante o dia, à sombra da mangueira (*Mangifera indica*) menores valores das temperaturas do bulbo úmido médias se comparadas com outros pontos. O estudo concluiu que o percentual confortável e tolerável para o local da pesquisa foi muito grande, indicando uma forte adaptação dos usuários ao clima de Cuiabá.

Minaki (2014) avaliou a qualidade ambiental a partir do clima urbano de Araçatuba, cidade paulista de porte populacional médio, com embasamento teórico nos princípios da Ecologia e Planejamento da Paisagem. Para isso foram realizados trabalhos de campo para o levantamento dos indicadores do clima urbano, sendo que a metodologia do transecto móvel possibilitou o registro de dados noturnos de temperatura e umidade relativa do ar da camada intraurbana até o limite rural. Os transectos foram realizados em percurso previamente selecionados (sentido oeste-leste e sul-norte), em episódios da primavera-verão de 2011/2012, e o inverno de 2012/2013. Pelas medições móveis noturnas, verificou-se uma ilha de calor com intensidade máxima de 6,4°C na cidade.

Petalas (2015) procurou verificar o clima urbano de Fortaleza através da aplicação de alguns índices térmicos para definir novos limites de conforto que possam ser aplicados em

análises bioclimáticas de espaços públicos da cidade. Para isso foram aplicados questionários e realizados medições em campo em dias representativos das quatro estações do ano de 2011 e 2012, das 09h às 16h. A amostragem foi feita por conveniência e considerou a população adulta, saudável e aclimatada às condições climáticas locais. Os índices térmicos foram calculados individualmente e as informações tratadas estatisticamente. Os resultados mostraram limites de conforto mais elevados e uma redução na amplitude das faixas, identificando uma maior tolerância ao calor em função da abordagem adaptativa, revelou a percepção do clima como levemente aquecido a quente, a preferência da população por um ambiente térmico mais fresco e indicam a necessidade de se preservar o sombreamento e a ventilação proporcionados, respectivamente, pela arborização e pelas brisas marítimas e vento regional.

Annuniação (2016) procurou desenvolver e validar procedimento de estimativa do Índice Climático Térmico Universal (UTCI) a partir de gradientes de temperatura e umidade relativa do ar em transectos móveis em trilhas do Parque Mãe Bonifácia, Cuiabá/MT. Os resultados possibilitaram identificar a que classes de estresse térmico estão submetidos os usuários em diferentes tipos de revestimentos do solo e a vegetação nas condições do microclima de Cuiabá.

2.11 Geotecnologias

Segundo Oliveira et al. (2015) vivenciamos um acelerado desenvolvimento tecnológico voltado para novas formas de comunicação e maior utilização de ferramentas de representação, consulta e análise espacial. Nos meios científicos e acadêmicos observamos a disseminação destas inovações, chamadas de geotecnologias, que permitem a aquisição, processamento e manipulação de dados espaciais, além do armazenamento e apresentação dessas informações em forma de gráficos, mapas, tabelas etc. É válido ressaltar que o mapeamento da área de estudo contou o auxílio das geotecnologias.

Rosa (2005) definiu geotecnologias como um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. A autora explicou que as geotecnologias também são conhecidas como "geoprocessamento" e dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia.

Para Neves et al. (2014) a análise da estrutura e da dinâmica ambiental de uma determinada área por meio das geotecnologias, distinguido em imagens de satélite orbitais pelas

variações no relevo, vegetação, hidrografia e tipo de solo possibilitaram que os produtos de sensoriamento remoto orbital evidenciassem que a ação humana, principalmente, pela supressão da vegetação natural, contribui substancialmente para o manejo inadequado do uso do solo em ambientes naturais e urbanos. Mendes et al. (2016) corrobora com essa afirmação discutindo que o uso combinado de ferramentas gratuitas com recursos de alta resolução, como imagens de satélite, possibilita a obtenção mais precisa de dados e informações.

Costa et al. (2016) explicaram que o auxílio da geotecnologia como meio de análise e planejamento, se faz necessário na pesquisa para observar e diagnosticar a realidade existente nos locais analisados e posteriormente fornecer subsídios durante a realização da pesquisa em campo, e na utilização de detalhes pertinentes encontrados durante a atividade, na futura comparação dos resultados obtidos durante o processo de estudo. Essa metodologia também ampara a construção de um banco de dados que poderão fornecer subsídios a trabalhos de continuação do projeto, seja ele em qualquer outra área. Desse modo, a utilização da geotecnologia contribui nas análises da distribuição espacial dos objetos, de forma a integrar várias informações inerentes a área analisada, facilitando a visualização espacial dos mesmos.

Para Silva et al. (2016) o uso das Geotecnologias tem despertado maior atenção dos pesquisadores quando da escolha das suas abordagens teórico-metodológicas. É evidente, por exemplo, a busca de abordagens integrativas que promovam uma aproximação entre os princípios e possibilidades da técnica com os mecanismos regentes da dinâmica do espaço geográfico. Aos geógrafos, em específico, abre-se um conjunto muito promissor de possibilidades, tanto na aplicação das novas tecnologias de análise espacial (viés empírico) como na labuta de se refletir sobre os seus desdobramentos epistemológicos (viés teórico). A amarração destes dois vieses coloca-se, portanto, como tarefa inadiável para as novas gerações de geógrafos-pesquisadores.

2.12 Geoestatística

De acordo com Landim (2006) atualmente o termo geoestatística acha-se consagrado como um tópico especial da estatística aplicada que trata de problemas referentes às variáveis regionalizadas, as quais têm um comportamento espacial mostrando características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e as totalmente determinísticas. No estudo das variáveis regionalizadas duas são as ferramentas fundamentais dos métodos geoestatísticos: o semivariograma e a krigagem. Essas ferramentas foram utilizadas para interpolar e especializar as variáveis meteorológicas e os índices selecionados.

O autor (2006) ressaltou resumidamente que o semivariograma mostra a medida do grau de dependência espacial entre amostras ao longo de um suporte específico e, para sua construção, são usados simplesmente as diferenças ao quadrado dos valores obtidos, assumindo-se uma estacionaridade nos incrementos. Isso significa que o semivariograma é uma medida da variabilidade, termo-higrométrica por exemplo, condicionada pela distância. Tal variabilidade pode ser bastante diferente quando consideradas diferentes direções. Sua construção requer, portanto, a disposição de um conjunto de valores obtidos a intervalos regulares dentro de um mesmo suporte geométrico.

Camargo (1999) complementou explicando que o variograma é uma ferramenta básica de suporte às técnicas de krigagem, que permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço.

De acordo com Zimback (2003) o semivariograma seria um dos métodos estimadores geoestatísticos de autocorrelação espacial usados como ferramenta de continuidade espacial, isto é, usados para investigar a magnitude da correlação entre as amostras e sua similaridade ou não, com a distância. Seu nome deve-se a Matheron (1963), bem como seu tratamento e interpretação teórica e prática, embora seja uma função conhecida anteriormente. A autora (2003) explicou que dentro os modelos teóricos de semivariogramas sobressaem o esférico, o exponencial, o gaussiano e os lineares (com e sem patamar).

Em estudo feito por Camargo (1999) uma ilustração mostrou um semivariograma experimental com características muito próximas a ideal (Figura 1). O seu padrão representa o que, intuitivamente, se espera de dados de campo, isto é, que as diferenças $\{Z(\mathbf{x}_i) - Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})\}$ decresçam à medida que \mathbf{h} , a distância que os separa decresce. É esperado que observações mais próximas geograficamente tenham um comportamento mais semelhante entre si do que aquelas separadas por maiores distâncias. Desta maneira, é esperado que $\gamma(\mathbf{h})$ aumente com a distância \mathbf{h} .

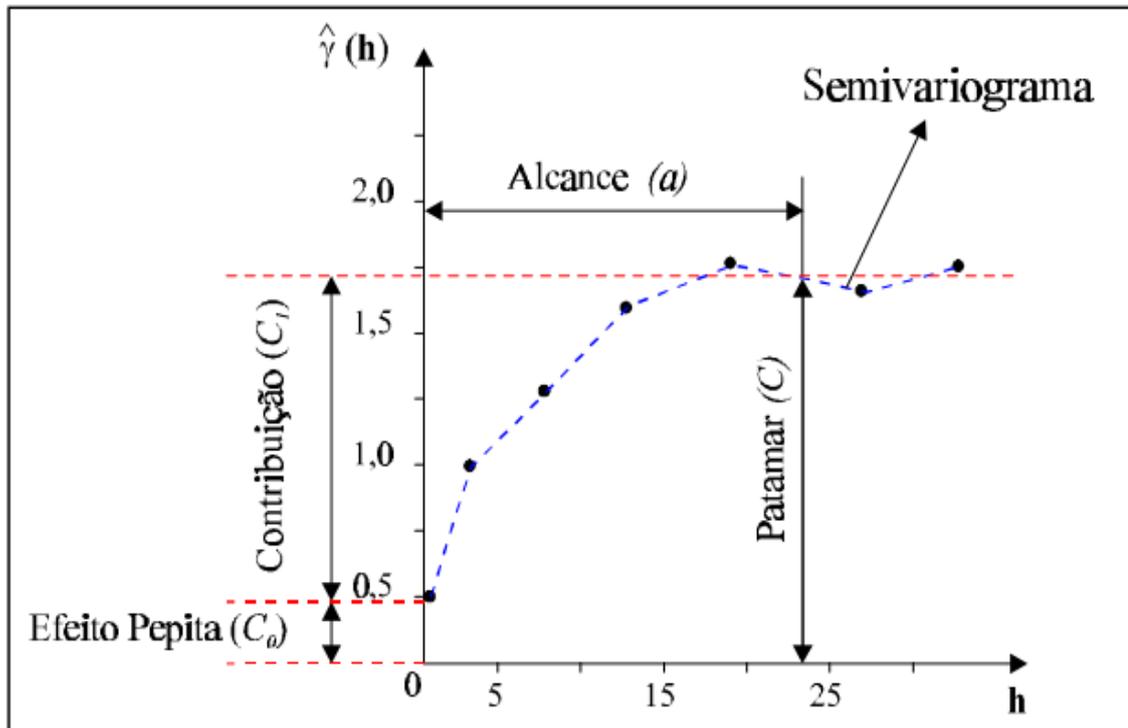


Figura 1: Exemplo de semivariograma
Fonte: Camargo (1999)

O autor (1999) explicou, resumidamente, os parâmetros que constituem um semivariograma:

Alcance (a): distância dentro do qual as amostras se apresentam correlacionadas espacialmente. No exemplo o alcance ocorre próximo aos 25m.

Patamar (c): equivale ao valor do semivariograma correspondente a seu alcance (a). Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, porque a variância da diferença entre os pares de amostras ($\text{Var}[Z(\mathbf{x}) - Z(\mathbf{x}-\mathbf{h})]$) torna-se invariante com a distância.

Efeito Pepita (C₀): idealmente, $\gamma(\mathbf{0}) = 0$. Entretanto, na prática, à medida que h tende para 0 (zero), $\gamma(h)$ se aproxima do valor positivo chamado de *Efeito Pepita (C₀)*, que revela descontinuidade do semivariograma para as distâncias menores do que a menor distância entre as amostras.

Contribuição (C₁): diferença entre o *Patamar (c)* e o *Efeito Pepita (C₀)*.

Souza et al. (2004) explicaram que do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$ são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a). O efeito pepita é o valor da semivariância para distância zero e representa o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (VIEIRA et al., 1983; TRANGMAR et al., 1985).

Segundo David (1988) devido a subjetividade e variabilidade dos resultados nos cálculos dos parâmetros dos variogramas, é importante que se tenha um meio para checar se o modelo é ajustado ou não. Diante disso, os dados oriundos dos semivariogramas foram checados através da validação cruzada.

Para Myers (1991) o processo de validação cruzada é bastante simples: remove-se um dado do conjunto de dados amostrais e, usando-se um estimador e função ponderada relacionada com a distância, estima-se o valor retirado, utilizando-se as amostras remanescentes. Tem-se, agora, dois valores para o mesmo ponto, o real e o estimado. O erro da estimação pode ser calculado pela diferença entre o valor real e o estimado, sendo repetido para cada local amostrado.

A outra ferramenta, a Krigagem refere-se a um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. Trata-se, em último caso, de um método de estimativa por médias móveis. O termo, tradução do francês *krigeage* e do inglês *kriging*, foi cunhado pela escola francesa de geoestatística em homenagem ao engenheiro de minas sul-africano e pioneiro na aplicação de técnicas estatísticas em avaliação mineira, Daniel G. Krige. Segundo Landim (2003) a krigagem do tipo ordinária consiste em uma forma de estimação linear para uma variável regionalizada, a qual não requer o conhecimento prévio da média e assume-se a hipótese de estacionariedade local.

Para Landim (2006) a Krigagem por ser um método com algoritmo estimador pode ser usada para duas funções básicas, que são: previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro do campo geométrico (é um procedimento de interpolação exato que leva em consideração todos os valores observados, o qual pode ser a base para cartografia automática por computador quando se dispõe de valores de uma variável regionalizada dispostos por uma determinada área) e o cálculo médio de uma variável regionalizada para um volume maior que o suporte geométrico.

Em todas essas situações o método fornece, além dos valores estimados, o “erro” associado a tal estimativa, o que o distingue dos demais algoritmos à disposição. A krigagem usa informações a partir do semivariograma para encontrar os pesos ótimos a serem associados às amostras que irão estimar um ponto, uma área ou um bloco. Como o semivariograma é uma função da distância entre locais de amostragens, mantendo o mesmo número de amostras, os pesos são diferentes de acordo com o seu arranjo geográfico. O uso do semivariograma para a estimativa por krigagem não exige que os dados tenham distribuição normal, mas a presença

de distribuição assimétrica, com muitos valores anômalos, deve ser considerada, pois a krigagem é um estimador linear.

Desse modo, a geoestatística foi utilizada nesta pesquisa visando interpolar valores através da krigagem ordinária para áreas adjacentes ao percurso do transecto.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 O município

O município de Sorriso localizado nas coordenadas 12°32'30''S e 55°42'29''W, altitude média de 350 m (Figura 2), encontra-se localizado na mesorregião norte mato-grossense e na microrregião do Alto Teles Pires, possui extensão territorial de 9.329,603 km² (IBGE, 2015), fazendo limites com os municípios de Sinop, Vera, Nova Ubiratã, Santa Rita do Trivelato, Nova Mutum, Lucas do Rio Verde, Ipiranga do Norte e Tapurah, sendo constituído por três distritos: Boa Esperança, (distante 140 km da sede), Caravágio (60 km da sede) e Primavera do Norte (40 km da sede). A BR 163 é a principal ligação terrestre de Sorriso com a capital do Estado, Cuiabá, distante cerca de 400 km.

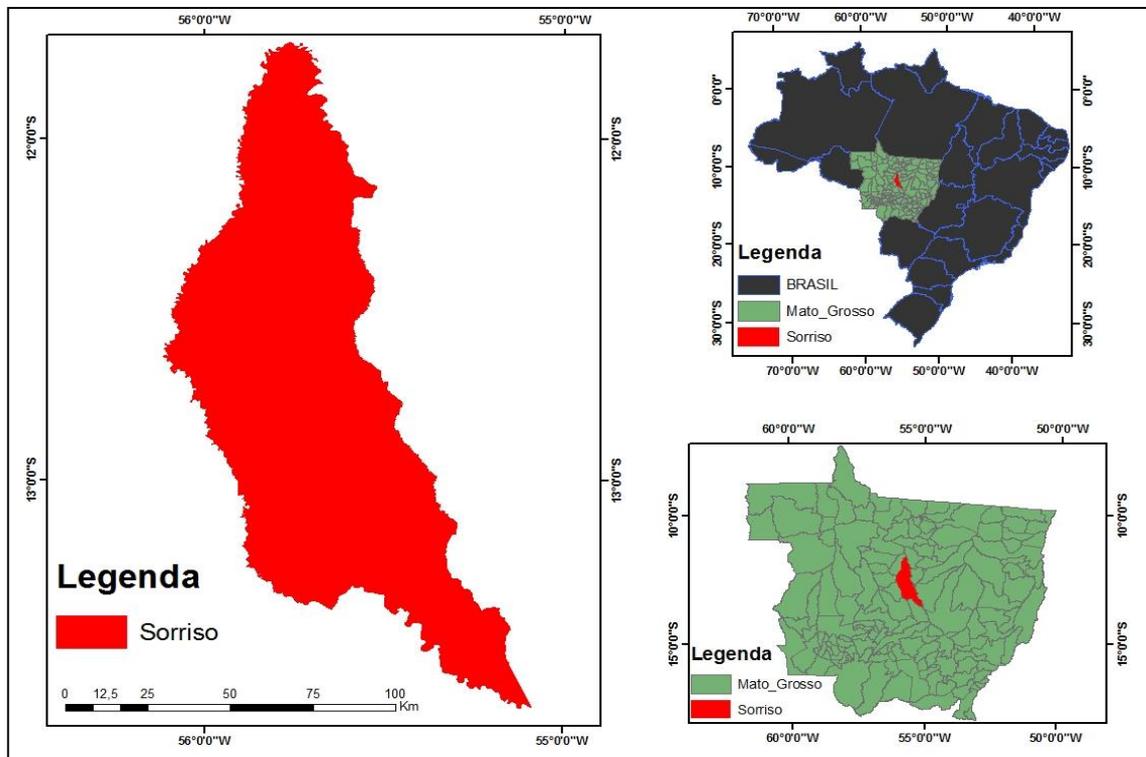


Figura 2: Área de estudo – Sorriso/MT

Fonte: SEPLAN 2009

Adaptação: Márcio Castanha

3.1.1 Aspectos naturais

Dias e Bortoncello (2003) explicaram que o município de Sorriso está inserido aos rios pertencentes à bacia Amazônica, sendo os mais importantes o Teles Pires, Verde, Celeste e Lira. O relevo predominante é do Planalto dos Parecis, com uma superfície contínua e altitude que varia de 300 a 600 m, com altitude média em torno de 400 m, cujas bordas se encontram, com frequência, nas baixadas, geralmente acompanhando os cursos d'água. As autoras (2003)

afirmaram que os principais tipos de solos que ocorrem no município são os latossolos vermelho-amarelo distrófico (pobre de nutrientes), areias quartzosas, distróficas e podzólicos.

No estudo feito por Tarifa (2011, p.78) o autor conseguiu caracterizar e descrever três grandes unidades climáticas do estado de Mato Grosso, que são o clima equatorial continental úmido com estação seca da depressão sul-amazônica, o clima subequatorial continental úmido com estação seca definida do planalto dos Parecis e clima tropical continental alternadamente úmido e seco das chapadas, planaltos e depressões.

Nessa obra o município de Sorriso foi classificado como clima subequatorial continental úmido com estação seca definida do planalto dos Parecis, cuja nomenclatura era IIB1, sendo que o autor descreveu resumidamente esse clima assim:

O aumento da intensidade da seca estacional (entre 300 e 350mm) combinado com excedentes entre 800 e 1000mm cria uma extensa faixa de transição climática dentro do Planalto dos Parecis. O aumento da altitude média (300 a 400 metros) e da latitude diminui o aquecimento, baixando a variação das temperaturas médias anuais entre 24,8° e 24,0°C. No entanto, os totais anuais médios ficam entre 1600 e 2000mm. Esta transição climática é constituída também de duas subunidades (IIA do médio Arinos e Rio do Sangue e IIB1, IIB2 no médio Xingu). A duração do período seco é, portanto, de 5 meses, ou seja, de maio a setembro.

Em síntese o município compreende três formações vegetais: mata, cerrado e várzea, sendo o perímetro urbano inserido no extrato cerrado (Para Dias e Bortoncello, 2003).

3.1.2 Aspectos históricos

O município de Sorriso foi criado a partir das leis mato-grossenses que favoreceram a colonização do estado e originou do desmembramento do atual município de Nobres. A sua fundação ocorreu através de um projeto de colonização privada, com a maioria absoluta da sua população constituída por migrantes provenientes da região Sul do País. Esse processo de desenvolvimento se deu através de incentivos fiscais por parte do governo federal a partir da década de 1970, nos quais os agricultores migrantes adquiriram terras a preços baixos e em quantidades maiores em relação as que possuíam (FERREIRA, 2001).

Segundo Arantes e Silveira (2014) esse setor se dinamizou a partir da ideologia desenvolvimentista modernizante implantado pelos governos militares para a Amazônia Legal através de incentivos fiscais, construção de rodovias e ocupação de terras devolutas por colonos sulistas via colonização privadas e públicas. Aliado a isso ocorreram estímulos às pesquisas para superar os obstáculos colocados pelo clima e pelo solo pobre e ácido do cerrado (BARCELOS, 2014).

Historicamente o povoado foi fundado em 1977 por Claudino Francio, diretor da Colonizadora Feliz. A emancipação político-administrativa de Sorriso ocorreu em 1986, mas

sua colonização começou na década de 70. Em 26 de dezembro de 1980, a pequena agrovila encravada em pleno sertão mato-grossense foi elevada à categoria de distrito, pertencente ao município de Nobres (PREFEITURA MUNICIPAL, 2016).

O nome de “Sorriso” ao povoado queria dizer um novo empreendimento de futuro feliz, com bases em uma natureza rica. No entanto, outra versão foi dada para o significado do nome, pelo próprio fundador (em gravação ao projeto Memória Viva) em meados de 1991. Invocando o modo de falar dos migrantes, grande parte de origem italiana, contou um caso passado na região: “... um colono foi perguntado sobre a cultura de maior produção naquelas terras. A resposta foi a seguinte – *só rizzo, só rizzo*”. A tradução de *rizzo* seria arroz, ou seja, o agricultor se referia a excelente safra de arroz colhido.

3.1.3 Atualidade

Segundo Zambra et al. (2015), nos últimos dez anos, os resultados do setor agroexportador brasileiro têm elevado os indicadores de crescimento econômico do País e o estado de Mato Grosso tem contribuído significativamente para a manutenção destes resultados, destacando na pecuária de corte e produção agrícola de algodão, milho e especialmente, soja.

O crescimento populacional dos núcleos urbanos desses espaços tem sido rápido e enfrentam o desafio de manter uma economia forte e o equilíbrio sócio espacial (SILVA et al., 2015). Entretanto, durante um longo período existiu uma relação direta entre economia, o avanço da fronteira agrícola e a taxa de desmatamento, ou seja, as áreas eram desmatadas para que na sequência fossem utilizadas para produção agropecuária (SANTOS e QUEIRÓZ, 2014).

Na região médio-norte o processo de urbanização provocou alterações significativas no ambiente natural, onde grandes áreas constituídas de vegetação nativa são substituídas por materiais e equipamentos urbanos tais como, prédios, asfalto, circulação de veículos automotores, além de outros necessários para o funcionamento de uma cidade. Estas atividades ao alterar a superfície ocasionam mudanças no balanço de energia entre a terra e atmosfera gerando um clima próprio, notadamente no que se refere às condições térmicas e de umidade do ar (GHENO et al., 2012).

Atualmente as principais atividades econômicas são a pecuária, extrativismo vegetal, agroindústria e comércio, mas o setor econômico preponderante é o agronegócio, tendo especificamente como base a monocultura agroexportadora de soja e milho (FERREIRA, 2001).

Segundo a Prefeitura Municipal (2016) com relação à área plantada o município é considerado individualmente o que mais produz grãos no Brasil, correspondendo a 3% da

produção nacional e 17% da produção estadual. Em seus 600 mil hectares agricultáveis, produz mais de 5,6 milhões de toneladas de grãos em um único ciclo de cultura, além de 26,4 mil toneladas de pluma de algodão. A soja é a principal cultura, atingindo quase 84% da produção, seguida de forma direta pelo milho.

3.1.4 A cidade

O agronegócio em Sorriso proporcionou um aumento da renda que em contrapartida provocou um intenso crescimento urbano, decorrente principalmente do crescimento populacional, que atraiu inúmeros trabalhadores de diversas regiões brasileiras, destacando sulistas e nordestinos. Essa urbanização provocou alterações no uso do solo no perímetro urbano, sobretudo para a implantação de novos bairros residências, pavimentação de ruas, abertura de amplas avenidas, enfim materiais urbanos que contemplam o acelerado crescimento.

A cidade está situada na região Médio-Norte do estado de Mato Grosso, no km 742 ao longo da rodovia federal BR 163 (Cuiabá-Santarém) a cerca de 400 km da capital, Cuiabá (FERREIRA, 2001) e passou por um intenso crescimento nas últimas décadas, passando de 16.107 habitantes em 1991 para uma população em 2010 de 66.521 habitantes (IBGE, 2015), Tabela 3, sendo que deste total 58.364 pessoas vivem na cidade.

Tabela 3: Evolução da população do município de Sorriso, Mato Grosso e Brasil

Evolução Populacional			
Anos	Sorriso	Mato Grosso	Brasil
1991	16.107	2.027.231	146.825.475
1996*	26.591	2.208.665	156.032.944
2000	35.605	2.504.353	169.799.170
2007*	55.134	2.854.642	183.987.291
2010	66.521	3.035.122	190.755.799
2016**	82.792	3.305.531	206.081.432

Fonte: Censos demográficos IBGE (IBGE, 1991; IBGE, 2000; IBGE, 2010), contagem populacional 2007* e estimativa populacional 2016**.

Todo esse crescimento trouxe diversos benefícios, tanto na parte econômica quanto na parte estrutural, repercutindo na expansão da mancha urbana. Porém, foram aparecendo em contrapartida os problemas urbanos, principalmente em decorrência da supressão da vegetação circundante original devido à intensa urbanização. Todavia, na área central da cidade foi possível preservar uma extensa área verde, a Área de Preservação Permanente (APP), que é comumente usada para dividir a região central em norte e sul. Bosa (2005) ressaltou que essa área compreende 317.909 m² e foi criada pela Colonizadora Feliz e que posteriormente sofreu desmembramentos por parte do poder municipal.

Campos (2005) complementou explicando que essa área é considerada uma área urbanizada aberta, inaugurada em 12 de maio de 2003, sendo considerado um espaço destinado ao desenvolvimento da cultura, lazer e esporte, composta por pistas de caminhada no entorno e no seu interior, com objetivo de oferecer melhor qualidade de vida a população residente. A autora (2005) explicou que a área verde está localizada entre as principais avenidas da região central de Sorriso, a avenida Natalino João Brescansin, a avenida Tancredo Neves e avenida Ademar Raiter. No local há alguns equipamentos urbanos, tais como as pistas de caminhada, equipamentos para exercícios físicos, bancos de recreação, pequenos parques infantis e calçadas para lazer e contemplação. O local é atravessado por um córrego canalizado, denominado Canal Central, onde são lançados esgoto *in natura* e lixo. A vegetação do local pode ser dividida em primária e secundária, com alguns animais silvestres da fauna local, entre eles os macacos e inúmeros pássaros que buscam alimentos nessa localidade.

4. MATERIAL E MÉTODO

O roteiro do estudo foi ordenado em etapas segundo o esquema (Figura 3).

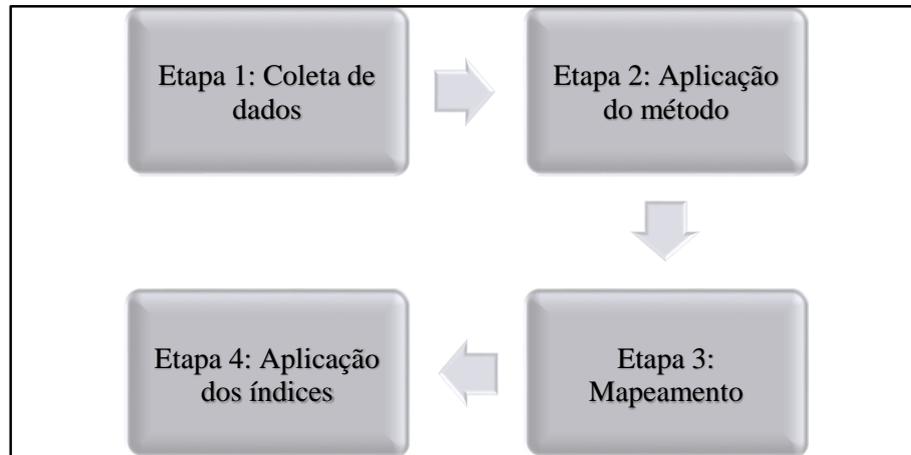


Figura 3: Fluxograma com as etapas do estudo

4.1 A instrumentação e a rotina de coleta

A instrumentação contou com uma unidade Datalogger GK_V02 com GPS – Módulo GY-GPS6MV2 (Figura 4); um sensor de umidade relativa e temperatura do ar – AM2302, (Figura 5), gradiente de temperatura entre -40 a 80°C, acurácia de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, gradiente de umidade relativa de 0 a 100%, acurácia de $\pm 2,0\%$, com frequência de uma leitura a cada 6 segundos; um módulo adaptador para cartão de memória FAT32 com 10G ; com arquivo em texto ASCII, com campos separados por vírgula e bateria externa de 12V e um abrigo termométrico portátil com tubo de PVC vertical (Figura 6) idêntico ao descrito no estudo de Maciel et al. (2011), Franco et al. (2013b) e Valin Jr et al. (2016).

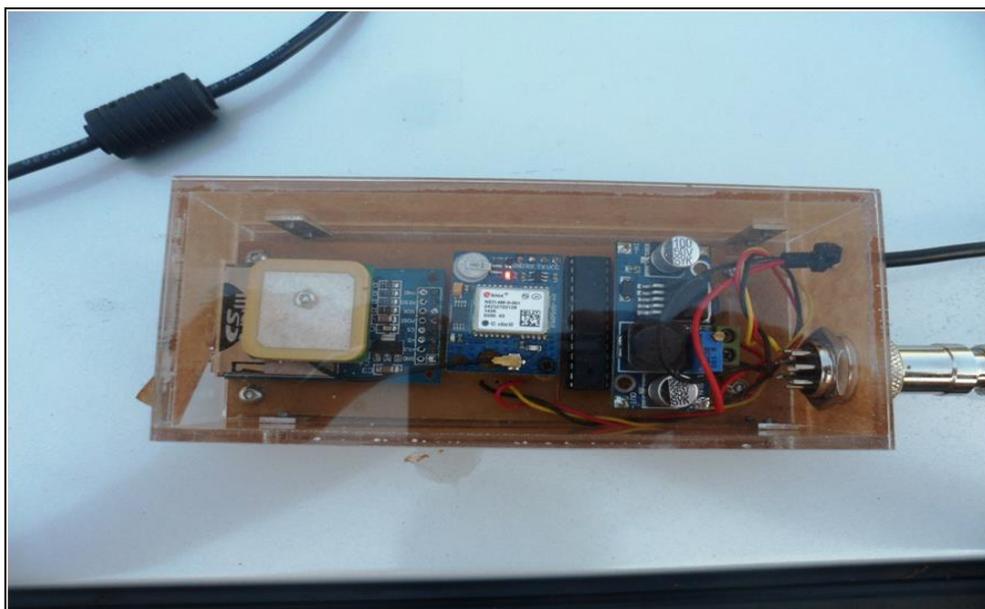


Figura 4: Datalogger GK_V02 com GPS com Módulo GY-GPS6MV2

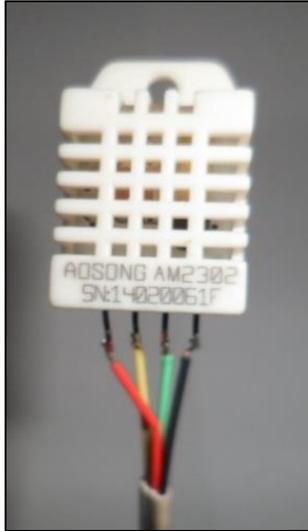


Figura 5: Sensor de umidade relativa e temperatura do ar (AM2302)



Figura 6: Abrigo termométrico

Esses materiais foram adquiridos e montados no Laboratório de Instrumentação do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá, onde foram calibrados. A calibração foi feita com o auxílio de termopares (sensor de temperatura e umidade relativa conjugados), onde foi utilizado um par de sensores como referência, deixando-o este e o que foi calibrado nas mesmas condições um ao lado do outro. Após isso, o sensor a ser calibrado e o de referência foram inseridos no interior do abrigo, onde evitou-se o contato nas partes internas do mesmo, certificando que ambos obtiveram registros do mesmo local e período, inclusive com a mesma quantidade de amostras necessárias para fazer o comparativo. Durante essa etapa, o abrigo ficou na posição vertical, conforme o propósito do mesmo estabelecido para o transecto.

Concomitantemente com a calibração, foram observados as condições locais para que não houvesse comprometimento físico ou de influências que pudessem prejudicar a coleta de dados. Após esses procedimentos, foi realizado uma coleta de dados durante um dia. Com os dados registrados, os mesmos foram aferidos e validados estatisticamente visando encontrar o melhor ajuste dos mesmos e garantir a confiabilidade e validação da calibração. Para isso foi utilizado a regressão linear e a correlação de Pearson.

O veículo automotor no qual foram instaladas a instrumentação do experimento foi um carro de passeio popular, de propriedade particular, cuja velocidade média de deslocamento foi de 10 km/h (Figura 7).



Figura 7: Veículo automotor utilizado acoplado com abrigo termométrico e datalogger

O percurso selecionado para a coleta de dados microclimáticos abrangeu a região central da cidade de Sorriso e correspondeu a 5,2 km, com duração média de coleta variando entre 25 e 30 minutos (Figura 8).

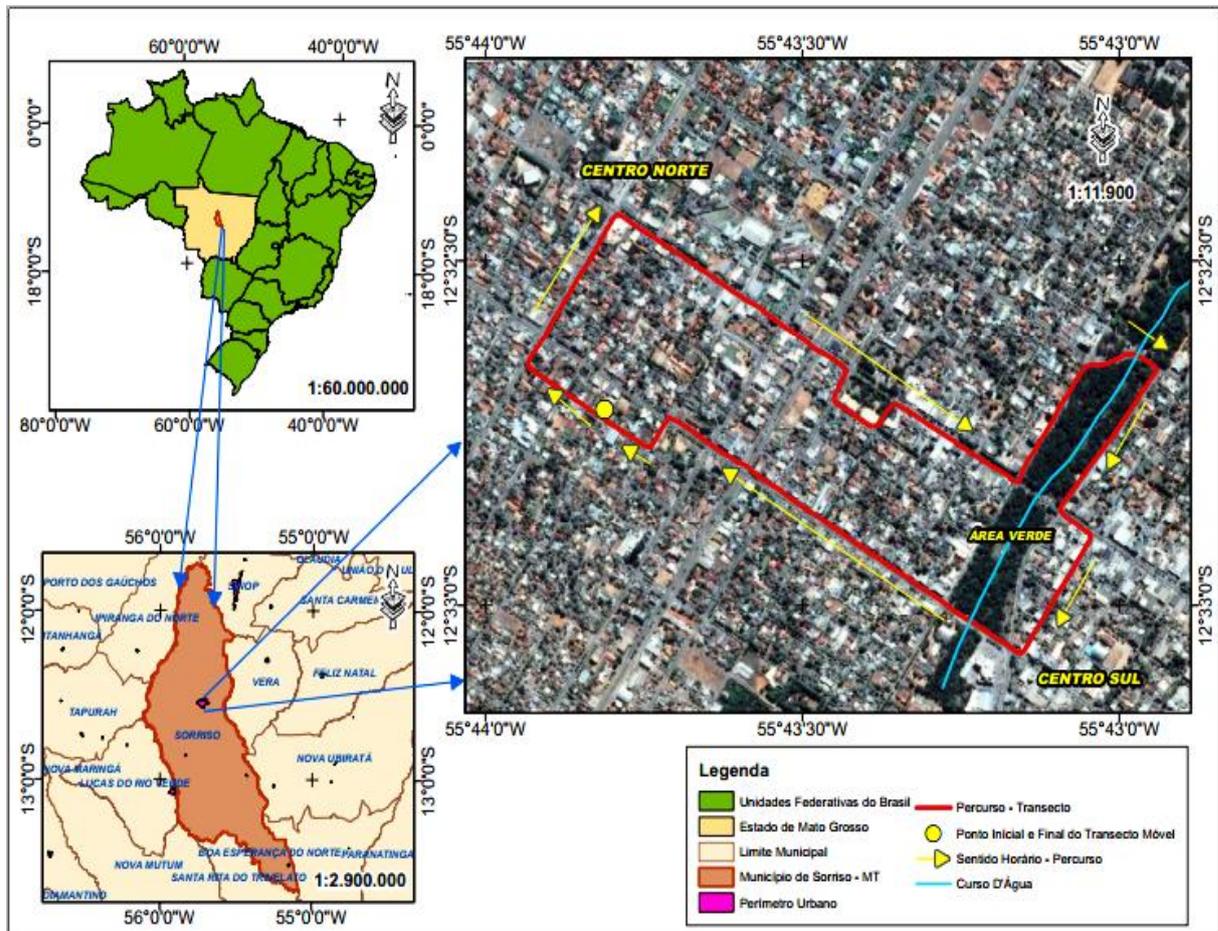


Figura 8: Área de estudo/Percurso na região central de Sorriso/MT
Elaboração: Lidiane Maria de Moraes Costa

A escolha deste trajeto levou em considerou o polígono da região central delimitada por suas principais avenidas e uma extensa área verde que separa o centro norte e sul. O horário dos registros em ambas estações foi o recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) para o período noturno adaptado ao fuso horário local, isto é, às 20h (00:00h UTC). Entretanto, na estação quente-úmida o início da coleta ocorreu a partir das 21h devido ao horário de verão. Segundo Maitelli (1994) este horário é o mais apropriado para identificar possíveis ilhas de calor urbanas e evidenciar a contribuição dos diferentes usos e ocupação do solo nas variações microclimáticas do espaço urbano.

Os dados experimentais foram coletados durante 15 dias consecutivos e/ou alternados em episódios da estação quente-seca de 2015 e estação quente-úmida de 2016, totalizando 30 dias amostrais (Tabela 4). Esses dias foram selecionados por serem representativos para a sazonalidade regional e terem apresentados condições favoráveis para a coleta, com noites de céu claro e calmarias.

Tabela 4: Periodicidade do experimento

DJ (dias julianos) – Ano	N – nº de amostras	Início – término	Estação
229 – 2015	234	20:00:02 – 20:24:58h	Quente-seca
232 – 2015	237	20:00:05 – 20:25:21h	Quente-seca
233 – 2015	242	20:00:01 – 20:25:49h	Quente-seca
234 – 2015	269	20:00:01 – 20:28:40h	Quente-seca
235 – 2015	256	20:00:02 – 20:27:17h	Quente-seca
236 – 2015	244	20:00:05 – 20:26:04h	Quente-seca
237 – 2015	258	20:00:02 – 20:27:33h	Quente-seca
243 – 2015	250	20:00:03 – 20:26:42h	Quente-seca
244 – 2015	258	20:00:06 – 20:27:34h	Quente-seca
251 – 2015	279	20:00:02 – 20:29:48h	Quente-seca
254 – 2015	291	20:00:00 – 20:31:03h	Quente-seca
257 – 2015	261	20:00:03 – 20:27:53h	Quente-seca
262 – 2015	276	20:00:05 – 20:29:32h	Quente-seca
263 – 2015	288	20:00:04 – 20:30:47h	Quente-seca
264 – 2015	270	20:00:00 – 20:28:48h	Quente-seca
05 – 2016	246	21:00:05 – 21:26:20h	Quente-úmida
06 – 2016	256	21:00:04 – 21:27:23h	Quente-úmida
07 – 2016	248	21:00:05 – 21:26:32h	Quente-úmida
08 – 2016	252	21:00:04 – 21:26:58h	Quente-úmida
11 – 2016	250	21:00:00 – 21:26:41h	Quente-úmida
13 – 2016	255	21:00:04 – 21:27:17h	Quente-úmida
19 – 2016	247	21:00:03 – 21:26:25h	Quente-úmida
21 – 2016	282	21:00:03 – 21:30:10h	Quente-úmida
22 – 2016	280	21:00:02 – 21:29:57h	Quente-úmida
25 – 2016	267	21:00:02 – 21:28:33h	Quente-úmida
41 – 2016	255	21:00:02 – 21:27:15h	Quente-úmida
46 – 2016	269	21:00:01 – 21:28:44h	Quente-úmida
47 – 2016	251	21:00:05 – 21:26:53h	Quente-úmida
54 – 2016	244	21:00:01 – 21:26:03h	Quente-úmida
60 – 2016	247	21:00:01 – 21:26:23h	Quente-úmida

A variabilidade microclimática na área de estudo foi primeiramente avaliada pela análise exploratória dos dados, calculando-se a média, mediana, variância, coeficiente de variação,

coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose, máximo e mínimo. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. A observação de valores extremos (máximos e mínimos) e distribuição de frequência revelaram a existência de valores típicos em relação às variáveis em estudo e os índices aplicados.

Esses dados foram agrupados em médias horárias, tendo por base o tempo médio da duração das coletas para todos os dias analisados (cerca de 27 min.) tanto para a estação quente-seca de 2015 quanto para a estação quente-úmida de 2016. Esses valores médios foram georreferenciados tendo por base as coordenadas obtidas nos dias julianos 257/2015 e 06/2016.

Os resultados das médias mensais horárias das variáveis meteorológicas selecionadas – temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento, foram obtidas junto ao SADMET¹, da estação automática Sorriso/MT, denominada no estudo como estação de referência), situada a cerca de 1000m de um pontos do transecto móvel (Ponto 9) no qual foram utilizadas as essas variáveis para evidenciar a sazonalidade regional que atua na área.

A estação meteorológica de observação de superfície automática Sorriso A-904, código da OMM 86645, denominada no estudo de estação de referência foi aberta em 16/12/2002 estando situada nas coordenadas 12°55'51,07S e 55°72'28,63W. A mesma é composta de uma unidade de memória central (“datalogger”), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora.

Os dados obtidos nessa estação foram tabulados em médias mensais horárias, sendo o horário às 20h (00:00 UTC) visando comparar esses dados com o experimento de campo realizado na estação quente-seca de 2015 e quente-úmida de 2016. Os dados das variáveis foram tabulados em *TXT* – bloco de notas e exportados para planilhas *CSV* do *Microsoft Excel 2013*, para posteriormente serem aplicados as equações dos índices propostos no estudo. Para a análise estatística foi *IBM – SPSS – Statistics versão 22*.

Os dados coletados aplicados aos índices foram ajustados em semivariogramas e espacializados através da krigagem ordinária com intuito de verificar as interações dos fatores e elementos climáticos que interferiram nas condições de sensação térmica.

Na determinação da existência ou não da dependência espacial, utilizou-se o exame de semivariogramas, por meio do programa *GS+ Geostatistics for the Environmental Sciences* (ROBERTSON, 1998). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo

¹ <http://www.inmet.gov.br>

semivariograma, considerou-se o melhor r^2 (coeficiente de determinação) e o menor SQR (soma dos quadrados do resíduo). Na elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis e dos índices estimados foi utilizado o programa *Surfer* (GOLDEN SOFTWARE Inc., 1999).

4.2 O método

O método adotado foi o Sistema Clima Urbano (SCU) proposto por Monteiro (1976) através no qual este sistema é singular, aberto, evolutivo, dinâmico, adaptativo e passível de autorregulação, composto por três subsistemas através de canais de percepção humana, sendo a ênfase no canal termodinâmico (conforto térmico). É considerado para análise do clima urbano a cooparticipação entre o homem (fato social) e a natureza (fato natural).

4.3 O mapeamento do percurso do transecto

Para o mapeamento da área em análise foram utilizadas imagens do aplicativo *Google Earth Pro* referente ao ano 2015, que encontravam-se na projeção UTM *datum* WGS-84, sendo que a elaboração do mapa foi feita no *software ArcGis, versão* 10.1 (ESRI, 2016).

A partir de vários recortes das imagens do *Google* na mesma escala montou-se um mosaico que abrangeu a área de estudo, os quais foram georreferenciados utilizando como base pontos coletados direto no aplicativo *Google Earth*, observando que área de influência (*buffer*) no entorno do percurso foi de 200m. Após o pré-processamento das imagens iniciou-se a interpretação visual das classes de uso do solo, que consiste na técnica de identificação, delimitação e classificação dos objetos na imagem de satélite realizada direto pelo usuário.

O mapeamento das classes de uso do solo teve por base o trabalho feito por Cox (2008), porém foram feitas adaptações nas categorias, notadamente com a exclusão de algumas e a inclusão de outra (no caso a área verde). No seu estudo a autora desenvolveu oito classes de usos do solo. Contudo, neste estudo foram estabelecidas somente três classes, sendo elas: área construída, pavimentação asfáltica e área verde. Essas foram quantificadas estabelecendo um total de cada área e sua respectiva distribuição percentual.

A descrição dos usos identificados no estudo teve por base o trabalho desenvolvido por Souza e Maitelli (2005) em que as autoras estabeleceram seis classes de uso e ocupação do solo. Contudo, utilizou-se apenas três classes: área com alta densidade urbana (ADU), corredor comercial (CC) e área verde (AV). A partir dessa categorização foi possível mapear a área e descrever os tipos de usos do solo encontrado no entorno do percurso pré-estabelecido para o transecto.

O percurso do transecto móvel foi visualizado pela Figura 9, que destaca o local de origem e término das coletas de campo do experimento.

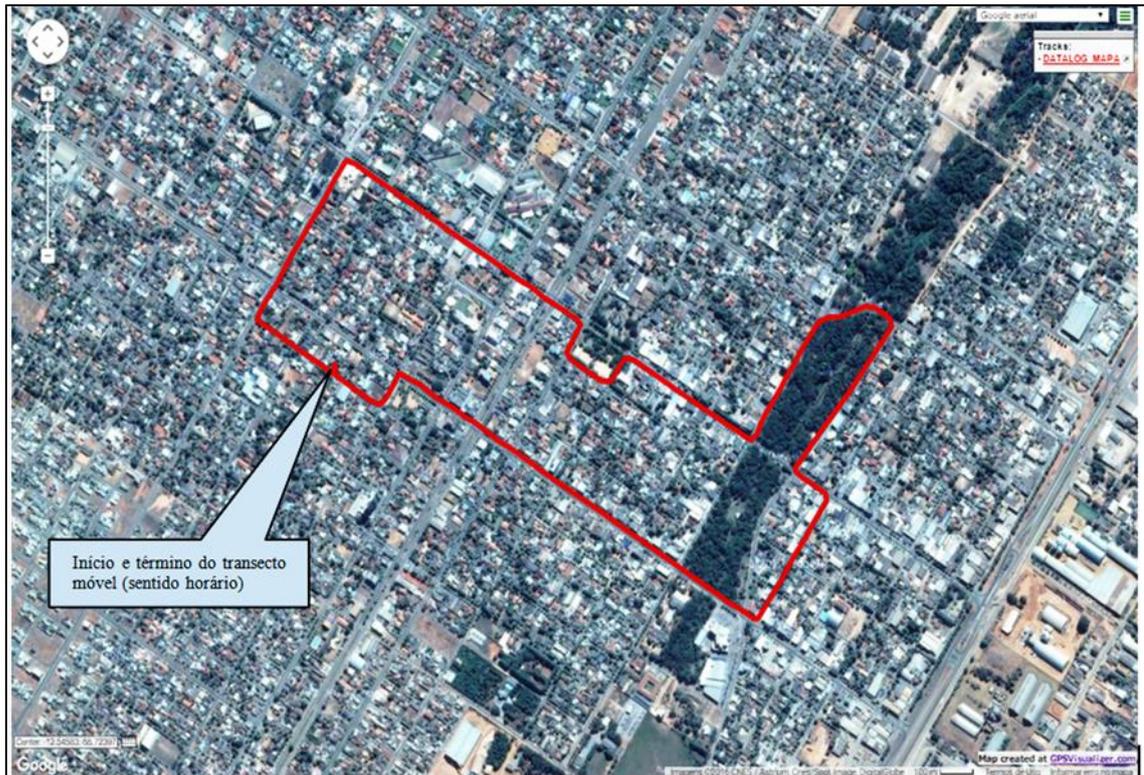


Figura 9: Origem e término do transecto móvel na cidade de Sorriso

A localização geográfica bem como a altitude dos pontos da Tabela 5 visaram subsidiar a discussão dos resultados obtidos e facilitar a observação espacial das variações microclimáticas e da interpolação dos índices estimados ao longo do percurso do transecto.

Tabela 5: Localização dos pontos amostrais do transecto móvel

Localização	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Ponto 1 – Residência Particular – Rua Costa e Silva	12° 32' 42,936" S	55° 43' 48,720" W	384,1
Ponto 2 – Av. dos Imigrantes	12° 32' 33,265" S	55° 43' 52,319" W	386,4
Ponto 3 – Av. Natalino João Brescansin	12° 32' 29,875" S	55° 43' 40,987" W	380,8
Ponto 4 – Av. Natalino João Brescansin	12° 32' 38,614" S	55° 43' 27,055" W	377,8
Ponto 5 – Av. Natalino João Brescansin	12° 32' 44,763" S	55° 43' 17,223" W	376,5
Ponto 6 – Av. Marginal Esquerda	12° 32' 42,905" S	55° 43' 5,769" W	372,8
Ponto 7 – Av. Otávio de Souza Cruz	12° 32' 43,122" S	55° 42' 59,080" W	366,4
Ponto 8 – Rua Edgar Garcia de Siqueira	12° 32' 55,535" S	55° 43' 3,607" W	379,6
Ponto 9 – Av. Tancredo Neves	12° 33' 1,146" S	55° 43' 14,482" W	371,6
Ponto 10 – Av. Tancredo Neves	12° 32' 52,349" S	55° 43' 28,405" W	382,2
Ponto 11 – Av. Tancredo Neves	12° 32' 43,748" S	55° 43' 42,408" W	384,2
Ponto 12 – Residência Particular – Rua Costa e Silva	12° 32' 42,936" S	55° 43' 48,720" W	384,1

A altitude verificada no trajeto do transecto variou entre 354 e 390m. O local com a maior altitude encontrava-se logo no início do percurso, na Av. Imigrantes (Ponto 2), e o de menor altitude situava-se ao longo da mata atravessada pelo Canal Central, na Área Verde, Av. Otávio de Souza Cruz (Ponto 7).

4.4 Os índice selecionados

A análise das condições de conforto térmico na área central da cidade de Sorriso foi feito com base nos registros das variáveis meteorológicas de temperatura e umidade relativa do

ar, sendo estes em valores instantâneos ao longo do percurso do transecto móvel. Com esses registros foram aplicados dois índices de conforto térmico: o ITU e o IC.

Os valores do ITU são obtidos através da equação 4:

$$ITU = 0,8 * T_{ar} + \left(\frac{T_{ar} * Ur}{500} \right) (\text{°C}) \quad \text{eq. (4)}$$

em T_{ar} é a temperatura do ar (°C), Ur é a umidade relativa do ar em (%), todos valores instantâneos. Para comparar os níveis de conforto proposto pelo índice foram utilizados os critérios apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Critérios de classificação do ITU

Níveis de Conforto	ITU (°C)
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente desconfortável	ITU > 26

Fonte: Nóbrega e Lemos (2011)

Os valores do IC são obtidos através da equação 5:

$$IC = -42,3798 + 2,04901523 * T_a + 10,14333127 * Ur - 0,22475541 * T_a * Ur - 6,83783 * 10^{-3} * T_a^2 - 5,481717 * 10^{-2} * Ur^2 + 1,22874 * 10^{-3} * T_a^2 * Ur + 8,5282 * 10^{-4} * T_a * Ur^2 - 1,99 * 10^{-6} * T_a^2 * Ur^2 \quad \text{eq. (5)}$$

em que T_a é a temperatura do ar (°F), Ur é a umidade relativa do ar (%). Silva e Streck (2014) explicaram a variação dos níveis do IC e suas prováveis consequências à saúde humana, conforme descrito na Tabela 7:

Tabela 7: Níveis de alerta do IC e suas prováveis consequências à saúde

Nível de alerta	Índice de Calor	Sintomas
Perigo Extremo	54°C ou mais	Ocorrência de insolação e risco de acidente vascular cerebral (AVC) iminente.
Perigo	41,1°C a 53,9°C	Possibilidade de insolação, câimbras musculares e/ou exaustão, com possível dano cerebral com a exposição e/ou atividade física prolongada.
Cautela Extrema	32,1°C a 41°C	Possíveis câimbras, insolação e exaustão para exposição prolongada e/ou atividade física.
Cautela	27,1°C a 32°C	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
Não há alerta	Menor que 27°C	Não há problemas.

Fonte: Adaptado de National Weather Service, Weather Forecast Office, NOAA (2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Descrição e análise do mapeamento das classes de uso do solo

Os resultados dos 12 pontos amostrais observados *in loco* (Figuras 10 a 21) mostraram o predomínio de áreas construídas (ADU e CC) em detrimento às superfícies vegetadas (AV).



Figura 10: Ponto 1/ADU



Figura 11: Ponto 2/ADU



Figura 12: Ponto 3/CC



Figura 13: Ponto 4/CC



Figura 14: Ponto 5/CC



Figura 15: Ponto 6/AV



Figura 16: Ponto 7/AV



Figura 17: Ponto 8/ADU



Figura 18: Ponto 9/CC



Figura 19: Ponto 10/CC



Figura 20: Ponto 11/CC



Figura 21: Ponto 12/ADU

Segundo Barcelos (2014) as transformações no uso do solo no meio rural decorrentes do avanço do agronegócio estendeu ao respectivo núcleo urbano, que apesar de ter tido um planejamento prévio, com seu espaço com largas avenidas e canteiros centrais, praças rotatórias, generosas calçadas, arborização urbana, áreas verdes e lagos naturais, não ficou imune as modificações impostas ao meio adjacente, sendo que o crescimento urbano impôs uma excessiva pavimentação asfáltica em detrimento ao uso do solo permeável, com nítida

substituição de espécies arbustivas próprias para o sombreamento por espécies vegetais para embelezamento.

Esses resultados condizem com o que era esperado, pois foi priorizado a área central da cidade, especificamente no entorno das duas principais avenidas, Natalino João Brescansin e Tancredo Neves. As direções percorridas pelo transecto desde o Ponto 1 ao 12 foram NW, N, SW, NE, S e NW, sendo que o percurso identificou em toda a sua extensão as três classes de uso do solo (Tabela 8) propostas.

Tabela 8: Discriminação das classes do uso do solo no percurso na área central de Sorriso/MT

Pontos	Classes de uso do solo	Características principais
1,2,8,12	Alta Densidade Urbana (ADU)	Áreas densamente ocupadas por construções horizontais, com verticalização quase nula. Caracteriza-se por apresentar densa concentração de concretos, pavimentação asfáltica, maior concentração de pedestres e de maior movimento no trânsito, devido se concentrar próximo da área comercial, expressão de máxima valorização do espaço, que no estudo foi caracterizado pela Rua Costa e Silva (P1 e P12), Av. dos Imigrantes (P2) e Rua Edgar Garcia de Siqueira (P8).
3,4,5,9,10,11	Corredor Comercial (CC)	O corredor comercial apresenta áreas densamente ocupadas por construções horizontais, com cobertura vegetal quase ausente, sendo que a arborização viária é bastante limitada. Caracteriza-se por ter intenso uso do solo, maior concentração de atividades econômicas. Há predomínio de pavimentação asfáltica (praticamente 100%) e intenso e constante fluxo de veículos e pedestres e escassez de vegetação, que no estudo foi caracterizado pela Av. Natalino João Brescansin (P3, 4 e 5) e Av. Tancredo Neves (P9, 10, 11).
6,7	Área verde (AV)	Compõem-se principalmente de matas ciliares e de transição cerrado e floresta no centro e periferia, sendo que neste último há uma área da representação semelhante a reserva florestal. Dentro da cidade, estas áreas estão representadas através da vegetação presente nos quintais, praças, caminhos públicos e espaços vazios, que no estudo foi caracterizado pela Av. Marginal Esquerda (P6) e Av. Otávio de Souza Cruz (P7).

Os resultados percentuais obtidos com vetorização da área de estudo confirmou a visualização feita *in loco* (Tabela 9) em que mostrou que mais de 90% do espaço de estudo era composta por áreas densamente construídas que são grandes absorvedores de calor sensível (parcela da radiação líquida utilizada para o aquecimento do ar atmosférico), que tendem a interferir nas condições ambientais nesse entorno.

Tabela 9: Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na área central da cidade de Sorriso

Classes de usos	Área ocupada (m ²)	Distribuição (%)
Área construída	1.311.995,00	71,45
Pavimentação asfáltica	352.000,32	19,17
Área verde	172.177,53	9,38
Total da área do buffer	1.836.172,85	100

Percebeu-se pelo resultado do mapeamento no entorno do percurso (Figura 22) que na sua maior extensão predominou as classes áreas construídas e pavimentação asfáltica, que aliados contribuíram para o armazenamento de calor antropogênico nesses locais, ocasionando desconforto térmico e ilha de calor urbanas no período noturno.

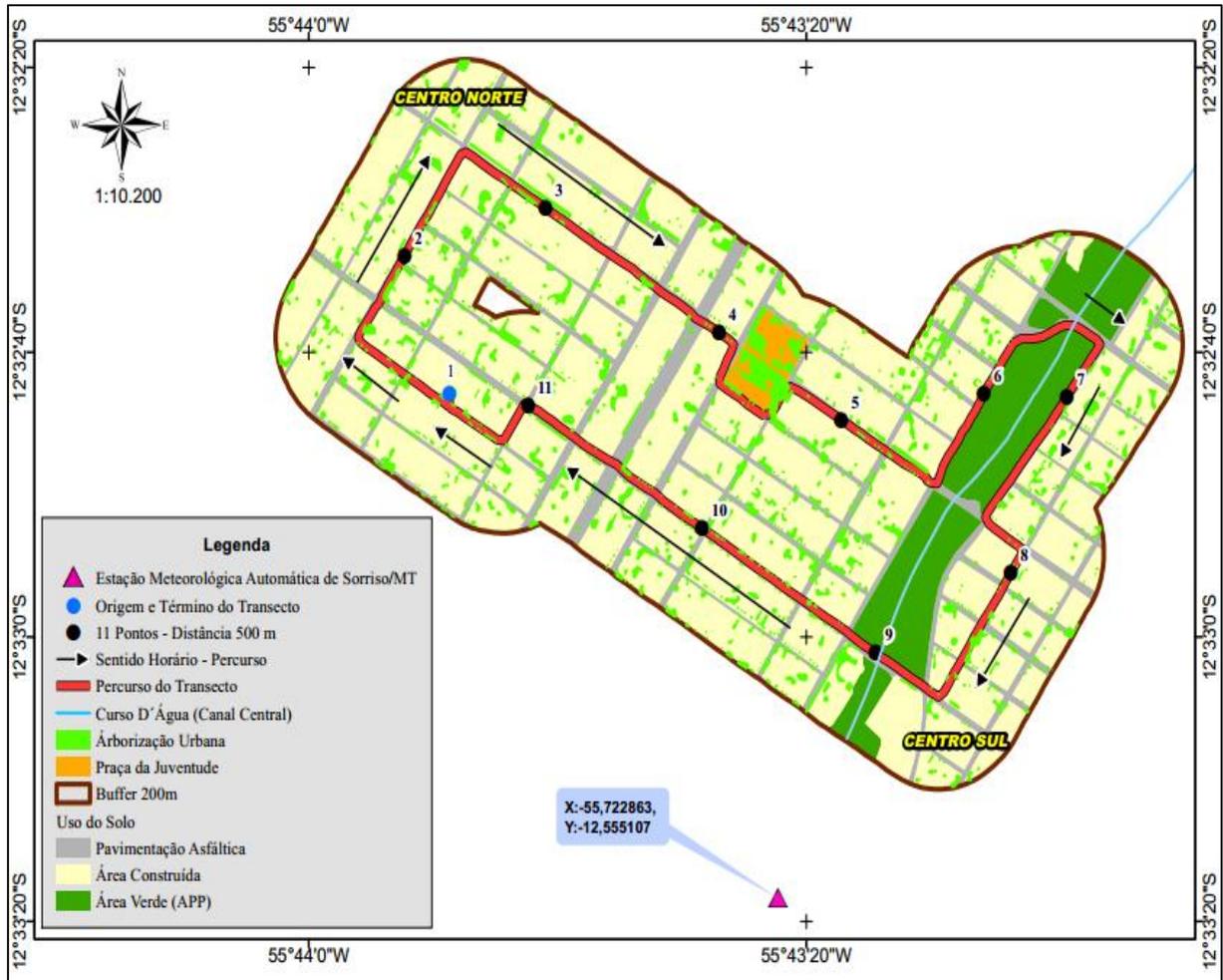


Figura 22: Mapa de uso e ocupação da área de estudo com 11 pontos amostrais
Elaboração: Lidiane Maria de Moraes Costa

Segundo Maitelli (1994) o período noturno é o mais apropriado para avaliar se as diferenças de uso do solo interferem no microclima local, sobretudo porque as áreas mais densamente urbanizadas tendem a armazenar mais energia em forma de calor sensível ao longo do dia e dissipar mais lentamente à noite, se comparadas às superfícies vegetadas. Essa constatação foi observada no estudo, onde as maiores temperaturas e menores valores de umidade foram obtidas no entorno do Pontos 3, 4 e 5 se comparadas aos Pontos 6 e 7, evidenciando maior amplitude térmica e desconforto no primeiro local.

Estudo de Dubreuil e Delahaye (2010), França e Gomes (2014) e França et al. (2016) constaram que além do excesso de materiais construtivos na área central, esses três pontos apresentaram relevante verticalização, que canalizou a circulação natural dos ventos, dificultando a dissipação dos poluentes e a dinâmica atmosférica, provocando problemas urbanos, entre eles os mais perceptíveis foram o aumento da temperatura média, máximas e mínimas, a redução das taxas de umidade relativa do ar, o surgimento de ilhas de calor urbanas, o aumento das precipitações e inundações e o desconforto térmico.

O estudo de Alves et al. (2011) corrobora com esta constatação, pois, os autores analisaram a dinâmica de crescimento urbano na cidade de Anápolis/GO e verificaram que o desconforto térmico foi mais perceptível na área central devido à alta densidade de área impermeabilizada e construída, além do fato de haver maior circulação de pessoas e veículos.

Diversos estudos evidenciaram que o uso excessivo de materiais urbanos no ambiente construído contribui para o armazenamento de calor ao longo do dia e sua lenta dissipação à noite, provocando forte estresse térmico aos indivíduos, notadamente no período quente e seco, com forte insolação à tarde e sensível desconforto no início da noite (JARDIM, 2010; MACIEL et al., 2011; ALVES e BIUDES, 2012; FRANCO et al., 2013a; BARROS e MUSIS, 2013; SANTOS et al., 2013; FRANÇA et al. 2013).

Por fim, a terceira e última categoria observada foi a área verde, que geograficamente separa o centro norte e centro sul da cidade, que no seu entorno apresentou os menores registros de temperaturas e maiores valores de umidade relativa. Este fato está relacionado ao uso da parcela da radiação solar no processo de formação do calor latente (parcela da radiação líquida utilizada no processo de evapotranspiração) que ocorreu naquele local por estar inserido dentro de uma Área de Preservação Permanente (APP).

Estudo de Alves e Biudes (2012) ao analisarem os padrões de temperatura e umidade em um recorte na cidade de Cuiabá, corroboram ao explicar que as áreas afastadas e com arborização proporcionam um arrefecimento da temperatura do ar e um acréscimo da umidade relativa devido ao processo de evaporação e transpiração do vegetais (evapotranspiração).

Franco et al. (2013b) ao estudar o bairro do Porto em Cuiabá, através do método do transecto móvel ressaltou a importância das áreas verdes no ambiente urbano. Os autores afirmaram que as árvores são elementos fundamentais para a paisagem urbana, atuando como fator de atributo ambiental, pois melhora a qualidade do ar, da água, dos solos e do clima, evitando o reflexo do calor provocado pelo aquecimento do asfalto e elevando a umidade do ar devido à evapotranspiração. A vegetação em vias públicas é responsável pela captação ou retenção de material particulado, reciclagem de gases através dos mecanismos fotossintéticos e também retenção de níveis de ruído.

5.2 Comparação dos dados da série temporal com as variáveis microclimáticas do transecto

Os resultados médios anuais da série temporal da temperatura e umidade relativa do ar às 20h (00:00 UTC) mostraram a atuação da sazonalidade climática na área de estudo (Figura 23). A análise desse fato contribuiu para identificar que as condições ambientais, em média, no

que diz respeito a temperatura e umidade são mais preocupantes e desconfortáveis na estação quente-seca se comparada a estação quente-úmida.

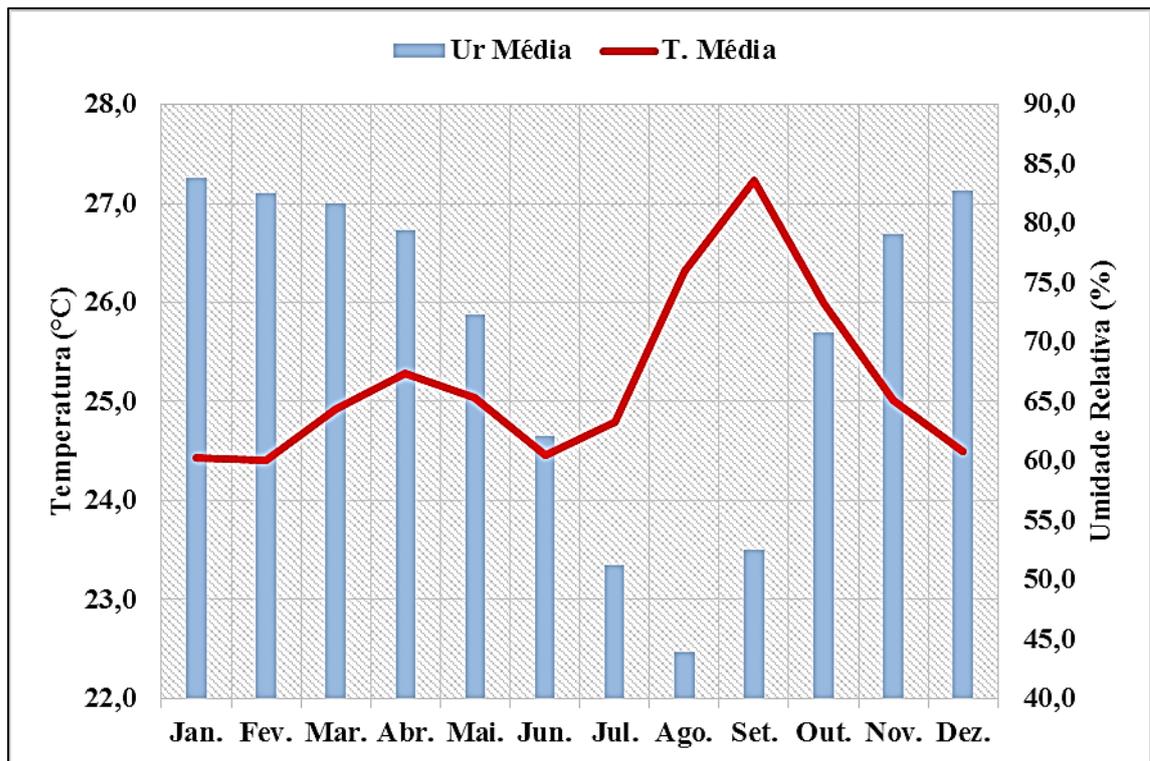


Figura 23: Comportamento padrão da curva termo-higrométrica na série temporal às 20:00h (00:00 UTC)

Fonte: INMET (2016)

Os resultados da comparação entre as médias mensais horárias das variáveis com os dados do transecto móvel (Tabela 10), especificamente no período em análise, mostraram que na estação quente-seca de 2015 os valores da temperatura superaram e da umidade foram inferiores à média histórica, sendo que na estação quente-úmida ambos mantiveram-se mais elevados.

Tabela 10: Médias mensais horárias das variáveis microclimáticas às 20:00h (00:00 UTC)

Meses	Médias/Série temporal (2003/2017)				Transecto Móvel		Ano/Estação
	Temp.	Umid.	Prec.	V. vent.	Temp.	Umid.	
Ago.	26,3	43,9	0,0	0,8	28,4	42,0	2015/quente-seco
Set.	27,2	52,5	0,0	0,8	29,4	47,9	2015/quente-seco
Jan.	24,4	83,8	0,4	0,7	25,4	88,8	2016/quente-úmido
Fev.	24,4	82,5	0,3	0,7	25,4	87,1	2016/quente-úmido

Fonte: INMET (2016); o Autor (2016)

Essa constatação foi motivada pela atuação do fenômeno El Niño na região, que interferiu nas condições sinóticas, influenciando principalmente nas variáveis de temperatura e precipitação na estação quente-seca e o desigual adensamento urbano no entorno do percurso do transecto se comparado aos arredores da estação de referência na estação quente-úmida.

Os resultados médios da precipitação reforçaram esta constatação, no qual foi possível perceber que as chuvas concentradas na estação quente-úmida (mesmo em pequenas quantidades para o horário), interferiram nas condições de conforto térmico devido à elevação dos valores da umidade relativa do ar e amenização da temperatura média do ar. O oposto, observado nos meses da estação quente-seca, contribuíram para piorar as condições de conforto. Os resultados da velocidade média dos ventos mostraram que essa variável se manteve praticamente constante (0 a 1 m.s⁻¹) caracterizada como calmarias (MUNHOZ e GARCIA, 2008), não interferindo diretamente na amenização das condições ambientais locais nesse período.

5.3 Análise estatística das variáveis microclimáticas e dos índices de conforto nas estações

Os resultados dessa análise (Tabela 11) mostraram distribuição normal para o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra ($\alpha = 0,05$) para os dados médios horários das variáveis e os índices aplicados em ambas estações. Costa Neto (2002) esclareceu que esse método visa testar a aderência, em que a variável de teste é a maior diferença observada entre a função de distribuição acumulada do modelo e da amostra.

Tabela 11: Estatística descritiva para a estação quente-seca e quente-úmida

Estatística	Estação quente-seca				Estação quente-úmida			
	Temp.	UR	IC	ITU	Temp.	UR	IC	ITU
N	261	261	261	261	256	256	256	256
Intervalo	2,3	7,7	1,8	1,6	0,7	5,6	1,7	0,5
Mínimo	27,6	41,9	28,1	24,8	25,0	86,2	25,6	24,6
Máximo	29,9	49,6	30,0	26,4	25,8	91,8	27,3	25,1
Média	28,9	44,8	29,1	25,7	25,4	88,3	26,1	24,8
D. Padrão	0,66	2,19	0,54	0,47	0,21	1,60	0,50	0,13
Variância	0,44	4,80	0,29	0,22	0,04	2,59	0,25	0,01
Assimetria	-0,29	0,64	-0,18	-0,23	-0,24	0,74	-0,34	0,003
Curtose	-0,92	-0,58	-1,12	-1,06	-1,02	-0,54	-0,91	-1,12

Segundo estudo de Souza et al. (2004), mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, que a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área de estudo, o que foi observado, ou seja, ocorrência de estacionaridade necessária ao uso da geoestatística.

5.4 Análise geoestatística das variáveis microclimáticas e dos índices nas estações

5.4.1 Semivariogramas

Os resultados dos dados em semivariogramas mostraram que os melhores ajustes ocorreram com o modelo isotrópico² em ambas estações, sendo que as médias das variáveis e

² Mckillup e Dyar (2010) abordam a base teórica sobre os principais e mais utilizados modelos disponíveis de semivariogramas

dos índices aplicados evidenciaram o predomínio do modelo isotrópico esférico, que apresentou os melhores ajustes (Tabela 12).

Tabela 12: Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais das médias mensais horárias, 20h (00:00UTC) – estação quente-seca e estação quente-úmida

Parâmetro	Estação quente-seca				Estação quente-chuvosa			
	Temp.	Umid.	IC	ITU	Temp.	Umid.	IC	ITU
Modelo	Esf. ⁽¹⁾	Exp. ⁽²⁾	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.
Efeito Pepita	0,00050	0,00010	0,00080	0,00340	0,00110	0,00320	0,00470	0,00010
Patamar	0,10600	0,11720	0,11060	0,11180	0,11620	0,12540	0,11140	0,09720
Alcance (a) ⁽³⁾	744	473	697	754	872	1334	869	707
r ² ⁽⁴⁾	0,935	0,957	0,927	0,924	0,937	0,956	0,918	0,909
SQR ⁽⁵⁾	6,520E-04	4,976E-04	7,748E-04	8,061E-04	8,062E-04	6,632E-04	9,026E-04	7,992E-04

⁽¹⁾ Modelo Esférico; ⁽²⁾ Modelo Exponencial; ⁽³⁾ Valores em metros; ⁽⁴⁾ Coeficientes de determinação; ⁽⁵⁾ Soma dos quadrados dos resíduos

Percebeu-se nos modelos que o efeito pepita esteve próximo ao desejado, o patamar manteve-se em torno de 0,11 (em média), o maior e menor alcance foram registrados pela umidade relativa. No geral, os modelos apresentaram fortes coeficientes de determinação, sendo que o menor erro foi observado com a umidade relativa na estação quente-seca, sendo este modelo a única exceção entre os demais.

Os resultados obtidos pela validação cruzada apontaram que os modelos ajustados foram propícios para a aplicação do método da krigagem ordinária (Tabela 13).

Tabela 13: Valores obtidos da validação cruzada das variáveis e dos índices estimados

Estação	Var./Índ.	Coefficiente de regressão	Soma do erro	r ²	Intercepto	Soma do erro de predição
Quente-Seca	Temp.	1,003	0,007	0,987	-0,10	0,079
	Umid.	1,002	0,003	0,997	-0,10	0,118
	IC	1,003	0,009	0,979	-0,10	0,080
	ITU	1,026	0,016	0,946	-0,66	0,112
Quente-Úmida	Temp.	1,003	0,005	0,994	-0,09	0,017
	Umid.	1,005	0,005	0,993	-0,48	0,135
	IC	1,007	0,006	0,991	-0,19	0,049
	ITU	0,999	0,009	0,981	0,03	0,019

5.4.2 Krigagem ordinária dos dados e análise da variabilidade diária dos índices

Os resultados nas médias da temperatura do ar durante a estação quente-seca (Figura 24) identificaram que os Pontos 3, 4 e 5 apresentaram valores mais elevados de temperatura, se comparados ao entorno da área verde (Ponto 7). Resultado semelhante foi observado por Sun (2011) em uma cidade de Taiwan, onde foram utilizados quinze transectos móveis durante cinco dias e em três horários da estação quente-seca. Nesse estudo foi observado que no período noturno a temperatura média mais elevada possuía relação com a intensa densidade de construções que liberou mais calor a partir do material de superfície e instalações de prédios. Na estação quente-úmida (Figura 25) os dados interpolados mostraram que a temperatura foi mais amena oscilando no percurso cerca de 1°C.

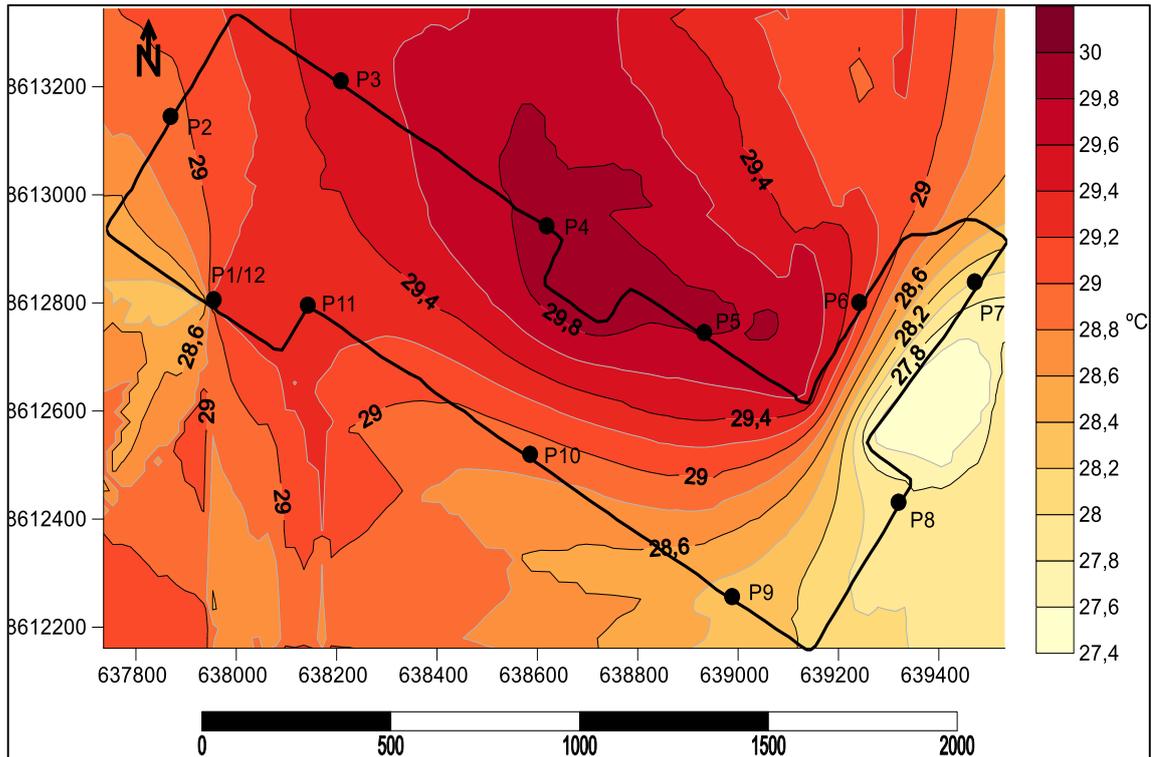


Figura 24: Variabilidade média horária espacial da temperatura (°C) – estação quente-seca.

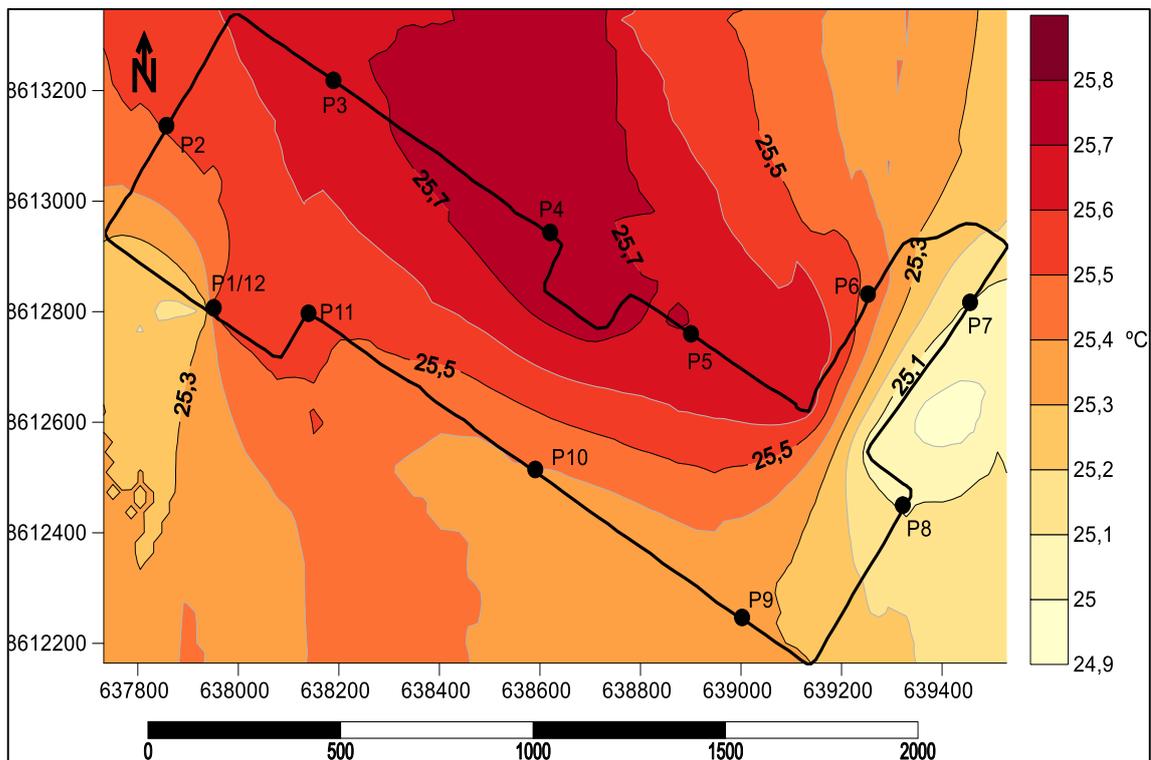


Figura 25: Variabilidade média horária espacial da temperatura (°C) – estação quente-úmida.

Percebeu-se que entre os Pontos 7 e 9 ocorreu o arrefecimento das temperaturas. Esse fato tem relação devido à proximidade desse entorno com a área verde. Estudo de Abreu-Harbich et al. (2015) discutiu sobre aos efeitos das espécies arbóreas no conforto térmico nos trópicos, onde foram analisadas doze espécies arbóreas de ambientes tropicais e utilizado o PET

para verificar o conforto térmico. O estudo evidenciou a contribuição dessas espécies, sendo que os resultados mostraram que o sombreamento de árvores pode influenciar significativamente o conforto térmico humano expresso pelo índice. A espécie *C. pluviosa* F. mostrou ser a melhor para arrefecer as temperaturas e melhorar os níveis do PET quando aglomerado várias espécies. Os autores concluíram que a vegetação quando adequada para sombrear áreas públicas e privadas torna-se essencial para mitigar o estresse térmico contribuindo para melhoria do conforto térmico humano, especialmente nas cidades.

Os resultados médios da umidade relativa durante a estação quente-seca (Figura 26) mostraram uma sensível amplitude entre os valores no percurso, enquanto que na estação quente-úmida (Figura 27) essa ocorrência tenha sido menor. O entorno da área verde apresentou os valores mais elevados, em ambas estações, devido à presença arborização e cursos d'água existentes nas imediações aliado ao processo de evapotranspiração.

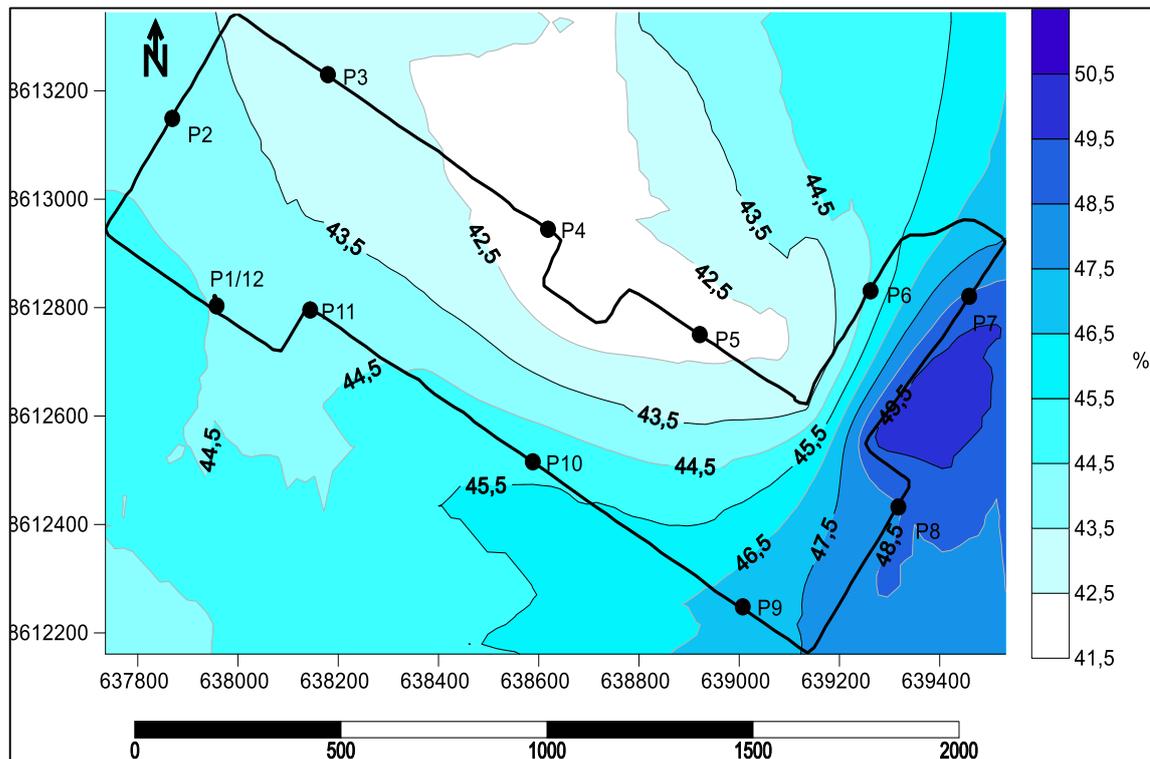


Figura 26: Variabilidade média horária espacial da umidade (%) – estação quente-seca.

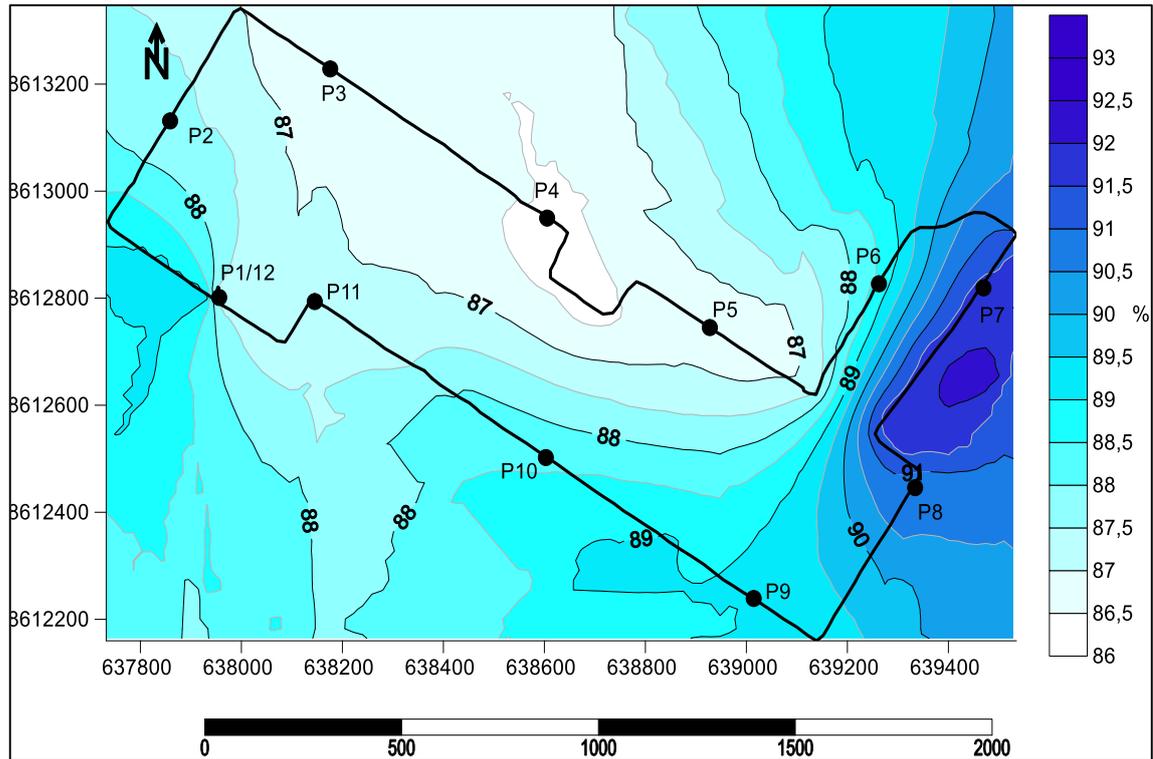


Figura 27: Variabilidade média horária espacial da umidade (%) – estação quente-úmida.

Estudo de Chow et al. (2016) ao avaliar o microclima dentro de um parque florestal tropical urbano em Cingapura mostrou que a vegetação foi uma estratégia viável para a redução do calor urbano e do desconforto térmico. Os autores analisaram a temperatura média radiante através da derivação de três índices de conforto térmico: o Índice de Temperatura e Umidade, o PET e o Índice de Temperatura do Globo durante duas estações. Concomitantemente pesquisaram usuários do parque com perguntas sobre a sensação térmica dos mesmos naquele local. Concluíram que a maioria dos entrevistados sentiu-se confortável naquele ambiente, sendo que o dossel com vegetação reduz a exposição ao vento e a radiação, proporcionando conforto térmico ao ar livre.

Os resultados dos dados médios da temperatura identificaram ICU de moderada magnitude (entre 2°C e 3,5°C) na estação quente-seca e de fraca magnitude (entre 0,5°C e 1,8°C) na estação quente-úmida (Figura 28). Percebeu-se a partir desses resultados que a sazonalidade regional interferiu nas condições higrotérmicas na área central.

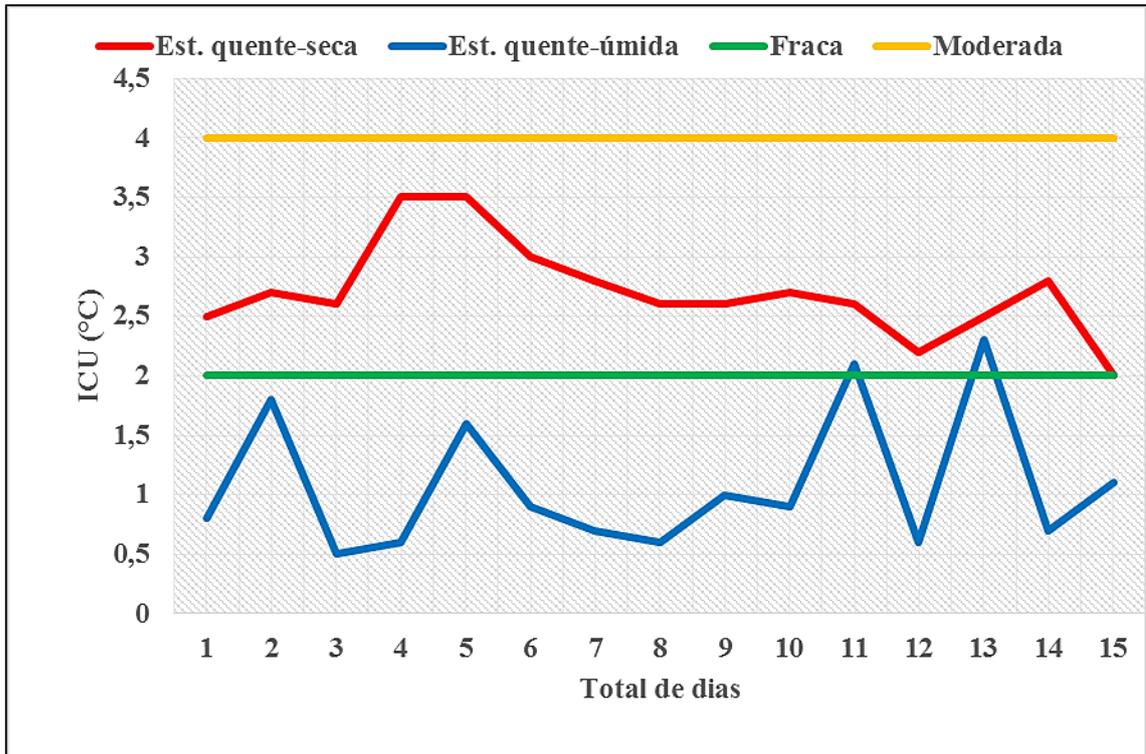


Figura 28: Variabilidade da ICU durante episódios da estação quente-seca e quente-úmida.

Estudo feito por França e Gomes (2014) para identificar ilhas de calor urbana no perímetro urbano de Sorriso durante a estação chuvosa, conseguiu identificar ICU de fraca magnitude (1,7 °C), com temperaturas variando entre 22,9°C e 27,3°C e umidade relativa entre 79% e 90%.

Nesse contexto é válido ressaltar a importância das condições sinóticas na área de estudo. Durante a estação quente-seca as condições sinóticas apresentaram predominância de estabilidade atmosférica na região, caracterizada pela presença de uma imensa massa de ar quente-seca, a mTc. Além disso, esse período foi marcado pela presença do fenômeno El Niño que impactou diretamente nas elevadas temperaturas registradas no período, juntamente com baixos valores de umidade relativa do ar, que proporcionou o atraso no início das chuvas que geralmente ocorrem na região na segunda quinzena de setembro. O mesmo evento impactou o ciclo anual da produtividade agrícola, sendo que a escassez de chuvas no início do plantio e a sua ausência contribuíram para diminuir a safra de soja e milho respectivamente, implicando na redução do volume acumulado desses grãos no ano agrícola 2015/16³.

Na estação quente-úmida as condições sinóticas mudaram com o avanço da atuação da mEc, que mesmo sofrendo com o El Niño, ocasionou momentos de aumento da nebulosidade, redução da insolação e consideráveis volumes pluviométricos. Esses parâmetros

³<http://www.noticiasagricolas.com.br>

aliados inferiram nas condições de conforto térmico favorecendo noites mais agradáveis, especialmente no entorno da área verde.

Estudo de Viana e Amorim (2010) mostrou que a inércia calórica dos materiais constituintes do meio urbano (asfalto, concreto), a vegetação (arbórea e rasteira), o calor antropogênico, os sistemas atmosféricos atuantes foram fatores decisivos para a configuração das diferenças térmicas e higrométricas intraurbana em Teodoro Sampaio, São Paulo. As autoras (2010) comprovaram que as diferenças térmicas intraurbana registradas na cidade estão ligadas diretamente à heterogeneidade da ocupação do solo e suas funcionalidades, contribuindo para a geração de ilhas de calor.

Buyadi et al. (2013) ao estudarem as mudanças no uso do solo em uma cidade tropical na Malásia através de imagens de satélite Landsat 5 TM em uma série histórica de dezoito anos constataram que a ilha de calor evoluiu no período cujas as áreas naturais foram substituídas por superfícies pavimentadas. Entretanto, os autores destacaram que as medidas tomadas pelos órgãos gestores com intuito de plantar mais árvores contribuiu para mitigar os efeitos da ilha de calor naquela localidade.

Estudo de Amorim et al. (2015) sobre modelagem espacial da ilha de calor em Presidente Prudente/SP obteve resultados próximos ao perfil desse fenômeno discutido por Oke (1984). Nesse estudo foram levados em consideração para estimar a temperatura do ar no ambiente urbano e rural próximo, considerando-se os detalhes das características da superfície (uso da terra, vegetação e relevo), sendo que ficou evidenciado que os locais mais amenos no espaço intraurbano daquela cidade não estão relacionados com a proximidade do ambiente rural, mas sim com a baixa densidade de construções, a quantidade significativa de vegetação arbórea e rasteira e o relevo. No sentido inverso, áreas relativamente próximas ao ambiente rural, possuem temperaturas muito maiores, algumas delas próximas à temperatura da área central, resultantes do adensamento e da carência de vegetação.

Os resultados da aplicação dos índices mostraram que tanto na estação quente-seca quanto na estação quente-úmida, os pontos mais desconfortáveis estão na área mais densamente construída (Pontos 3, 4 e 5) caracterizada por intensa pavimentação e impermeabilização, atravessada pela Avenida Natalino João Brescansin, um dos corredores comerciais mais importantes da cidade. Essas características contribuíram para que houvesse um maior armazenamento de calor sensível ao longo do dia nesse entorno, que foi dissipado lentamente no início da noite mantendo a região com grande desconforto térmico. Em contrapartida, observou-se que entre os Pontos 7 e 9, áreas sobre a influência da área verde, foram os menos desconfortáveis em ambas estações.

Nesse ponto, estudo de Coutts et al. (2015) ao analisar a contribuição das árvores nas condições de conforto térmico no microclima em ruas de Melbourne, Austrália, utilizando o UTCI em episódios de verões e eventos de calor, identificaram situações em que a presença de árvores arrefeceram o ambiente local em um máximo de 1,5°C, sendo que estas foram eficazes na redução diurna daquele índice, principalmente devido ao sombreamento proporcionado contribuindo para a redução da temperatura média radiante. Os autores sugeriram que as árvores em determinadas ruas na paisagem urbana devem ser distribuídas espaçadamente com intuito de maximizar a área sombreada garantindo o arrefecimento e ventilação diurna implicando em melhorias no conforto à noite. Percebeu-se assim, que mesmo em localidades distintas sazonalmente a área de estudo, a contribuição da arborização impactou em melhorias do conforto térmico, pois a evapotranspiração proporcionadas pelas árvores no entorno amenizam os registros das variáveis aplicadas no índice.

Os resultados obtidos com a aplicação do IC (Figura 29) na estação quente-seca apontaram que a área mais desconfortável na região central foi a mesma que apresentou as maiores temperaturas (Pontos 3 a 5), com predomínio de níveis cautela. O mesmo foi verificado na estação quente-úmida (embora com menor intensidade), contudo foi constatado que na maior extensão do percurso predominou nível de conforto (Figura 30). Essa constatação está relacionada com a sazonalidade nesse período.

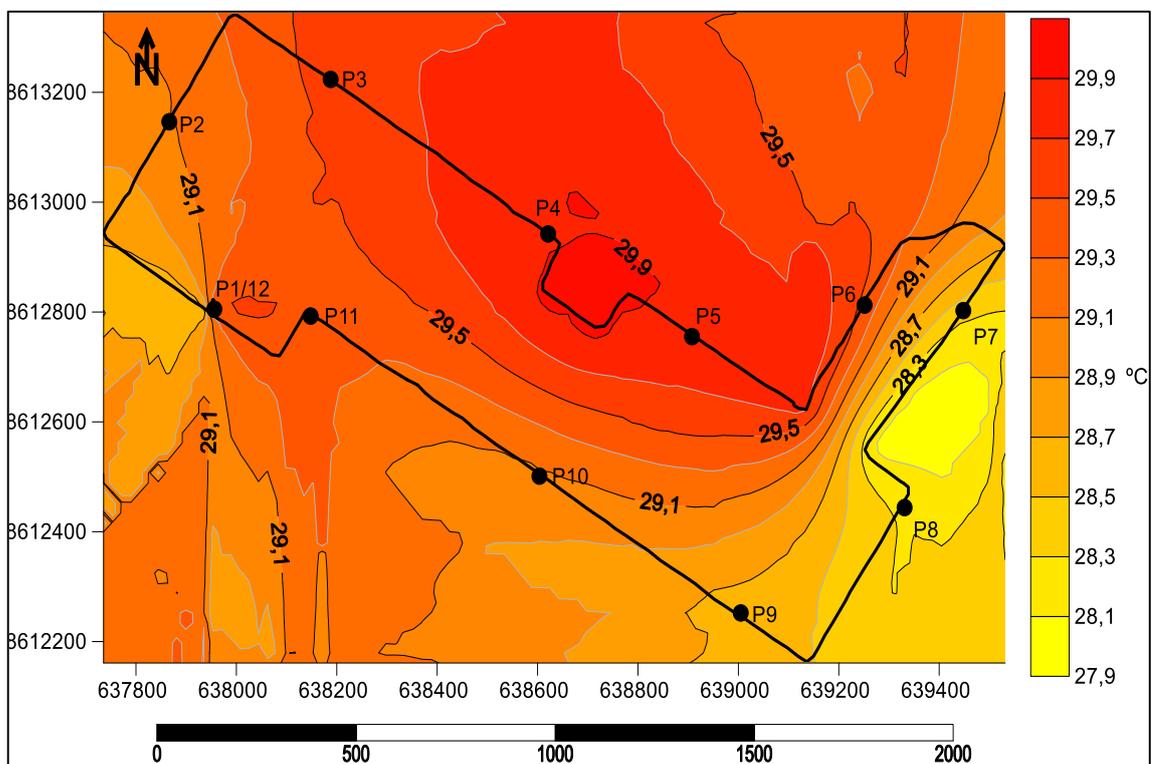


Figura 29: Variabilidade média horária espacial do IC (°C) – estação quente-seca.

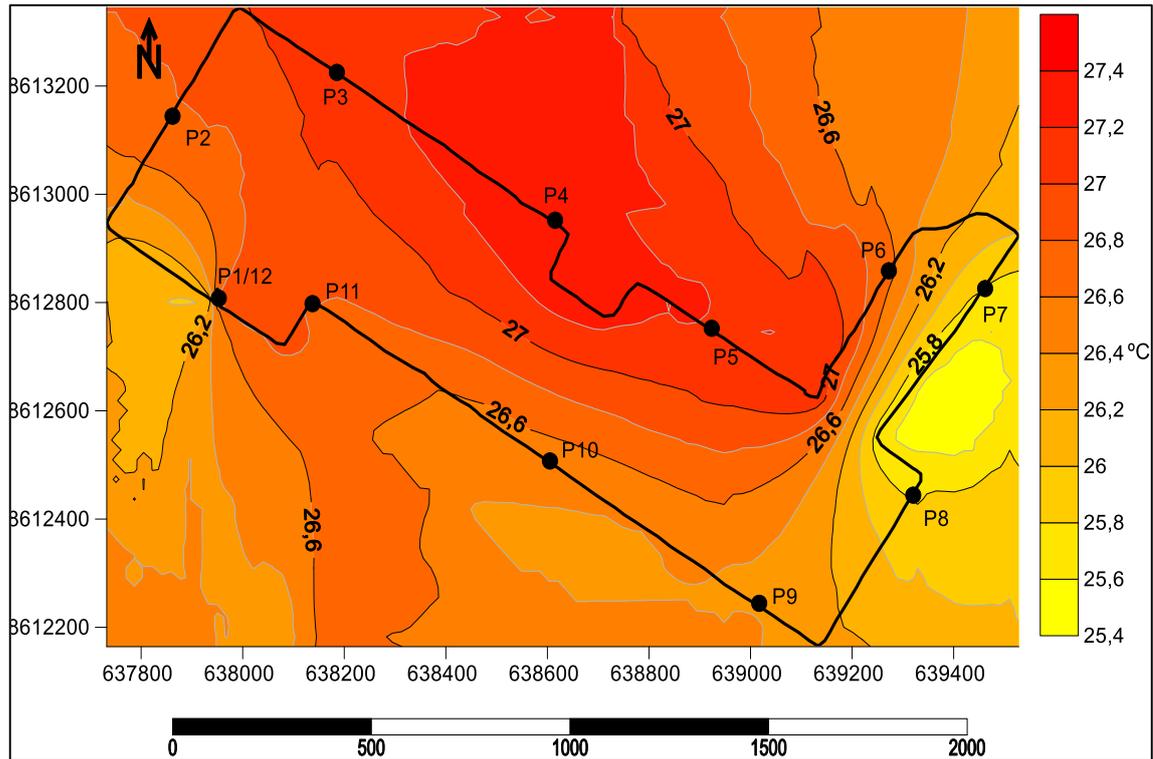


Figura 30: Variabilidade média horária espacial do IC (°C) – estação quente-úmida

Costa et al. (2013) corroboraram nessa afirmativa ao explicar que o IC tende a ser mais afetado pelas interferências urbanas durante o período seco, não ocorrendo o mesmo no período chuvoso. Durante a época chuvosa, acredita-se que a presença de sistemas meteorológicos de grande escala tende a homogeneizar as condições meteorológicas predominantes nestes locais. Os autores ao analisarem o comportamento do IC em cidades com diferentes dimensões na região Amazônica durante a estação quente-úmida obtiveram resultados semelhantes, sendo que alguns itens foram relevantes nessa observação, tais como, os efeitos de nebulosidade que reduzem a insolação e as maiores precipitações, as quais proporcionam uma redução nas temperaturas do ar nesta época do ano.

Os resultados diários horários obtidos com a aplicação IC durante a estação quente-seca mostraram o predomínio de cautela em todos os dias (Figura 31), ou seja, valores que requerem certa atenção da população quanto a questão de evitar excessos de atividade nesse horário. Durante a estação quente-úmida houveram mais eventos confortáveis do que com cautela (Figura 32). Esse fato, como mencionado, deve-se a sazonalidade climática.

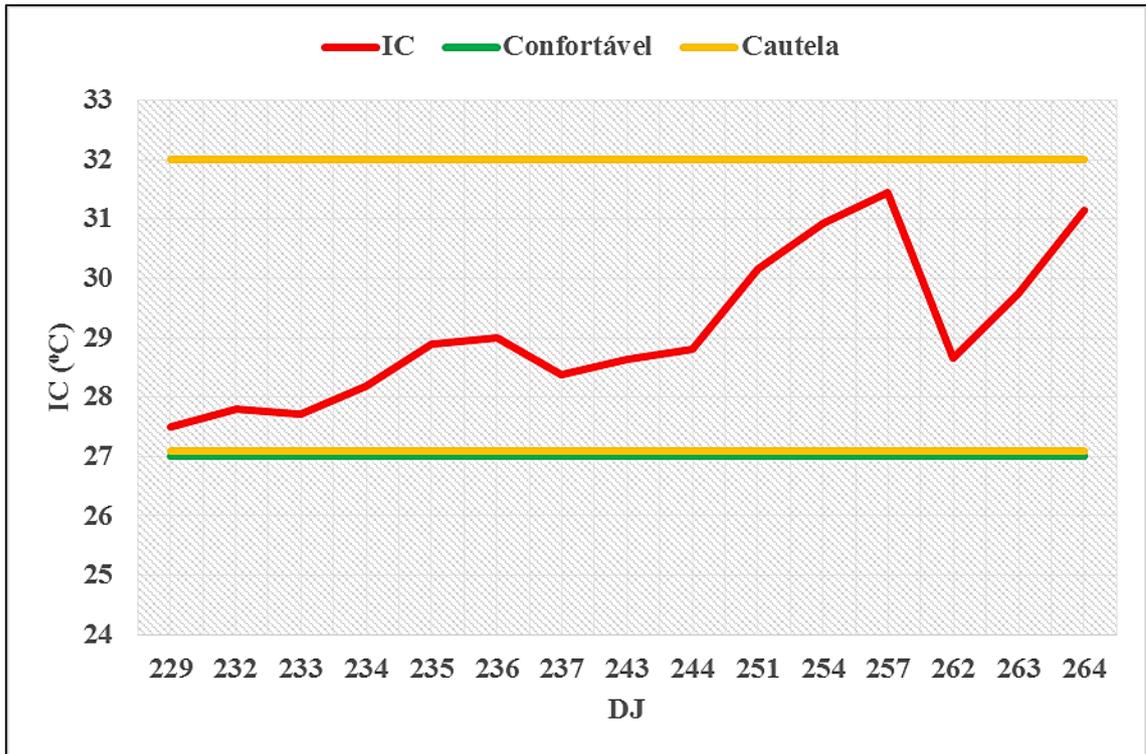


Figura 31: Comportamento padrão da curva do IC – estação quente-seca.

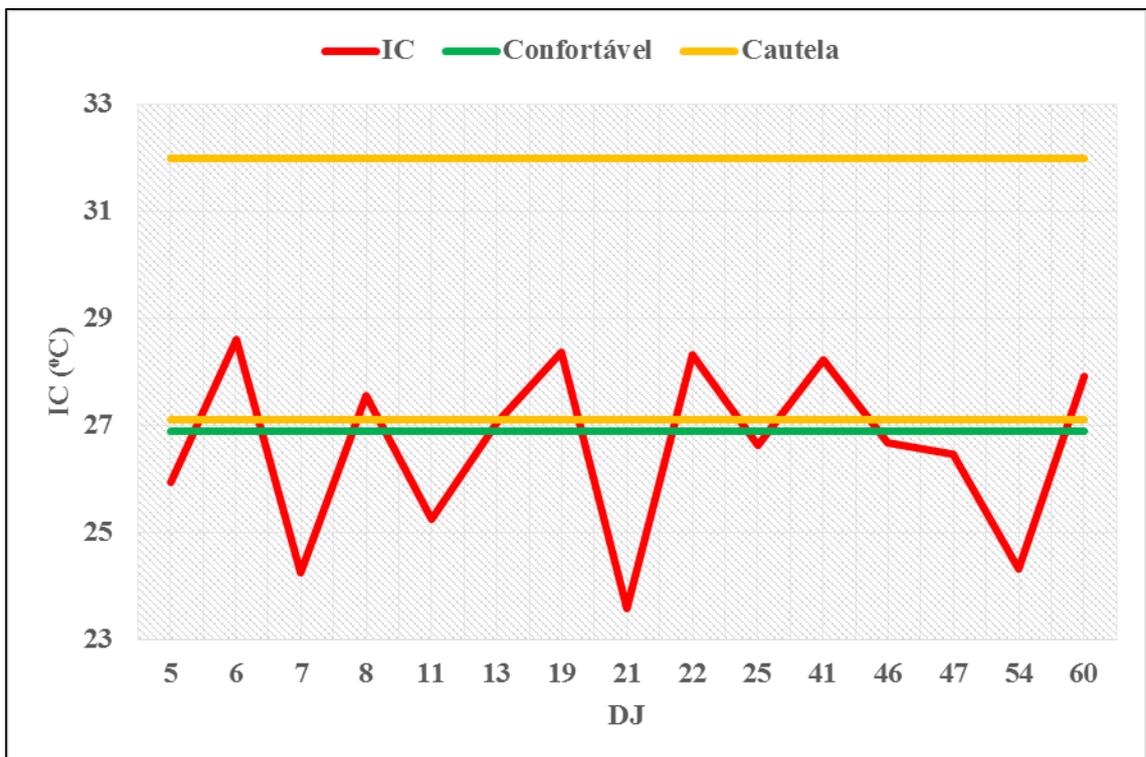


Figura 32: Comportamento padrão da curva do IC – estação quente-úmida.

Os resultados da aplicação do ITU mostraram o predomínio na estação quente-seca de dias levemente a extremamente desconfortáveis, notadamente entre os Pontos 3 e 5 (Figura 33). Na estação quente-úmida (Figura 34) houve predomínio de dias levemente desconfortáveis em todo o percurso. Esse fato evidenciou que esse índice mesmo com os elevados valores de

umidade relativa na segunda estação, não mensurou situações de conforto térmico possivelmente por superestimar essa variável.

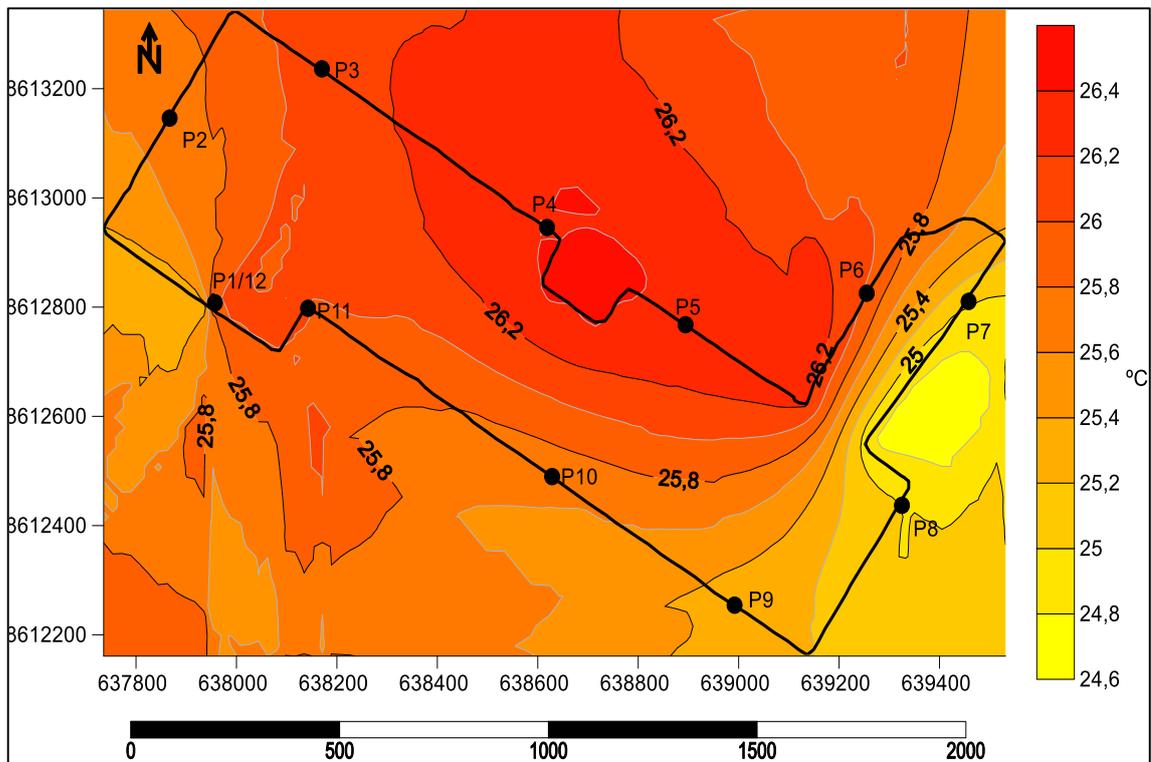


Figura 33: Variabilidade média horária espacial do ITU (°C) – estação quente-seca.

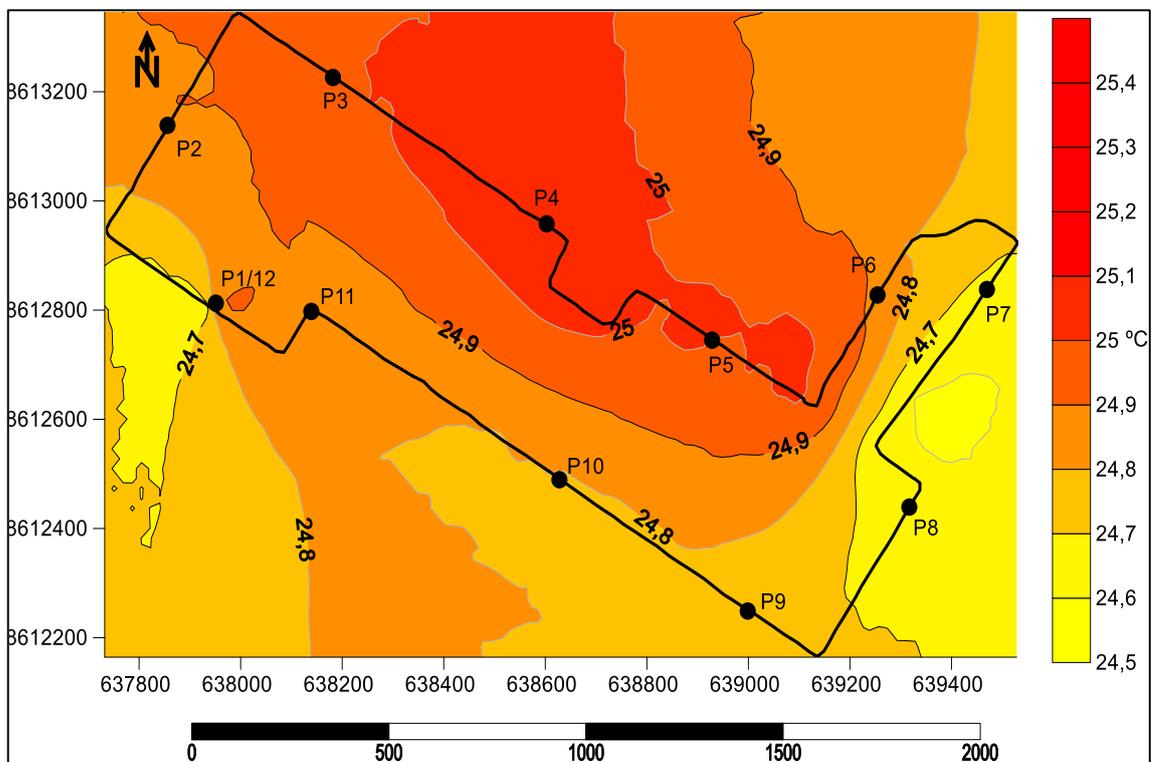


Figura 34: Variabilidade média horária espacial do ITU (°C) – estação quente-úmida.

Silva Júnior et al. (2010) corroboraram nessa explicação ao estudarem índices térmicos para cidade de Belém. Os autores afirmaram que o corpo humano geralmente resfria-se pela

transpiração, ou suando, na qual a água do suor evapora e retira calor do corpo. Entretanto, quando a umidade relativa está muito alta, a taxa de evaporação da água é reduzida. Assim, o calor é removido do corpo a valores mais baixos de umidade, mantendo mais calor no corpo do que teria numa situação com umidade elevada.

Nesse ponto, Chow et al. (2016) explicaram que em várias cidades de latitudes médias o ITU foi considerado um bom indicador para mensurar a sensação térmica. Entretanto, nos trópicos devido aos valores elevados de umidade relativa em certas épocas do ano, notadamente na estação quente-úmida, não remeteu às condições de conforto. Os autores afirmaram que esse índice seriam inaplicáveis para às cidades de baixa latitude, uma vez que os habitantes dos trópicos provavelmente tolerarão valores mais altos de umidade.

Os resultados do comportamento padrão da curva do ITU para a estação quente-seca apontaram os valores para os níveis levemente e extremamente desconfortáveis (Figura 35), enquanto na estação quente-úmida predominaram dias levemente desconfortáveis (Figura 36).

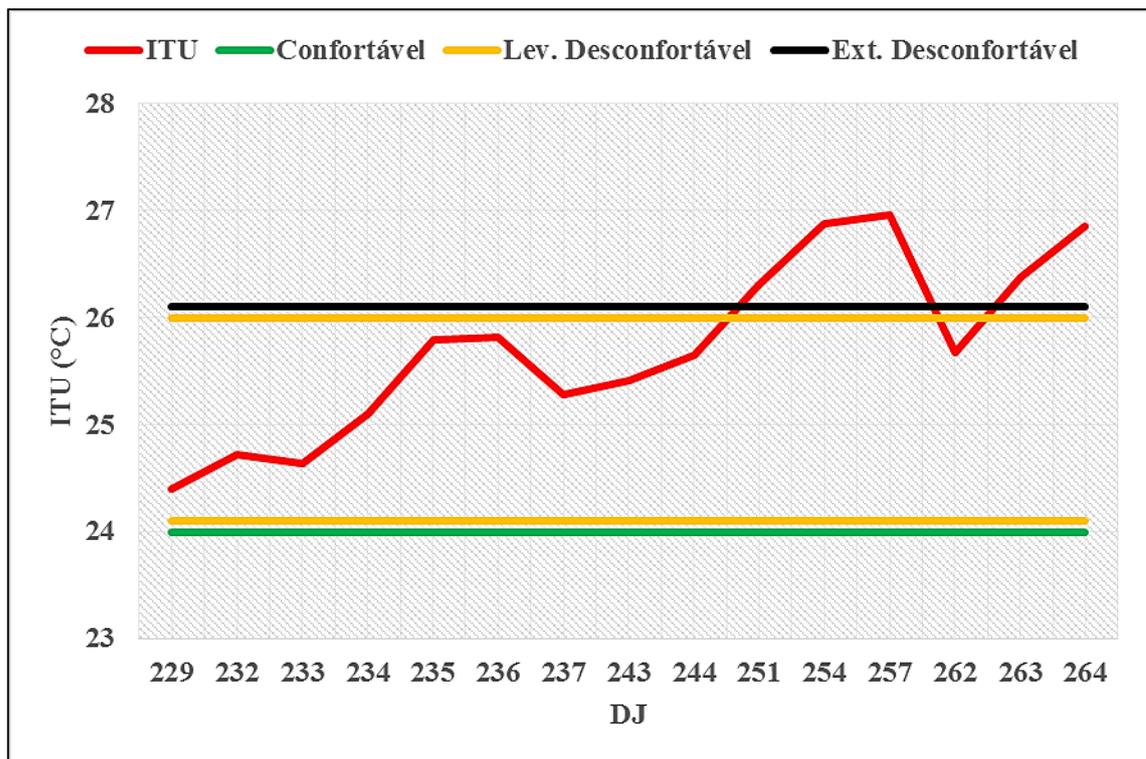


Figura 35: Comportamento padrão da curva do ITU – estação quente-seca.

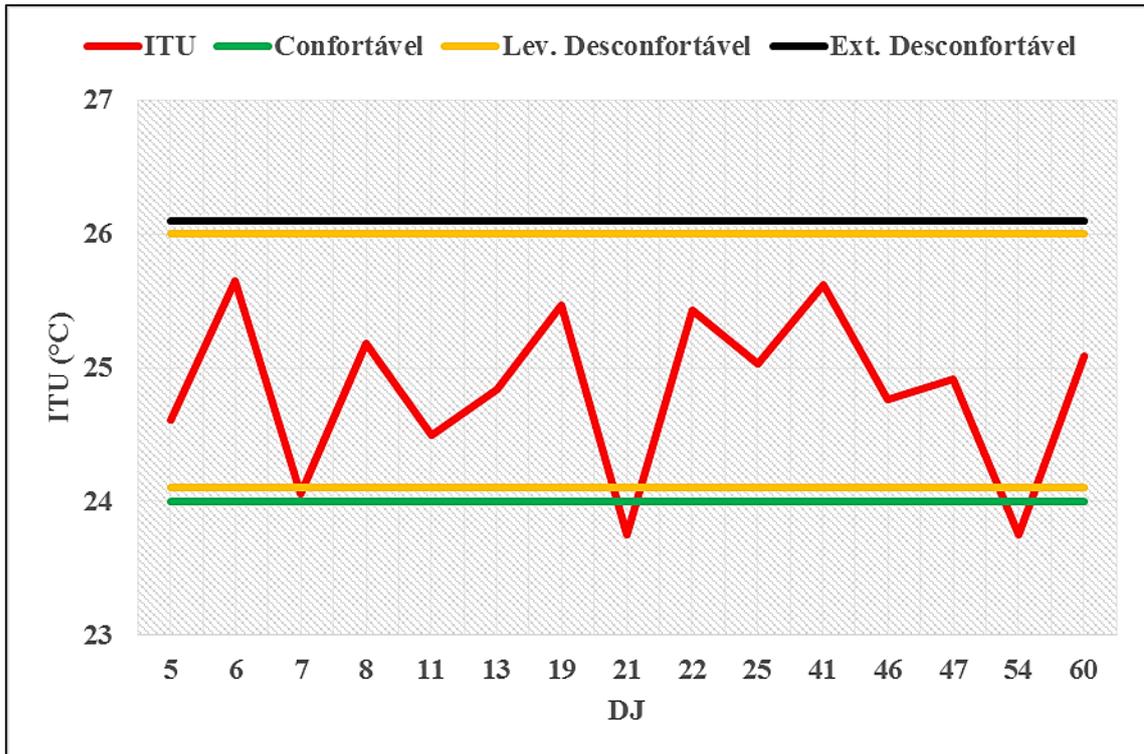


Figura 36: Comportamento padrão da curva do ITU – estação quente-úmida

Estudo de França et al. (2016) ao analisarem duas áreas distintas na cidade de Sorriso observaram que o ITU apresentou dias extremamente desconfortáveis pela manhã e tarde e levemente desconfortáveis a noite nesta estação. Porém, os autores ressaltaram que o período noturno foi o mais agradável no local menos construído devido à perda da radiação armazenada rapidamente por ter solo descoberto, possuir formação herbácea e estar próxima a uma mata nativa, enquanto o outro entorno dissipou mais lentamente a energia acumulada devido ao excesso de pavimentação e materiais construtivos.

Pesquisa de Freitas et al. (2015) contribuíram nesse entendimento ao enfatizar a importância da vegetação em ambientes urbanos, no caso a Mata Atlântica, na amenização microclimática, dada a evapotranspiração e o sombreamento são as principais estratégias de controle da radiação solar pela interceptação dos raios solares e conversão da energia radiante em calor sensível, o que reduz as temperaturas de superfície dos objetos sombreados, aumentando a umidade e a ventilação.

Assim, os resultados mostraram que quando comparadas as estações, a estação quente-úmida por apresentar temperaturas mais amenas e elevados valores de umidade relativa do ar decorrentes da sazonalidade climática regional, apresentou em média, uma tendência de ocorrência de mais eventos confortáveis que a outra estação.

Diante disso, observou-se que o estudo contribuiu para a avaliação do microclima urbano na área central de Sorriso/MT. Resultado semelhante foi obtido pelo estudo Fialho et al.

(2016) ao investigar as condições higrotérmicas de um núcleo urbano de pequeno porte na zona da mata mineira evidenciou que mesmo que essa variação não seja muito significativa e não se configure como um problema para a cidade, no que diz respeito ao conforto térmico para a população, etc., observa-se que aquilo que vem sendo estudado e investigado pelos estudos de clima urbano, independentemente de sua escala de análise, têm fundamento e deve ser colocado como pauta de discussão para o ordenamento e planejamento urbano.

5.5 Análise e identificação de Ilha de Frescor

A análise das variáveis microclimáticas na área de influência da área verde (Pontos 6, 7 e 9) mostraram que a arborização do entorno foi o fator determinante para arrefecimento da temperatura do ar e elevação dos valores da umidade, sendo que, a presença dessa área proporcionou melhorias nas condições atmosféricas e favoreceu a obtenção de níveis mais confortáveis para os índices aplicados naquele entorno. Percebeu-se que o local apresentou uma nítida IFU. Portanto, torna-se recomendável a manutenção e ampliação desses ambientes verdes pelo perímetro urbano de Sorriso/MT com intuito de mitigar as condições adversas provocadas pelo acelerado crescimento urbano, sobretudo pela impermeabilização e pavimentação do solo, sendo uma estratégia viável, prática e saudável para amenizar os rigores climáticos nos espaços urbanos.

Essa observação foi apontada em vários estudos no Brasil e no exterior, inclusive em ambientes distintos ao desta pesquisa, como o estudo de Lobato et al. (2016) que investigaram a contribuição da vegetação nas condições térmico-hídricas e percepções em um bairro na cidade de Abaetetuba, Pará. Os autores (2016) utilizaram o ITU e verificaram que apesar dos resultados sinalizarem níveis de desconforto nos quintais, para os moradores estes espaços representam os locais de maior agradabilidade ambiental e devem ser mantidos para atenuar efeitos de ilhas de calor na interface pavimentação-arborização.

Estudo de Freitas et al. (2015) ao avaliar o sistema termodinâmico em recorte na Universidade Federal da Paraíba utilizando o índice de Thom observou que os diferentes materiais de cobertura do solo e geometria das construções nos pontos observados exerceram influência sobre as trocas de energia e calor, alterando diretamente os valores das variáveis atmosféricas que cotrolam o nível de estresse térmico ambiental, sendo que a cobertura vegetal exerceu um papel preponderante para a manutenção das baixas temperaturas e as condições de conforto térmico.

O estudo de Mascaró (2006), por exemplo, ao analisar a área central da cidade de Porto Alegre afirmou que a principal contribuição da arborização no ambiente urbano é o

sombreamento, explicando que quando a rua tem árvores de grande porte que se igualam com a altura dos edifícios, o sombreamento da vegetação é mais significativo, reduzindo a importância dos efeitos da geometria e da orientação do recinto urbano, diminuindo a assimetria das sombras decorrentes da orientação do eixo da rua. Devido ao baixo valor do albedo, a energia que se gasta nos processos fisiológicos e a quantidade de vapor de água que produz, a vegetação constitui o material ideal para ser utilizado como sombreamento de verão na cidade.

Anjos et al. (2013) ao estudarem os contrastes topoclimáticos em Aracaju/SE através de campos térmicos e higrométricos evidenciaram que a latitude e a posição litorânea são importantes na determinação dos microclimas locais, mas ressaltaram que aliado a estes fatores, agrega-se a existência de vários cursos de água que cortam a cidade e a vegetação luxuriante, que desempenham papel amortizador dos contrastes térmicos e higrométricos, comprovado, nas áreas por eles ladeadas, por temperaturas menores e valores expressivos de umidade relativa, ao longo de todas as observações através dos transectos móveis, notadamente no entorno do Parque da Cidade.

Estudo de Viezzer et al. (2015) ao analisar o benefício microclimático proporcionado por uma praça na cidade de Curitiba/PR através de um levantamento meteorológico conseguiram verificar que o microclima na praça caracteriza-se por valores menores de temperatura e maiores de umidade relativa, quando comparados à via de seu entorno, sobretudo devido a arborização composta por indivíduos de grande porte desta que contribui para a melhoria climática da cidade, principalmente nas áreas mais próximas.

Abreu-Harbich et al. (2015) afirmaram que o plantio de árvores tornou-se uma boa solução para melhorar o conforto térmico em cidades tropicais, sendo imprescindível em escala micro, isto é, o plantio de árvores para produzir sombreamento nas condições mais adversas é o principal motor para melhorar o conforto térmico humano. Além do conforto térmico, o fator ecológico, econômico, cultural e os aspectos estéticos do planejamento devem ser considerados, tanto nas condições recentes, quanto nas condições futuras.

Estudo de Marafon et al. (2014) ao comparar métodos construtivos em habitações populares em Sinop/MT evidenciou que para melhorar a qualidade de vida das pessoas pelo espaço urbano torna-se necessário adequações nessas estruturas, sendo indispensável o aumento de áreas verdes, notadamente devido a pesquisa concluir que as habitações não são executadas com vistas ao conforto térmico.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se ao avaliar a aplicação dos índices que o Índice de Calor e o Índice de Temperatura e Umidade apresentaram respectivamente situações de predomínio de cautela e dias entre levemente e extremamente desconfortáveis na estação quente-seca e de conforto e dias levemente desconfortáveis na estação quente-úmida.

Esse fato evidenciou que as condições ambientais são preocupantes na área central da cidade de Sorriso/MT, apontando que a sazonalidade regional aliado com a diferenciação do uso do solo contribuíram para variações nas condições microclimáticas, sendo mais desagradável, em média, na primeira estação mencionada. Além disso, o Índice de Calor mostrou ser mais condizente com as variações termo-higrométricas observadas no percurso, sugerindo que o mesmo esteve mais próximo na verificação das condições reais de conforto térmico local.

O mapeamento da área central evidenciou que os corredores comerciais com excesso de área construída e pavimentação asfáltica foram determinantes na verificação das condições de desconforto térmico, enquanto que as áreas mais arborizadas mantiveram condições atmosféricas mais amenas contribuindo para índices mais confortáveis.

Verificou-se a existência de ilha de calor intraurbana na região central, com predomínio de eventos de magnitude moderada na estação quente-seca e fraca na estação quente-úmida, bem como possibilitou identificar uma ilha de frescor, ao longo da área de verde que separa o centro norte e sul da cidade.

7. RECOMENDAÇÕES

O presente estudo procurou enfatizar a metodologia do transecto móvel utilizada por diversos pesquisadores que estudam a análise microclimática no sistema urbano. Esse método tem por objetivo facilitar a obtenção de dados em diferentes espaços urbanos e identificar anomalias microclimáticas locais visando apontar os possíveis fatores causadores desses fenômenos. Dessa forma, este estudo elencou algumas recomendações e/ou sugestões que poderão contribuir para o desenvolvimento de pesquisas futuras e planejamento urbano:

1. Aumentar a abrangência dos dias de coletas de dados, sendo interessante fazer essa análise nas quatro estações do ano;
2. Investigar os índices de conforto nos três horários recomendados pela OMM;
3. Analisar as condições de conforto térmico em dias representativos para as quatro estações do ano, apontando quais os horários mais críticos e mais confortáveis para a população;
4. Ampliar a investigação das condições ambientais com outros índices de conforto, entre eles o PET, o UTCI, o PMV e TE_v;
5. Estender a coleta de dados para todo o perímetro urbano, sendo relevante iniciar com os registros a partir de uma área rural para observar com mais precisão a variedade das ilhas de calor urbanas e ilhas de frescor em todo o percurso;
6. Modelar através de uma pesquisa de percepção aos usuários e medições em campo novos níveis e/ou critérios para o conforto térmico para essa localidade;
7. Relacionar os dados obtidos com experimentos na superfície com imagens de satélite, através do sensoriamento remoto, obtendo com isso ampliação das ferramentas para análise do conforto térmico no meio urbano;
8. Ampliar as áreas verdes com introdução de espécies arbóreas em espaços abertos, cujo sombreamento das árvores contribuiria para a redução das temperaturas de superfície que estão abaixo delas, retirando calor sensível do ar no processo de evapotranspiração, transformando-o em calor latente, minimizando a elevação da temperatura do ar e aumentando os valores da umidade relativa;
9. Substituir gradativamente o solo impermeabilizado nas calçadas por superfícies porosas para garantir o escoamento superficial da água da chuva e seu acúmulo próximo a superfície, que com a evaporação e poderá arrefecer esses pavimentos reduzindo o desconforto térmico; e,
10. Implantar ações entre o poder público e a sociedade civil com intuito de distribuir espécies arbóreas frutíferas para ampliar a índice de área verde em todo o perímetro urbano, especialmente nos quintais das residências, áreas de lazer e praças da cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU-ARBICH, L.V.; LABAKI, L.C.; MATZARAKIS, A. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. *Landscape and Urban Planning*. Elsevier. 11 pages, 2015.
- ALVES, E.D.L. **Caracterização microclimática do Campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso**. 2010. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2010.
- ALVES, A.; ALVES, M.M.S.; AMARAL, A.L.M.; MORAIS, R.P. Dinâmica do crescimento urbano e padrões de ocupação do solo na formação de microclimas urbanos na cidade de Anápolis-GO. II Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UniEVANGÉLICA. **Anais do IX Seminário de PIBIC e V Seminário de Extensão**. v.1, Anápolis/GO, 2011.
- ALVES, E.D.L.; BIUDES, M.S. Os microclimas da Universidade Federal de Mato Grosso/Cuiabá. **Ra'eGa**. v.23, p. 600-620, Curitiba, 2011.
- ALVES, E.D.L.; BIUDES, M.S. Padrões da temperatura do ar e da umidade relativa: Estudo de caso no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim Geográfico da UEM**. Maringá, v.30, nº3, p. 5-16, 2012.
- AMORIM, M.C.C.T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R.S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 11, v.16, p.29-45 jan./jun. de 2015.
- ANJOS, M.W.B.; GANHO, N.; ARAÚJO, H.M. Uma análise dos contrastes topoclimáticos no espaço urbano e periurbano de Aracaju/SE: os campos térmicos e higrométricos. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 9, v.13, p.298-318, jul./dez. 2013.
- ANNUNCIACÃO, L. **Instrumentação, modelagem e validação de procedimento a partir de gradientes de temperatura e umidade relativa**. 2016. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2016.
- ARANTES, A.; SILVEIRA, R.L.L. Afirmações e contradições do desenvolvimento em região do agronegócio: Uma análise sobre o norte de Mato Grosso. **ACTA Geográfica**. Boa Vista. v.8, n.17, p.86-98, abr/ago de 2014.
- ASSIS, E.S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **Anais ENCAC – ELACAC 2005**. Maceió – Alagoas, Brasil. p. 92-101, 2005.
- AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 16ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 350p.
- BARBIRATO, G.M.; SOUZA, L.C.L.; TORRES, S.C. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídios**. Maceió: EDUFAL, 2007. 154 p.
- BARCELOS, V. Sete novas cidades de Mato Grosso. **Paisagem e Ambientes: Ensaio**. São Paulo. n.34, p.61-80. 2014.
- BARROS, M.P.; MUSIS, C.R. Análise implicativa para avaliar os aspectos que determinam a preferência por um bairro: o caso de Cuiabá/MT. **RA'EGA**. UFPR. nº.28, p.198-225. Curitiba/PR. 2013.
- BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013. 512p.

- BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução brasileira de Francisco M. Guimarães. Petrópolis, Ed. Vozes Ltda. 351p.
- BOSA, M.C.S. **Poluição e degradação ambiental em área verde na cidade de Sorriso – MT**. 2005. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso, Sorriso – MT, 2005.
- BUYADI, S.N.A.; MOHD, W.M.N.W.; MISNI, A. Green spaces growth impact on the urban microclimate. *Procedia – Social and Behavioral. Elsevier*. v.105, p. 547-557, 2013.
- CAMARGO, E. C. G. *Geoestatística: Fundamentos e Aplicações*. <<http://www.dpi.inpe.br/~gilberto/livro/cap12-geoestatistica.pdf>> Julho de 1999. Acesso 13/07/2016.
- CAMPOS, A.B.R. **O grau de satisfação dos usuários da área verde da cidade de Sorriso/MT**. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso, Sorriso – MT, 2005.
- CHANDLER, T.J. **The Climate of London**, Hutchinson & Co., Londres, 1965.
- CHOW, W.T.L.; NUR, S.; AKBAR, A.B.A.; HENG, S.L. ROTH, M. Assessment of measured and perceived microclimates within a tropical urban forest. *Urban Forestry & Greening. Elsevier*. v.16, p. 62-75, 2016.
- COUTTS, A.M.; WHITE, E.C.; TAPPER, N.J.; BERINGER, J. LIVESLEY. Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments. *Theoretical and Applied Climatology. Springer*. v.124, n.1, p. 55-68, 2016.
- CORREA, W.S.C.; VALE, C.C. A contribuição à compreensão do campo térmico da regional praia do canto, em Vitória (ES) pela metodologia de transectos. *Ra’eGa*. v. 38, p. 50 -81, Curitiba, Dez./2016.
- COSTA, A.C.L.; SILVA JÚNIOR, J.A.; CUNHA, A.C.; FEITOSA, J.R.P.; PORTELA, B.T.T.; SILVA, G.G.C.; COSTA, R.F. Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em diferentes cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.6, n.3, p.478-487, 2013.
- COSTA, K.C.P.; GARCIA, P.H.M; BRAZ, A.M. Uso de geotecnologias como auxílio à modelagem ambientais para áreas de APPs de nascentes cultivadas com eucalipto nas bacias hidrográficas dos Rios Carro Queimado e Dom Thomaz – MS. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v.12, n.4, p. 95-108, 2016.
- COX, E. P. **Interação entre clima e a superfície urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande**. 2008. 141 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá/MT, 2008.
- DAVID, M. **Handbook of applied advanced geostatistical ore reserve estimation**. New York, Elsevier, 1988. 216p.
- DEOSTHALI, V. Assessment of impact of urbanization on climate: na application of bioclimatic index. *Atmospheric Environ* 33 (24–25): 4125–4133, 1999.
- DIAS, E.A.; BORTONCELLO, O. **Resgate histórico do município de Sorriso: “Portal da agricultura no cerrado mato-grossense”**. Cuiabá, 2003, 272p.
- DUARTE, H.S.; SHINZATO, P.; GUSSON, C.S.; ALVES, C.A. The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate. *Urban Climate. Elsevier*. v.14, p. 224-239, 2015.

DUBREUIL, V.; DELAHAYE, C. Changements d'occupation du sol et leurs impacts climatiques au Mato Grosso, Brésil. França. **Confins**, 2010.

ESRI. **ArcGIS Desktop Advanced**: release 10.4.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.

FERREIRA, J.C.V. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Educação, 2001.

FERREIRA, A.G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006, 188p.

FIALHO, E.S.; CELESTINO, E.J.; QUINA, R.R. O campo térmico em situação episódica de primavera em uma cidade de pequeno porte, na zona da mata mineira: um estudo de caso em Cajuri-MG. **Revista de Geografia (Recife)**. v.33, n.4, p. 299-318, 2016.

FRANCO, F.M. **Análise do comportamento termo-higrométrico urbano sob a ótica do uso e ocupação do solo em Cuiabá – MT**. 2013. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2013.

FRANCO, F.M.; NOGUEIRA, M.C.A.; PINTO-JÚNIOR, O.B.; BIUDES, M.S.; NOGUEIRA, J.S. Traçado urbano e sua influência no microclima: um estudo de caso em centro histórico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria/UFMS, v.9, n.9, p.1916-1931, fev. 2013a.

FRANCO, F.M.; NOGUEIRA, J.S. NOGUEIRA, M.C.J.A. Impactos e potencialidades de arborização urbana: um estudo de caso para a cidade de Cuiabá – Brasil. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v.10, n.3, p. 96-112, mai./jun. 2013b.

FRANÇA, M.S.; MAITELLI, G.T.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Variações microclimáticas no entorno de duas escolas públicas na cidade de Cuiabá/MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria/UFMS, v.15, n.15, p.3012-3018, out. 2013.

FRANÇA, M.S.; GOMES, E.S. Índícios de ilha de calor urbana em Sorriso/MT. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. v.14, n.3, mai./ago. 2014, p.3366-3376.

FRANÇA, M.S.; DOMBSKI, E.; MELO, D.S.; CASTANHA, M.; FRANÇA, S.M.B. Estimativa de conforto térmico no entorno do Instituto Federal de Mato Grosso: estudo de caso no campus Sorriso. **Geografia, Ensino & Pesquisa**. v.20, n.2, p.185-193, 2016.

FREITAS, A.F.; SANTOS, J.S.; LIMA, R.B. Microclima urbano: um estudo de caso no espaço intraurbano do *Campus I* da UFPB. **Revista Gestão Sustentável e Ambiental**. n. esp., p. 271-287, Florianópolis, Dez./2015.

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

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos (SADMET). **_MT_0904_Sorriso_2016**. Brasília, 05/07/2016. E-mail: sadmet.df@inmet.gov.br

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GHENO, E.L.; FRANÇA, M.S.; MAITELLI, G.T. Variações microclimáticas na área urbana de Sinop, no final da estação chuvosa. **Revista Educação, Cultura e Sociedade**. Sinop/MT. v.2, n.1, p.139-153, jan./jul. de 2012.

GOLDEN SOFTWARE INC. (Golden, Estados Unidos). **SURFER for Windows**: relese 7.0: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers, user's guide. New York, 1999. 619p.

HOWARD, L. **The climate of London deduced from meteorological observations made in the Metropolis and at various places around it**. 2ª ed. 3º vols. London, J. & Arch, Cornhill, Longman & Co. 1833.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Censo demográfico do Brasil". Rio de Janeiro. 1991 <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censodem/censo1991/>> Acesso em 12/12/2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Contagem da População". Rio de Janeiro, 1996. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem/>> Acesso em 12/12/2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Censo demográfico do Brasil". Rio de Janeiro, 2000. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>> Acesso em 12/12/2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Contagem da população 2007". Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/>> Acesso em 26/02/2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Censo demográfico do Brasil". Rio de Janeiro, 2010. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>> Acesso em 12/12/2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas populacionais para municípios e Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/>> Acesso em 23/02/2016.

JAUREGUI, E. **Los climas urbanos tropicales. Revison y evaluación**. Conferencia tecnica de la OMM sobre climatologia y su aplicaciones, particurlamente en lo que se refiere a las regiones tropicales. Doc. 6, Mexico, 1984.

JAMEI, E.; JAMEI, Y.; RAJAGOPALAN, P.; OSSEN, D.R.; ROUSHENAS, S. Effect of built-up ratio on the variation o fair temperature in a heritage city. *Sustainable Cities and Society*. **Elsevier**. v.14, p. 280-292, 2015.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2ª ed. São Paulo: Unesp, 2003.

LANDIM, P.M.B. Sobre Geoestatística e mapas. **Terra e Didática 2 (1)**: p.19-33, 2006.

LANDSBERG, H.E. The Climate of Towns, in *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, p.585-601. Edited by William L. Thomas Jr., Published for the **Wernergrem Foundation for Antropological Research and the National Science Foudation**, The University of Chicago Press, 1956.

LOBATO, G.J.M.; MARTORANO, L.G.; LUCAS, F.C.A.; TAVARES-MARTINS, A.C.C.; JARDIM, M.A.G. Condições térmico-hídricas e percepções de conforto ambiental em quintais urbanos de Abaetetuba, Pará, Brasil. **Ra'eGa**. v.38, p. 245-268, Curitiba, Dez./2016.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. 3ª ed. – São Paulo: Blucher, 2002, 266p.

- MACIEL, C.R.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; NOGUEIRA, J.S. Cobertura do solo e sua influência na temperatura de microclimas urbanos na cidade de Cuiabá/MT. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia/MG, v.12, n.38, p.40-57. set. 2011.
- McKILLUP, S.; DYAR, M.D. **Geostatistics Explained: An Introductory Guide for Earth Scientists**. United States of America by Cambridge University Press. 2010, 414p.
- MAITELLI, G.T.; ZAMPARONI, C.A.G.P.; LOMBARDO, M.A. Ilha de calor em Cuiabá/MT: uma abordagem de clima urbano. 3º Encontro Nacional de Estudos do Meio Ambiente. **Anais**. Londrina – PR: Universidade Estadual de Londrina, 1991. p. 561-571.
- MAITELLI, G.T. **Uma Abordagem Tridimensional do Clima Urbano em Área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT**. Tese (Doutorado em Climatologia) – USP: São Paulo, SP, 1994.
- MAITELLI, G.T.; ZAMPARONI, C.A.G.P. **A expansão da soja na pré-Amazônia mato-grossense: Impactos socioambientais**. Cuiabá/MT: Entrelinhas: EDUFMT, 2007.
- MARAFON, C.; LACO, M.; SANCHES, J.C.M.; LEÃO, M.; LEÃO, E.F.T.B. Estratégias bioclimáticas em avaliação de desempenho térmico nas habitações de interesse social em Sinop/MT. **REGET**. v.18, n.3, p. 1008-1021, set./dez. 2014.
- MASCARÓ, J.J. Significado ambiental-energético da arborização urbana. **Revista Urbanismo e Arquitetura**. v.7, n.1, p.32-37, 2006.
- MATHER JR. **Climatology: fundamentals and applications**. McGrawHill, New York, 1974.
- MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**. El Paso, v. 58, p. 1246-1266, 1963.
- MENDES, F.H.; PETEAN, F.C.S.; POLIZEL J.L.; SILVA FILHO, D.F. Avaliação da fragmentação da cobertura arbórea de Maringá/PR utilizando geotecnologias. **Scientia Plena**. v.12, n.09, p. 01-09, 2016.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MINAKI, C. **O clima urbano como indicador de qualidade ambiental: estudo de caso da paisagem urbana de Araçatuba/SP**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente – SP, 2014.
- MISSENARD, A. **A la recherche du temps et du rythme**. Paris, Plon. 1940.
- MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e clima urbano**. Séries teses e monografias. nº 25, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 181 p. 1976.
- MONTEIRO, C.A.F. A cidade como derivador ambiental e a geração de um clima urbano – estratégias na abordagem geográfica. **Geosul**. Florianópolis, ano 5, n.9, p.80-114. 1990.
- MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. 2ª ed. 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2015.
- MUNHOZ, F.C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade Ituverava-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.23, n.1, p.30-34, 2008.
- MYERS, D. E. Interpolation and estimation with spatially located data. **Intell. Lab. Syst.**, v. 11, p. 209-228, 1991.

- NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J.; PAIVA, S.L.P.; FREITAS, L.E.; KREITLOW, J.P.; MUNIZ, J.P. Análise, subsidiada nas geotecnologias, dos comportamentos morfopedológicos da bacia hidrográfica do Rio Piraputanga/MT, Brasil. **Revista Geonorte**. Edição Especial 4, v.10, n.1, p. 167-172, 2014.
- NIEUWOLT, S. **Tropical Climatology**. John Wiley and Sons Inc., London, 1977.
- NIEUWOLT, S. **Tropical Climatology**, 2nd edn. John Wiley and Sons Inc., New York, 1998.
- NINCE, P.C.C. **Vegetação e revestimentos urbanos: implicações na sensação térmica de usuários do campus da UFMT em Cuiabá – MT**. 2013. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Programa de Pós Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. 2013.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2013. Disponível em: <<http://www.nws.noaa.gov/os/heat/index.shtml>> Acesso em: 21 jun. 2016.
- NÓBREGA, R.S. e LEMOS, T.V.S. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. **Revista de Geografia (UFPE)**. v.28, n.1, p.93-109, 2011.
- NOGUEIRA, J.S.; LIMA, E.A. **Coletânea Física Ambiental, volume II**. São Paulo: Baraúnas, 2013.
- NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/clima/159451-el-nino-traz-ameaca-climatica-para-todas-as-regioes-produtoras-de-alimento-do-mundo.html>>. Acesso 31/10/2016.
- OKE, T.R. **Urban climatology and tropical city: an introductory lecture**. In: WMO technical conference on urban climatology and its applications with special regard to tropical areas. Doc. 19, México, 1984.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Londres: Routledge, 1987.
- OKE, T.R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organization: instruments and observing methods. Report n.81, Canada, 2004.
- OLIVEIRA, B.F.; FERREIRA, F.L.; SEABRA, V.S. Aplicação das geotecnologias na produção de exercícios voltados para o ensino de geografia: um estudo de caso para ilha do governador – RJ. **Revista Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 11, n.2, p. 149-158, jul./dez, 2015.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PETALAS, K.V. **Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza/CE**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2015.
- PIAIA, I.I. **Geografia de Mato Grosso**. 2ª ed. rev. atual. Cuiabá: EdUNIC, 1999. 207p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SORRISO. 2016. Disponível em:<<http://www.sorriso.mt.gov.br/pagina/breve-historico>> Acesso em 11/05/2016.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. 2012. Lei Federal nº 12.724, de 16 de outubro de 2012. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/>>Acesso em 11/05/2016.
- RAJAGOPALAN, P.; LIM, K.C; JAMEI, E. Urban heat island and wind flow characteristics of a tropical city. **Solar Energy. Elsevier**. v.107, p. 159-170, 2014.

- RAMDANI, F.; SETIANI, P. Spatio-temporal analysis of urban temperature in Bandung City, Indonesia. *Urban Ecosystems*. **Springer**. v.17, p. 473-487, 2014.
- ROBERTSON, G.P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- ROCHA, V.M.; FIALHO, E.S. Uso da terra e suas implicações na variação termo-higrométrica ao longo de um transecto campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**. v.10, n.1, p. 64-77, jan./jun. 2010.
- ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, p. 81-90, 2005.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. *Microclimate – The biological environment*. New York: John Wiley e Sons, Inc. 1983, 495p.
- ROSS, J.L.S. **Geografia do Brasil**.4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- ROSSI, F.A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para análise da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia) – Programa em Pós Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2012.
- SANTOS, F.M.M. **Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá/MT**. 2012. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2012.
- SANTOS, J.S.; SILVA, V.P.R.; SILVA, E.R.; ARAÚJO, L.E.; COSTA, A.D.L. Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.3, p.540-557, 2012.
- SANTOS, F.M.M.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Análise da influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica por meio de transectos noturnos em Cuiabá-MT. **Caminhos de Geografia**. v.13, n.41, p. 187-194. Uberlândia, 2012.
- SANTOS, F.M.M.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; MUSIS, C.R.; PINTO JÚNIOR, O.B.; NOGUEIRA, J.S. Influência da ocupação do solo no clima urbano de Cuiabá, Estado de Mato Grosso, Brasil. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**. Ituiutaba, v. 4, nº 1, p. 100-121, jan./jun. 2013.
- SANTOS, L.S.; QUEIROZ, T.M. Análise comparativa entre o desmatamento, área plantada, produção e produtividade das culturas agrícolas do estado de Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.10m n.18, p.950-960. 2014.
- SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. “**Anuário Estatístico de Mato Grosso – 2009**”. vol. 29, Cuiabá/MT, 2009.
- SILVA, S.D. e STRECK, N.A. Tendências históricas do índice de calor no município de Santa Maria/RS. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.44, n.8, p.1360-1366. Ago. 2014.
- SILVA, M.S.; MEDEIROS, J.M.M.; NUNES, L.A.A. Organização sociespacial em cidades do agronegócio no norte mato-grossense: um estudo em Lucas do Rio Verde, Sorriso e Nova Mutum. **PRACS**. Macapá, v.8, n. 2, p. 191-207, jul./dez. 2015.
- SILVA JÚNIOR, J.A.; COSTA, A.C.L.; MERCÊS, S.S.S.; SOUZA, E.B. SILVA, S.N.R.; COSTA, R.F.; PORTELA, B.T.; TAQUES, M.M.; BORGES, L.S.; OLIVEIRA, M.C.F.; BRAGA, A.P.; GONÇALVES, P.H.L.; FEITOSA, J.R.; METCALFE, D.B.; SOUSA, J.R.A.

Análise de índices de conforto térmico na cidade de Belém, PA durante a época menos chuvosa. **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belém-PA, 2010.

SILVA JÚNIOR, J.A.; COSTA, A.C.L.; PEZZUTI, J.C.B.; COSTA, R.F.; GALBRAITH, D. (2012). Análise da distribuição espacial do conforto térmico na cidade de Belém/PA, no período menos chuvoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.2, p.218-232. 2012.

SILVA JÚNIOR, J.A.; COSTA, A.C.L.; PEZZUTI, J.C.B.; COSTA, R.F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação do espaço urbano na cidade de Belém – PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.28, n.4, p.257-266, 2013.

SILVA, F.J.L.T.; ROCHA, D.F.; AQUINO, C.M.S. Geografia, geotecnologias e as novas tendências da geoinformação. **InterEspaço**. v.2, n.6, p. 176-197, Grajaú/MA, mai./ago., 2016.

SORRE, L. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Tomo I. Les fondements biologiques. 3^a ed. Paris: Armand Colin, 1951.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados de matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, n.5, p.491-499, maio 2004.

SOUZA, S.C.; MAITELLI, G.T. Mudanças climáticas na interface superfície atmosfera. **Anais do X Encontro dos Geógrafos da América Latina**. São Paulo, USP, mar 2005.

SOUZA, D.M.; NERY, J.T. O conforto térmico na perspectiva da climatologia geográfica. **Geografia (Londrina)**, v.21, n.2, p.65-83, maio/ago. de 2012.

STEADMAN, R. G.. The Assessment of Sultriness. Part I: A temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. **Journal of Applied Meteorology**, v.18, 861-873p, 1979.

STEADMAN, R.G. A universal scale of apparent temperature. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, p. 1674-1687, 1984.

SUN, C.Y. A street thermal environment study in summer by the mobile transect technique. **Theoretical and Applied Climatology**. Springer. v.106, p. 433-442, 2011.

TARIFA, J.R. **Mato Grosso – Clima: Análise e representação cartográfica**. Cuiabá/MT: Entrelinhas, 2011.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12(2), p. 57-61, 1959.

TORRES, F.T.; MACHADO, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TRAGMAR, B. B., YOST, R. S., UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v. 38, p. 45-94, 1985.

TUNG, C.H.; CHEN, C.P.; TSAI, K.T.; KÁNTOR, N.; HWANG, R.L.; MATZARAKIS, A.; LIN, T.P. Outdoor thermal comfort characteristics in the hot and humid region from a gender perspective. **Internacional Journal of Biometeorology**. Springer. v.58, p. 1927-1939, 2014.

VALIN JR, M.O.; SANTOS, F.M.M.; RIBEIRO, K.F.A.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; NOGUEIRA, J.S. Análise da relação entre abrigos meteorológicos alternativos para pontos fixos e o comportamento de variáveis termo-higrométricas. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 12, v.18, jan./jun. 2016.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET. Gráfica e Editora Pax, 2001.

- VASCONCELOS, L.C.S.; ZAMPARONI, C.A.G.P. Os efeitos da urbanização no microclima no bairro morada da serra, Cuiabá-MT. **Ra'eGa**. v.23, p. 573-599, Curitiba, 2011.
- VIANA, S.S.M.; AMORIM, M.C.C.T. Características da temperatura noturna a partir de transectos móveis em Teodoro Sampaio/SP. **Revista Formação**. v.2, n.17, p. 103-118, 2010.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. UFV, 1991. 449p.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, p.1-75, 1983.
- VIEZZER, J.; BIONDI, D.; MARTINI, A.; SILVA, D.A. O benefício microclimático proporcionado pela praça Alfredo Andersen na cidade de Curitiba/PR. **Ciência e Natura**.v.37, Ed. Especial SIC, p.138-143, 2015.
- VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 282p.
- YAHIA, M.W.; JOHANSSON, E. Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *International Journal of Biometereology*. **Springer**. v.57, 615-630, 2013.
- ZAMBRA, E.M.; SOUZA, P.A.R.; PEREIRA, R.S. Os impactos da produção de soja e a dinâmica do desenvolvimento em Sorriso/MT. **Pretexto**. Belo Horizonte. v.16, n.3, p. 92-105, jul./set. 2015.
- ZENG, Y.; DONG, L. Thermal human biometereological conditions and subjective thermal sensation in pedestrian streets in Chengdu, China. *International Journal of Biometereology*. **Springer**. v.59, p. 99-108, 2015.
- ZIMBACK, C.R.L. **Apostila de Geoestatística**. Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas (GEPAG). Botucatu. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Astronômicas, 25p. junho/2003.