

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

**VARIAÇÃO MICROCLIMÁTICA INFLUENCIADA
PELA TOPOGRAFIA E URBANIZAÇÃO**

LAÍS BRAGA CANEPPELE

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

**Cuiabá, MT
dezembro de 2018**

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

**VARIAÇÃO MICROCLIMÁTICA INFLUENCIADA
PELA TOPOGRAFIA E URBANIZAÇÃO**

LAÍS BRAGA CANEPPELE

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

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

**Cuiabá, MT
dezembro de 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B813v Braga Caneppele, Laís.
VARIAÇÃO MICROCLIMÁTICA INFLUENCIADA PELA TOPOGRAFIA E
URBANIZAÇÃO / Laís Braga Caneppele. -- 2018
78 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, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Clima urbano. 2. Escalas climáticas. 3. Interações orográficas. 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: VARIÇÃO MICROCLIMÁTICA INFLUENCIADA PELA
TOPOGRAFIA E URBANIZAÇÃO

AUTORA: LAÍS BRAGA CANEPPELE

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 10 de dezembro de 2018, pela
comissão julgadora:


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


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


Prof. Dr. João Basso Marques
Examinador Interno
Programa Nacional de Pós-Doutorado/PNPD/CAPES


Prof. Dr. Victor Hugo de Moraes Danelichen
Examinador Externo
Universidade de Cuiabá – UNIC/Cuiabá


Prof. Dr. Jonathan Willian Zangeski Novais
Examinador Externo
Universidade de Cuiabá – UNIC/Cuiabá

Dedico esta tese a Deus pela vida, aos meus avós (in Memoriam) Marinha, Joaozinho e Nona Adelina pela sensibilidade, simplicidade e exemplo de observação dos fenômenos naturais, a meu esposo Rafael de Andrade Carvalho Rosseti pelo amor e compreensão, aos meus pais Carlos Caneppele e Maria Aparecida Braga Caneppele pelo amor, oportunidades e sacrifícios para a minha educação e a minha orientadora Marta Cristina De Jesus Albuquerque Nogueira pelo carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

- A Professora **Marta Cristina De Jesus Albuquerque Nogueira** pela orientação técnica, pelos conselhos da vida, pelo exemplo de mulher, docente e pesquisadora.
- Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso **José de Souza Nogueira** pelo suporte institucional nas demandas surgidas.
- A todos(as) os(as) professores(as) e colegas do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, pelo ensino e dedicação que sempre tive a disposição.
- Agradeço a **FAPEMAT** pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.
- Agradeço aos colegas da **UNEMAT** pelo apoio e suporte para qualificação profissional, mesmo sem o afastamento das atividades.
- Agradeço aos **alunos voluntários e bolsistas da UNEMAT membros do projeto de pesquisa** pelo aprendizado e contribuições.
- Agradeço ao meu esposo **Rafael de Andrade Carvalho Rosseti** pela ajuda incondicional e suporte técnico e emocional.
- Agradeço ao meus pais **Carlos Caneppele e Maria Aparecida Braga Caneppele** por toda a educação que me proveram e proporcionam sempre.
- Agradeço a **todos os familiares e amigos** pelo incentivo, pelos questionamentos e por momentos de distração e lazer.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE QUADROS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Problemática.....	10
1.2 Justificativa.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Ambiente e clima.....	13
2.1.1 <i>Balanco energético em sistemas climáticos urbanos</i>	14
2.1.2 <i>Escalas de estudo de clima urbano</i>	15
2.1.3 <i>Instrumentação em estudos meteorológicos em sistemas ambientais urbanos</i>	17
2.1.4 <i>Classificação climática</i>	20
2.2 Clima urbano.....	21
2.2.1 <i>Classificação da urbanização relacionado ao clima</i>	24
2.3 Topografia urbana.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Local de estudo.....	30
3.1.1 <i>Definição dos critérios das classes para escolha dos pontos</i>	34
3.1.2 <i>Escolha dos pontos fixo no transecto</i>	35
3.2 Dados utilizados.....	37
3.2.1 <i>Dados topográficos</i>	39
3.2.2 <i>Dados urbanísticos</i>	41
3.2.3 <i>Dados meteorológicos</i>	41
3.2.4 <i>Análise de tendências temporais</i>	47
3.2.5 <i>Análises estatísticas para dados ambientais</i>	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1 Caracterização dos dados topográficos em escala local e <i>transecto</i>	49
4.1.1 <i>Análise dos dados do modelo de elevação digital em escala local</i>	49
4.1.2 <i>Análise dos dados do transecto</i>	50

4.2	Caracterização dos dados urbanístico em escala local e <i>transecto</i>	52
4.2.1	<i>Análise do LCZ da área do transecto</i>	52
4.3	Caracterização dos dados meteorológicos em escala local e <i>transecto</i>	53
4.3.1	<i>Análise dos dados meteorológicos em mesoescala e escala local</i>	53
4.4	Análise topográfica, urbanística e climática, do <i>transecto</i> em microescala.....	54
4.4.1	<i>Análise dos dados urbanísticos pontuais do transecto</i>	54
4.4.2	<i>Análise de tendência na sequência do transecto</i>	57
4.4.3	<i>Ajuste dos dados meteorológicos pontuais na sequência do transecto</i>	61
4.4.4	<i>Substituição do PI pelo PI' na sequência do transecto</i>	63
4.4.5	<i>Análise estatística de normalidade e variância dos dados sem ajuste</i>	64
4.4.6	<i>Análise estatística de correlação entre as variáveis sem ajuste</i>	65
4.5	Identificação de padrões de comportamento nos dados sem ajuste	66
4.5.1	<i>Análise dados meteorológicos pontuais na sequência do transecto</i>	66
4.5.2	<i>Análise dos dados meteorológicos pontuais na sequência da topografia</i>	68
5	CONSIDERAÇÕES	70
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS	71
	APÊNDICE.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemas dos saldos na camada superficial em áreas urbanas.	14
Figura 2 – Escalas climáticas horizontais e camadas verticais em áreas urbanas.....	15
Figura 3 - Plataformas observacionais terrestres, aéreas e de sensoriamento remoto, classificadas por sua adequação a amostrar cada escala.	18
Figura 4 – Área de exposição e fonte turbulenta de um termômetro.	20
Figura 5 – Traçado urbano das principais cidade de estudo de ICU.....	22
Figura 6 – Traçado urbano e relevo de cidades latinas tropicais.	23
Figura 7 – Rede de palavras-chave cruzadas de alta frequência na pesquisa de ICU.	23
Figura 8 - Esquema de classificação das LCZs.....	25
Figura 9 – Efeito do número de Froude (Fr) no fluxo em volta e sobre uma colina. 26	
Figura 10 – Esquema das escalas do material e métodos.....	29
Figura 11 - Classificação climática do Brasil, segundo o critério de Köppen (1936)	30
Figura 12 - Corte esquemático do relevo de Mato Grosso.....	31
Figura 13 – Aglomerado urbano da baixada cuiabana de 2007.	32
Figura 15 – Trajeto das vias do percurso	33
Figura 16 - Localização e delimitação da área de estudo.....	34
Figura 17 – Amostragem desenvolvida no estudo	36
Figura 18 - Esquema dos processos dos dados utilizados.....	39
Figura 19 – Dados obtidos pelo GPS e processados em Qgis.....	41
Figura 20 – Localização das Estações Meteorológicas Automáticas.....	42
Figura 21 – Localização e classificação de uso e ocupação do entorno da estação de controle.....	43
Figura 22 – Estação de controle no 44° BMTZ.....	43
Figura 23 – Sensores da estação de controle.....	44
Figura 23 – Localização do equipamento para medição no <i>transecto</i>	45
Figura 24 – Localização dos equipamentos para calibração	46
Figura 26 - Mapas de processamento da imagem do MDE	49

Figura 27 - Mapa de altitudes no <i>transecto</i>	51
Figura 28 - Altitudes em relação as distâncias do <i>transecto</i>	51
Figura 29 - Altitudes em relação as coordenadas UTM	51
Figura 30 - Classificação das LCZ na área de estudo	52
Figura 32 – Normais Climatológicas de Cuiabá-MT (1981 – 2010).....	53
Figura 33 – Diagrama de caixa da diferença pontual diária de temperatura do ar (°C)	53
Figura 34 - Cobertura do solo da área total dos pontos escolhidos.....	54
Figura 36 - Relação da área construída entre os grupos de urbanização	55
Figura 37 – Medianas da temperatura no período quente-seco.....	58
Figura 38 – Medianas da temperatura no período quente-úmido.	60
Figura 36 – Ajuste 1 com uma única equação	61
Figura 37 – Ajuste 2 com três equações.....	62
Figura 38 – Variância da diferença de temperatura com ajustes	63
Figura 39 – Medianas das diferenças de temperatura no início e final do <i>transecto</i> no período quente-úmido.	64
Figura 40 – Medianas das diferenças de temperatura no início e final do <i>transecto</i> no período quente-seco.	64
Figura 41 – Análise da variância da temperatura entre os períodos do dia.....	65
Figura 42 – Medianas das diferenças pontuais no período quente-seco.	67
Figura 43 – Medianas das diferenças pontuais no período quente-úmido.	67
Figura 44 – Medianas das diferenças de temperatura na sequência da altitude.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios para escolha dos pontos	34
Tabela 2 - Porcentagem de cobertura do solo das áreas dos oito pontos de pouca urbanização	56
Tabela 3 - Porcentagem de cobertura do solo das áreas dos oito pontos de baixa urbanização	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características orográficas em meso- e microclima.....	27
Quadro 2 – Seleção de dias completos de medição no transecto.....	47
Quadro 3 – Visualização de cada ponto e classificação do critério de escolha	37
Quadro 4 – Uso e ocupação do solo dos oito pontos com pouca urbanização.....	55
Quadro 5 – Uso e ocupação do solo dos oito pontos com pouca urbanização.....	56

RESUMO

CANEPELE, L. B. **Variação microclimática influenciada pela topografia e urbanização.** Cuiabá, 2018, 78f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O objetivo deste estudo foi identificar a influência da topografia (diferenças de altitudes, declividades e exposição de encostas) e urbanização (uso e ocupação do solo) na variação microclimática em Cuiabá-MT. A cidade foi escolhida pois não possui planejamento urbano que considere a topografia como fator para a agravamento climático local em função da urbanização e por apresentar características de clima com altas temperaturas, condição climática desfavorável a dissipação de calor, diversidade morfológica. Por isso, o levantamento das informações foi organizado e realizado em três aspectos: topografia, urbanização e meteorologia; em cada escala de interferência: macroescala e mesoescala, escala local e microescala e análises estatísticas para a correlação entre os parâmetros e variáveis dos aspectos de estudo. Foi necessário o levantamento dos dados meteorológicos a partir de estação de controle instalada no 44º BIMTZ e 16 pontos em *transectos* desenvolvidos em duas etapas (oito dias no quente-seco e oito dias no quente-úmido) e três vezes por dia (8h, 14h e 20h). Foi observada tendência de influência devido a defasagem horária. Foi identificada a não normalidade dos dados de temperatura e apenas foram identificadas variâncias significativas em relação as variáveis temporais como: dia de medição, período do dia e sazonalidade. Foi identificada a correlação significativa entre a temperatura e a altitude registrada nos pontos escolhidos para o estudo. Conclui-se que a topografia influencia a temperatura e esta correlação se evidencia no período quente-seco a noite.

Palavras-chave: Clima urbano, escalas climáticas, interações orográficas.

ABSTRACT

CANEPELE, L. B. **Microclimatic variation influenced by topography and urbanization.** Cuiabá, 2018, 78f. Thesis (Doctorate in Environmental Physics); Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

The objective of this study was to identify the topography (differences in elevation, slopes and slope exposure) and urbanization (land use) influence in the variation in Cuiabá-MT. The city was chosen because it does not have urban planning that considers the topography as factor for the local climatic worsening due to the urbanization and to present characteristics of climate with high temperatures, climatic condition unfavorable to heat dissipation, morphological diversity. Therefore, the information gathering was organized and carried out in three aspects: topography, urbanization and meteorology; in each scale of interference: macro scale and mesoscale, local scale and microscale and statistical analyzes for the correlation between the parameters and variables of the aspects of study. It was necessary to collect the meteorological data from a control station installed in 44° BIMTZ and 16 points in transects developed in two stages (eight days in hot-dry and eight days in hot-humid) and three times on day (8h, 14h and 20h). A trend of influence was observed due to the time lag. It was identified the non normality of the temperature data and only significant variances were identified in relation to the temporal variables such as: day of measurement, period of the day and seasonality. The significant correlation between temperature and altitude recorded at the points chosen for the study was identified. It is concluded that the topography influences the temperature and this correlation is evidenced in the hot-dry period at night.

Keywords: Urban climate, climatic scales, orographic interactions.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problemática

A população aumentou e verifica-se que o crescimento mundial ocorreu principalmente nas áreas urbanas. No Brasil, o crescimento foi maior nas áreas rurais, mas, 85,7% da população estão nas áreas urbanas (UNITED NATIONS, 2015).

Em buscas de melhorias, o ser humano tem provocado diversas modificações no meio ambiente, as quais desequilibram as forças existentes no sistema e provocam impactos positivos, negativos, grandes e/ou pequenos, dependendo das escalas de observação. A mudanças na cobertura do solo nas áreas urbanas, provocam efeitos, que são intensificados dependendo do clima local.

Em vista das diretrizes de compacidade urbana com distâncias relacionada a escala humana, o adensamento traz vantagens, no entanto deve-se minimizar os impactos deste processo. Nas cidades, a regulação do espaço urbano é influenciada diretamente por interesses econômicos e políticos, acima das necessidades sociais e ambientais. Além disso, o planejamento adequado depende da atuação local dos pesquisadores e agentes públicos.

Assim como, os fatores climáticos e de urbanização, o relevo e a topografia também influenciam na intensificação dos efeitos apontados anteriormente. No entanto, estes aspectos não são evidenciados em estudos climáticos. Os trabalhos que buscam identificar como o relevo contribuiu para a definição das características climáticas em meso e macroescala do objeto de estudo, são desenvolvidos principalmente, pelos geógrafos em estudos teóricos ou conceituais do clima. No entanto, os estudos desenvolvidos com o viés para a aplicabilidade e planejamento urbano em escala microclimática, o qual busca identificar como a topografia deve ser observada para a definição das diretrizes de uso e ocupação do solo, não tem sido abordado, nem em pesquisas, nem por instrumentos de regulação.

Esta falha, se reflete nas modelagens, simulações e classificações climática urbana, entre os parâmetros utilizados para a caracterização, os aspectos topográficos

são negligenciados ou desconsiderados. Nas modelagens as superfícies são descritas como planas e a rugosidade é considerada apenas pelas alturas dos edifícios.

1.2 Justificativa

O Brasil possui uma grande quantidade de áreas ainda a serem urbanizadas. O fenômeno da urbanização contribui para melhores condições de vida para as pessoas e, em busca disto, as cidades continuarão sendo tão procuradas para serem habitadas. Assim, os estudos que trazem subsídios ao planejamento urbano são fundamentais para a garantia da qualidade de vida nos espaços urbanos. Os fatores ambientais que contribuem para conforto térmico dos habitantes, são os mesmo para o desconforto. O desafio está quantificar estes fatores.

Para este propósito, são fundamentais estudos que busquem quantificar e qualificar os efeitos das interferências climáticas no espaço urbano, além de contribuir para estudos de modelagem de cenários futuros em simulações. Nesta linha são necessários estudos que quantifiquem até que ponto a topografia pode ser desconsiderada em estudos de clima urbano, caso ela realmente possa ser negligenciada da forma como é feito.

Os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas têm contribuído para aquisição de equipamentos de geolocalização cada vez mais precisos e acessíveis. Além disso, é visto um grande desenvolvimento de ferramentas de representação, geoprocessamento e análises de estatísticas espaciais que contribuem para a produção de bibliotecas de informações espaciais (mapas) e o refinamento das próprias. Por tanto, atualmente a manipulação e comunicação das informações espaciais se tornaram presentes diariamente na vida das pessoas, o que permite adotar tecnologias para representação gráfica e interligação de redes de comunicação para atender as necessidades da especificidade e particularidade dos estudos climáticos em escalas microclimáticas.

Portanto, o objetivo geral foi identificar a influência da topografia (diferenças de altitudes, declividades e exposição de encostas) e urbanização na variação (uso e ocupação do solo) microclimática urbana. O estudo será desenvolvido na Capital mato-grossense, Cuiabá, a qual possui características urbanas e climáticas como a maioria das cidades latinas tropicais.

Para alcançar o objetivo geral foram necessários objetivos específicos relacionados a revisão de literatura, a delimitação e caracterização do local de estudo, a determinação dos parâmetros e variáveis analisadas, ao desenvolvimento de produtos para informações espaciais aos dados locais e identificação e quantificação das interferências topográficas no estudo do microclima. Os objetivos específicos são:

- a. Localizar informações sobre as influências ambientais urbanas nas variações microclimáticas;
- b. Escolher o local de estudo e delimitar os aspectos relevantes (parâmetros, variáveis e área);
- c. Identificar e analisar os dados topográficos, urbanísticos e meteorológicos existentes (pesquisas publicadas, dados cadastrais da área urbana, dados de imagens de satélite, dados climáticos de estações fixas e móveis) e atualizados (dados climáticos de estações fixas e móveis) do local de estudo;
- d. Produzir mapas de classificação sobre a urbanização e topografia da área de estudo;
- e. Identificar e dimensionar possíveis influências dos aspectos de urbanização e topografia no comportamento das variáveis microclimáticas analisadas.

A partir desta pesquisa, tem-se por finalidade contribuir para a ciência no que tange o conhecimento espacial urbano, direcionar os estudos de planejamento urbano para a definição de instrumentos de direcionamentos da urbanização e diminuição dos impactos ambientais e difundir o uso de ferramentas de geoprocessamento nos estudos climáticos. Além disso, busca-se a qualificação docente, a acessibilidade das pesquisas físicas ambientais e o incremento da produção científica universitária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiente e clima

O campo das ciências ambientais é multidisciplinar e abrange as interações de processos físicos, químicos e biológicos para a compreensão de problemas ambientais complexos. Desta forma, os estudos em física ambiental, mais especificamente a climatologia urbana, são desenvolvidos com a aplicação das teorias da física relacionadas ao ambiente, e neste caso específico, ao espaço urbano.

A definição do objeto de estudo, espaço urbano, também é complexa e vai além das relações físicas. O espaço é uma “instância social”, é uma forma resultado da interação de múltiplas variáveis ao longo da história e sua “inércia” é dinâmica (SANTOS, 2004, p.185). Assim, os estudos urbanos de impacto ambiental devem ser realizados a partir da análise integrada dos processos ambientais em uma análise de defasagem de equilíbrio e baseada na teoria integradora das dimensões físicas, político-sociais, socioculturais e espaciais (AMORIM, 2012). Neste sentido, a delimitação do clima urbano, configura-se em um sistema complexo.

As características dos sistemas complexos são: não-linearidade e realimentação; o todo é diferente da soma de suas partes; aninhamento hierárquico; atratores e repulsores; sistemas abertos e afastados do equilíbrio termodinâmico; auto-organização (DE MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

Entre os sistemas complexos, um Sistema Ambiental, como o espaço urbano, é uma organização na superfície terrestre formada pelas interações e pelos subsistemas físico/natural e antrópico com alterações na entrada, armazenamento e saída de matéria e energia (AMORIM, 2012, p. 89). Por isso, é possível concluir que dentro de um espaço urbano total, não se pode avaliar uma rua isoladamente, pois todas são “uma manifestação local, mas íntegra, do desenvolvimento desigual e combinado da sociedade; e esta sociedade total, constitui o seu único padrão de avaliação e de valor” (SANTOS, 2004, p.188). Desta forma ao trabalhar com equilíbrios energéticos urbanos é necessário considerar a camada, ou volume, próximo a superfície como ativo (dinâmico) (OKE, 1988).

2.1.1 Balanço energético em sistemas climáticos urbanos

Por levar em consideração a primeira lei da termodinâmica, lei da conservação da energia, é possível o desenvolvimento dos balanços da dinâmica dos sistemas. Afinal, não importam os processos ou mudanças que se efetuem, a soma total em um sistema permanece constante. Neste caminho, descreve-se os vetores resultantes do balanço da radiação, da energia e da água, em busca de explicar a complexidade dos sistemas físico ambientais (Figura 1).

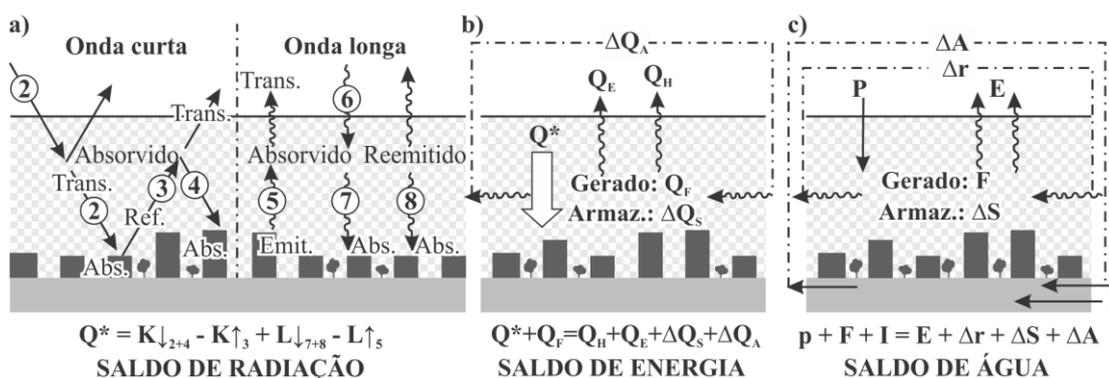


Figura 1 – Esquemas dos saldos na camada superficial em áreas urbanas.

a) Saldo de Radiação, b) Saldo de Energia, c) Saldo de Água

Fonte: Adaptado de Oke (1988).

No saldo de radiação (Q^*) considera-se o equilíbrio ao identificar a entrada de radiação de onda curta ($K\downarrow_{2+4}$), descontar a saída de radiação de onda curta que é refletida para a atmosfera ($K\uparrow_3$), considerar a radiação de onda longa que é absorvida no sistema ($L\downarrow_{7+8}$) e descontar a radiação de onda longa que é emitida para “fora” do sistema ($L\uparrow_5$) (Figura 1a) (OKE, 1988).

Já o balanço energético deve existir uma igualdade entre o saldo de radiação disponível no sistema, o total da energia liberada sob a forma de calor sensível e latente (Energia Emitida), e da energia armazenada pelo ecossistema (DE ANDRADE e DA SILVA, 2013). Desta forma, na Figura 1-b, o saldo de radiação (Q^*) mais o calor gerado pela combustão (Q_F) está em equilíbrio com a densidade de fluxo turbulento de calor sensível (Q_H), mais a densidade de fluxo turbulento de calor latente (Q_E), mais o saldo de calor armazenado (ΔQ_S) e mais o saldo de calor de advecção (ΔQ_A) (OKE, 1988).

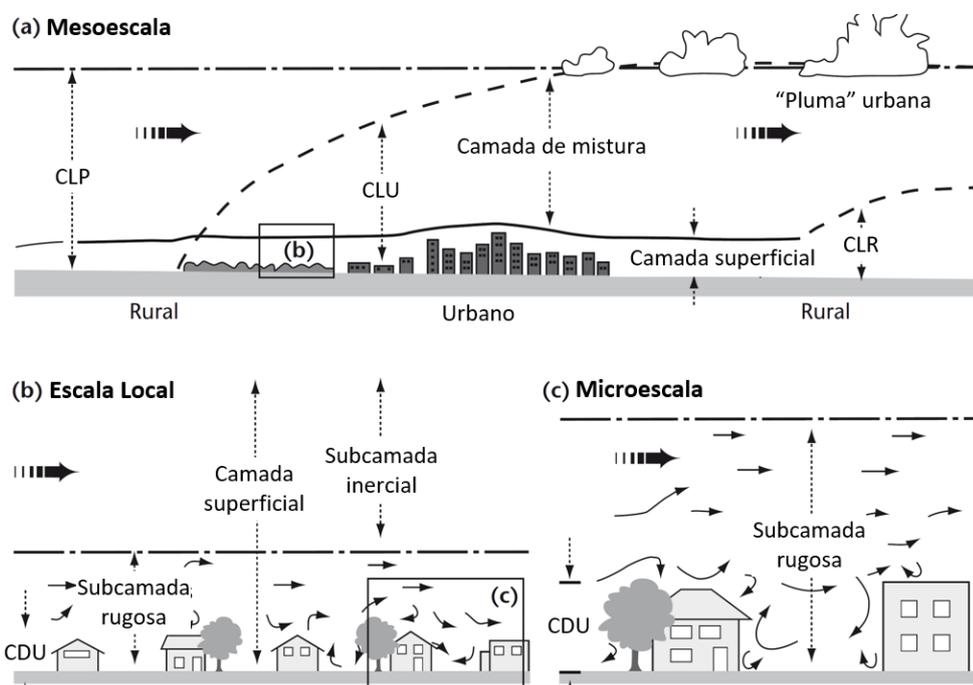
Por fim, na Figura 1-c, o saldo de água nos sistemas abertos ocorre pela precipitação (P), mais a umidade produzida pela combustão (F) e mais o

abastecimento de água canalizada (I) estão em igualdade com a evapotranspiração (E), mais o saldo de água por escoamento (Δr), mais o saldo de umidade armazenado (ΔS) e mais o saldo de umidade de advecção (ΔA) (OKE, 1988).

Como visto acima, devido ao número elevado de variáveis nos problemas de complexidade desorganizada, assume-se que as partículas interagem de forma muito fraca (nula), por isso é possível quantificar as flutuações das variáveis macroscópicas a partir das “médias” das interações microscópicas (WEAVER, 1991).

2.1.2 Escalas de estudo de clima urbano

Devido à complexidade e grau de influência das interações macroscópicas e diversidade de variáveis a serem consideradas nos sistemas, são delimitadas escalas para o estudo do clima urbano: mesoescala, microescala e escala local (Figura 2). Ao projetar modelos e esquemas de observação é necessário que considerem as escalas relevantes de troca de energia do sistema (OKE, 1988).



Camada Limite Planetária (CLP), Camada Limite Urbana (CLU), Camada Limite Rural (CLR), Camada de Dossel Urbano (CDU).

Figura 2 – Escalas climáticas horizontais e camadas verticais em áreas urbanas.

a) Mesoescala, b) Escala Local, c) Microescala

Fonte: Adaptado de Oke (2006).

Em estudos urbanos, a mesoescala abrange a influência climática em toda a cidade, o que representa estudos em dezenas de quilômetros de extensão horizontal e na espessura da camada limite urbana (CLU) (Figura 2-a) (OKE, 2006).

Na escala local, são incluídas as características paisagísticas como topografia e urbanização na influência climática em bairro e regiões da cidade (extensão horizontal de um a vários quilômetros e na espessura da camada superficial) (Figura 2-b). Para evitar ruídos (interferências indesejadas) nos resultados desta escala, deve-se identificar os efeitos isolados da microescala (Figura 2-c), o quais são as variações que ocorrem devido a influência de edifícios individuais, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins (se estende de menos de um metro a centenas de metros e na espessura da camada de dossel urbano) (OKE, 2006).

Em vista das interações entre os sistemas, também deve-se considerar a “borda”, o entorno da delimitação ilusória do sistema de estudo e interligar diferentes escalas. Assim, a hierarquia de influência das variáveis e, conseqüentemente, a instrumentação, são específicas em relação a escala.

Apesar de delimitar as escalas de acordo como objetivo do estudo, a complexidade do sistema não diminui, o que influencia é a hierarquia de variáveis que devem ser consideradas. No entanto, para descrever melhor o sistema atmosférico em várias escalas, os modelos são acoplados e ocorre a integração da modelagem com sensoriamento remoto e medições de campo (KWAK et al., 2015). Por isso, são necessários métodos para ligar o trabalho climático urbano de pequena escala e mesoescala (ARNFIELD, 2003).

Ao relacionar as variáveis ocorrem algumas dificuldades para selecionar o local mais adequado para o uso dos instrumentos meteorológicos nas medidas em cada escala delimitada. Afinal o sistema ambiental urbano é formado por atributos heterogêneos que podem implicar em ruídos nos dados (MAITELLI, 2013). Além de não se permitir a repetição do momento em que foi medido, afinal “o espaço é uma instância”.

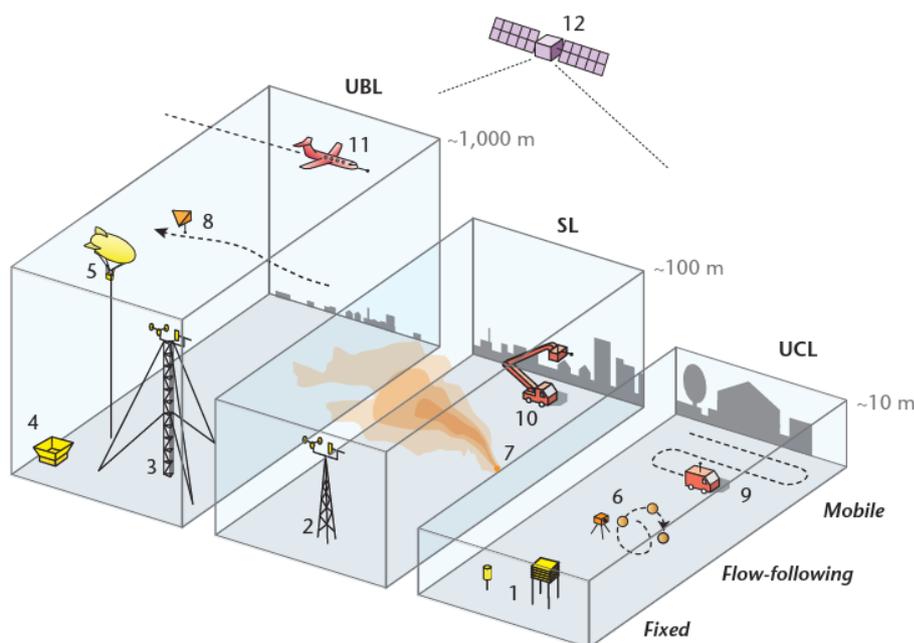
O estudo dos balanços energéticos urbanos tornou-se possível na última década, mas problemas metodológicos associados à modelagem e medição permanecem graves e merecem atenção, como a caracterização satisfatória da “superfície” urbana (OKE, 1988).

2.1.3 Instrumentação em estudos meteorológicos em sistemas ambientais urbanos

A abordagem de medição fixa observa as propriedades em intervalos regulares de tempo à medida que a atmosfera passa por um ponto fixo no espaço. Neste caso incluem um abrigo de instrumento meteorológico *Stevenson Screen* (Figura 3-1), uma torre meteorológica de pelo menos $1,5Z_H$ de altura (Figura 3-2), uma torre alta (Figura 3-3), e plataformas de sensoriamento remoto terrestres (SoDAR) (Figura 3-4), ou balão com instrumentos que são guinchados na vertical (Figura 3-5) (OKE et al.,2017).

Já a abordagem de fluxo contínuo permite a flutuação neutra que segue o fluxo de ar a um nível de densidade de ar constante, este modelo é utilizado para estudos de dispersão e aerodinâmica. Aqui incluem balões em pequena escala rastreados por câmeras (Figura 3-6), um experimento de liberação de traçador (Figura 3-7) ou balões solares de *tetron* (Figura 3-8) (OKE et al.,2017).

A abordagem móvel observa propriedades na atmosfera em um caminho determinado pela plataforma de observação. Neste modelo, incluem veículos (Figura 3-9), plataformas de guindastes móveis (Figura 3-10), helicópteros, aviões ou drones (Figura 3-11). Já o sensoriamento remoto por satélite pode caracterizar a superfície ou a atmosfera em várias escalas e abordagem (Figura 3-12) (OKE et al.,2017).



Camada limite urbana (UBL), Camada superficial (SL) Camada de dossel urbano (UCL)

Figura 3 - Plataformas observacionais terrestres, aéreas e de sensoriamento remoto, classificadas por sua adequação a amostrar cada escala.

Fonte: Oke et al. (2017).

As diferenças das variáveis utilizadas em cada estudo, está mais relacionada as diferenças dos procedimentos metodológicos, do que do tipo de informação, ou seja, a temperatura do ar medida a 2 metros ou a 20 metros de altura, são dados para escalas e abordagens diferentes, no entanto são informações de temperatura. Assim, independente da escala e metodologia, as variáveis climáticas mais utilizadas em estudos meteorológicos são temperatura, incidência de radiação solar (nebulosidade), teor de umidade, precipitação pluviométrica e velocidade do vento.

a. Temperatura do ar

Para fins meteorológicos, as temperaturas são medidas de diversas formas, mas mais comumente ocorre a medição da temperatura do ar em “graus Celsius” (em várias alturas), no entanto, a fim de garantir que o termômetro esteja em temperatura real, é necessário proteger o termômetro da radiação e da precipitação, enquanto permite a livre circulação do ar e estiver medindo a uma altura entre 1,2 e 2,0 m acima do nível do solo (JARRAUD, 2008). A importância desta variável foi confirmada em estudos da reconstrução da dinâmica micrometeorológica da floresta do sul da Amazônia. Assim, pode-se dizer que a temperatura do ar é a variável que melhor “registra” a variabilidade da meteorologia local e por isso deve ser a variável mais estudada para explicar os fenômenos meteorológicos locais (DE PAULO, DE PAULO, DE DECKER, 2015).

b. Incidência de radiação solar

A incidência de radiação solar representa a quantidade de energia eletromagnética de onda curta que incide em uma determinada área, desta forma, ela é representada por W/m^2 (VAREJÃO SILVA, 2006). Em escala local, as diferenças na elevação e o seu aspecto (direção para a qual a superfície está orientada) controlam a quantidade de radiação solar recebida, sendo que altitudes maiores recebem mais radiação (BARRY, CHORLEY, 2013).

c. Teor de umidade

O teor de umidade é determinado pela evaporação local, pela temperatura do ar e pelo transporte atmosférico horizontal de umidade, entre as formas que pode ser expressa esta variável é a umidade relativa (UR) em %, que representa o teor real de umidade de uma amostra de ar como porcentagem do contido no mesmo volume de ar saturado na mesma temperatura (BARRY, CHORLEY, 2013). Assim a umidade relativa varia inversamente com a temperatura. Assim, como o sensor de temperatura do ar, o sensor de umidade do ar deve estar protegido contra a radiação solar direta, contaminantes atmosféricos, chuva, vento e, neste caso específico, o material do abrigo não deve ser higroscópio (JARRAUD, 2008).

d. Precipitação pluviométrica

A precipitação pluviométrica se refere a queda de água da atmosfera (chuva, neve, granizo e orvalho) e é medida pelo volume de água em uma área, sendo expressa em mm geralmente. As características da pluviosidade são intensidade (quantidade/duração), extensão (área de ocorrência), frequência (intervalo de recorrência) e “seca”, que corresponde a ausência significativa de chuva, causando déficits de umidade e interferindo nas atividades biológicas e humanas (BARRY, CHORLEY, 2013).

e. Velocidade do vento

A velocidade do vento é em quantidade vetorial tridimensional com turbulências de pequena escala no espaço e no tempo sobrepostas a um fluxo organizado em larga escala, sendo mais comum expressa m/s (JARRAUD, 2008). A velocidade do vento representa a ocorrência média de circulação ar em um determinado período, já as rajadas de vento representam a velocidade máxima medida no período determinado, em ambos os casos se utiliza anemômetros para medir. Já a determinação da direção do vento é realizada por palhetas e uma bússola que indicam a direção de onde o vento sopra (JARRAUD, 2008).

Para todas as variáveis descritas, o local de medição interfere significativamente nos dados medidos, desta forma, deve-se buscar locais abertos com aspectos homogêneos sob uma superfície gramada e sem obstáculos e sombreamentos que possam interferir nas variáveis a serem medidas (Figura 4).

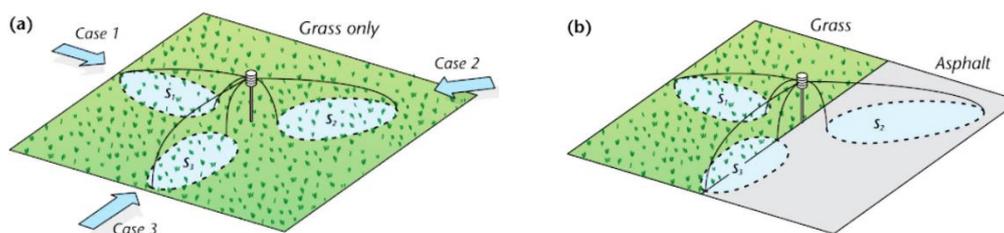


Figura 4 – Área de exposição e fonte turbulenta de um termômetro.
 a) no meio de uma extensa superfície plana de grama curta, b) na fronteira entre superfícies extensas de grama e asfalto.

Fonte: Oke et al. (2017).

A altura da medição é um fator relevante que influencia na distância de representatividade do dado. Os sensores a nível de telha (~ 1,5 m) influenciam a distância que podem ser algumas dezenas de metros em condições neutras, sendo menos quando as condições são instáveis e talvez mais de cem metros quando está estável. A uma altura de três metros, as distâncias equivalentes provavelmente se estendem até cerca de trezentos metros no caso estável (OKE, 2006). O círculo de influência em um sensor de temperatura ou umidade no nível da telha é pensado para um raio de cerca de 0,5 km normalmente, mas isso dependerá da densidade construtiva do entorno.

2.1.4 Classificação climática

A partir das coletas de dados no da década de 1870, Wladimir Köppen, começou a produzir mapas climáticos com base na geografia vegetal e foi apenas em 1918 que Köppen produziu o primeiro sistema de classificação climática (SCC) detalhada de climas mundiais com base na cobertura vegetal terrestre (BARRY, CHORLEY, 2013). No SCC de Thornthwaite em 1948, a planta não é um instrumento de integração dos elementos climáticos, mas adiciona a evapotranspiração para a classificação (ROLIM et al., 2007).

Entende-se por clima, a assinatura padrão das grandezas geográficas, meteorológicas e astronômicas relacionadas a uma região e que podem ser semelhantes em outras regiões com mesmas características. Portanto as variáveis climáticas, temperatura do ar, incidência de radiação solar (nebulosidade), teor de umidade, precipitação pluviométrica e velocidade do vento, são as mesmas, no entanto, os dados devem ser coletados considerando as influências em meso e macro

escala em um período mínimo de aproximadamente 30-35 anos para se ter a informação média dos dados característicos da região em estudo.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) (1989) define Normais como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas”, os dados das normais climatológicas foram obtidos em estações meteorológicas automáticas e convencionais sendo os dados de temperatura, pressão atmosférica, insolação, evaporação, evapotranspiração, nebulosidade, precipitação e vento (1961-1990 e 1981-2010) (INMET, 2018).

2.2 **Clima urbano**

Os projetos urbanos sustentáveis possuem diretrizes de compacidade urbana, ou seja, a percepção deve estar relacionada principalmente para a escala humana e pedonal, de forma a sustentar funções vitais e restabelecer o sentido para os habitantes, seus usos e equipamentos (SILVA; ROMERO, 2015).

Assim, a climatologia urbana tem evoluído na interpretação dos balanços energéticos urbanos e em suas medições, devido ao desenvolvimento conceitual da climatologia das camadas limítrofes e ao aprimoramento na compreensão da rugosidade e das implicações das áreas de heterogeneidade e fonte de fluxo (ARNFIELD, 2003).

Os efeitos da ilha de calor urbano (ICU) são diferenciados de acordo com o clima da cidade de estudo. Desta forma, enquanto o fenômeno pode causar benefícios em locais com condições climáticas de baixas temperaturas, em cidades com altas temperatura, as ICU podem aumentar o desconforto, o estresse térmico e a demanda energética para estratégias de resfriamento ambiental (STEWART; OKE, 2012).

Já o cânion urbano é uma morfologia urbana, na qual formam-se regiões de sombras, ou seja, que recebem pouca radiação ou não recebem. Além disso, são locais com difícil dissipação térmica para a atmosfera, pois contribuem para um círculo de absorção-emissão-reabsorção pelos materiais da composição urbana. No entanto, o cânion urbano, por formarem corredores também age como canalizador do

vento, o que contribui para a aceleração da circulação de ar no local ou, dependendo do clima, se tornam zonas de aceleração da ventilação.

A partir da distribuição geográfica da pesquisa do ICU identifica-se que a América do Norte, Europa Ocidental, Europa do Sul e Leste da Ásia foram os principais aglomerados espaciais (HUANG, LU, 2018).

Portanto, o planejamento desenvolvido a partir destes estudos generalistas de ICU não podem ser adotados diretamente em todos os locais. As condições climáticas interferem na intensidade do impacto dos fenômenos urbanos. Além das diferenças climáticas do local, a morfologia urbana mais homogênea das cidades de Chicago-US, Londres-GB, Berlim-DE e Xangai-CN, se diferem da heterogeneidade da morfologia urbana da Cidade do México-MX, São Paulo-BR, e Cuiabá-BR, o que também direciona para a ampliação de estudos distribuídos em diversas partes do globo. (Figura 5 e Figura 6).

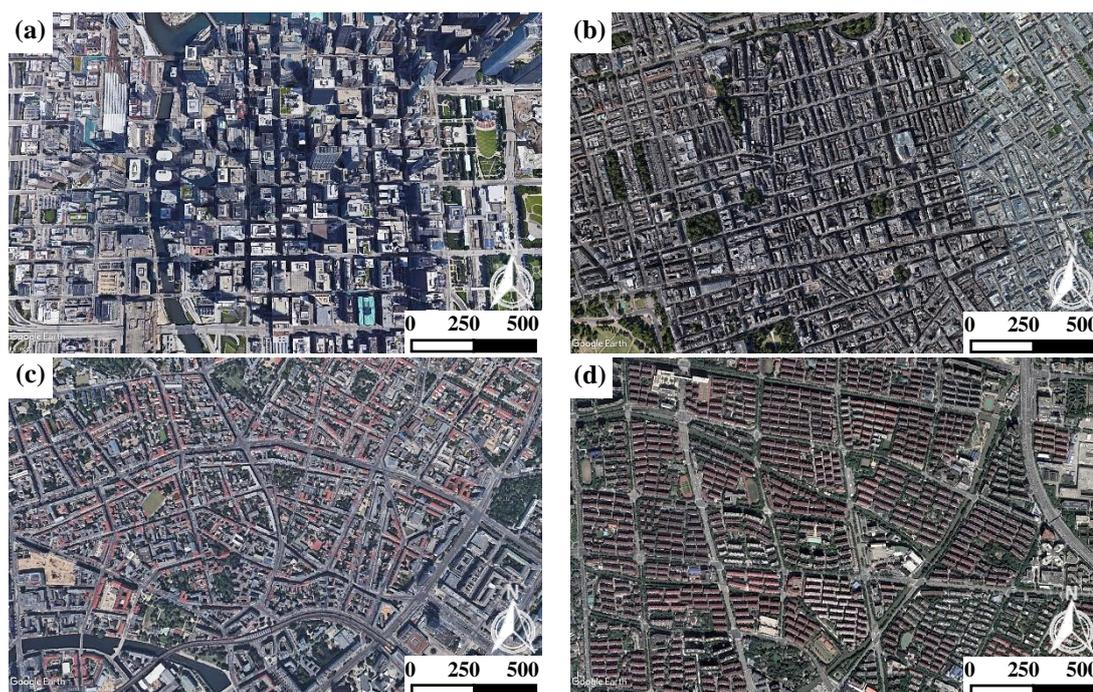


Figura 5 – Traçado urbano das principais cidade de estudo de ICU.

a) Chicago-US, b) Londres-GB, c) Berlim-DE, d) Xangai-CN.

Fonte: Google (2018).

Mas na teoria sobre clima urbano, os parâmetros tridimensionais da superfície topográfica são descritos como influenciadores das variações microclimáticas e intensificação dos efeitos de ilhas de calor (STEWART; OKE, 2012). Além da morfologia, a realidade tridimensional do espaço urbano das cidades, devem ser consideradas nos estudos de clima urbano (Figura 6-c, d).

Se as interações entre os atributos urbanos e o balanço energético da superfície exercem um controle sobre o clima local, esses estudos são importantes para subsidiar o planejamento urbano e assim contribuir de forma significativa para a qualidade ambiental das cidades (MAITELLI, 2013). É necessário desenvolver o planejamento urbano, disponibilizar infraestrutura adequada e direcionar o desenho adequado para a produção da morfologia urbana e dos edifícios (DUARTE, 2015).

Em estudos espaço-temporal realizado no aglomerado urbano da baixada cuiabana identificou-se que os maiores valores de temperatura da superfície não estavam localizados em áreas com grande adensamento populacional e nem nos centros urbanos (CALLEJAS et al., 2011). Os autores elencaram possíveis situações: 1) O horário das imagens de satélite utilizadas no estudo, foram entre 9h ou 10h e neste momento o fenômeno de ICU está apenas iniciando; 2) O centro urbano de Cuiabá está em uma encosta para a direção sudoeste e isso pode contribuir para receber menor insolação; 3) As áreas ao norte e ao sul estão localizadas em áreas horizontais no topo e por isso podem estar recebendo maior insolação que o centro urbano. Desta forma, a topografia pode ser um dos aspectos de influência no clima urbano em Cuiabá-MT.

2.2.1 Classificação da urbanização relacionado ao clima

Em busca de definir uma linguagem que permita as comparações de estudos em diversos locais são desenvolvidas metodologias de classificação de áreas urbana baseadas no clima urbano. Para isso, o sistema de classificação "zona climática local" (LCZ – Local climate zone) fornece uma estrutura de pesquisa para estudos de Ilha de calor urbana e padroniza o intercâmbio mundial de observações de temperatura urbanas (Figura 8) (Stewart, Oke, 2012).

Para este sistema, foram definidas regiões de cobertura uniforme da superfície, estrutura, material e atividade humana. Assim, cada LCZ é nomeada individualmente e ordenadas por uma (ou mais) propriedade de superfície distintas, que na maioria dos casos é a altura/envelope de rugosidade dos objetos ou a cobertura do solo dominante.

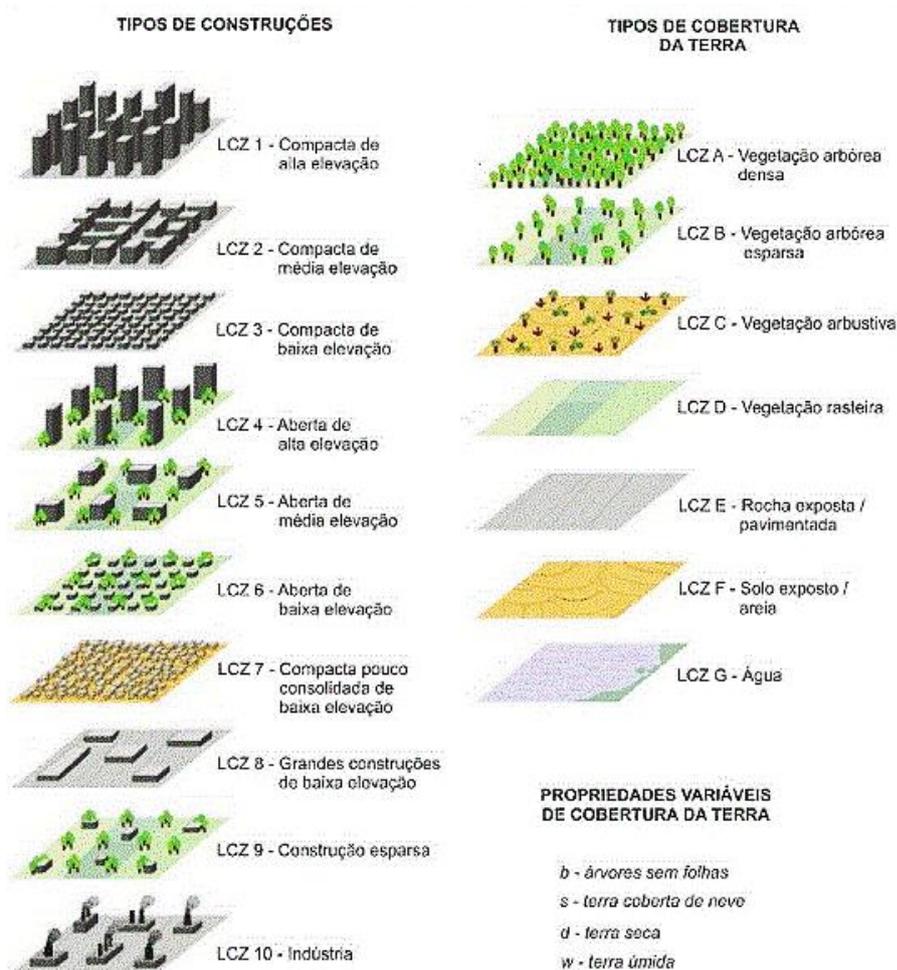


Figura 8 - Esquema de classificação das LCZs

FONTE: Stewart, Oke (2012) traduzido pela autora

Assim como outros sistemas de classificação climática urbana, este modelo não possui parâmetros topográficos como critérios de definição das zonas. Desta forma, a LCZ é definida considerando principalmente aspectos planejados de uso e ocupação e algumas características de altura das construções existentes.

2.3 Topografia urbana

As complexidades das topografias interferem na reflexão da energia eletromagnética incidida pelo sol, desta forma diversos estudos de sensoriamento remoto vêm sendo desenvolvidos a fim de corrigir os ruídos nas imagens (PESSÔA e PONZONI, 2018; EDIRIWEERA et al., 2013). Estes métodos consistem em clarear os pixels sombreados e escurecer os pixels superexpostos a radiação solar.

A temperatura do ar também é influenciada pela altitude isso ocorre porque a energia da massa de ar em ascensão sofre pressões menores, aumentam de tamanho e diminuem a temperatura. Em estudo realizado na Serra Gaúcha, foi identificado um gradiente de alteração de temperatura do ar em 1°C para cada 124 a 141m de altitude para encostas voltadas para o sudoeste e norte, respectivamente, sendo a altitude o fator que mostrou maior influência sobre a temperatura, seguido respectivamente da latitude e longitude (FRITZSONS, MANTOVANI, DE AGUIAR, 2008).

O aumento da rugosidade da superfície também modifica a variável velocidade do vento, afinal foi constatado uma redução de 30% da velocidade perto do solo no verão em Lisboa (LOPES, SARAIVA, ALCOFORADO, 2011). A influência no fluxo de ar ambiente e da dispersão de poluentes, depende tanto da dimensão física e da geometria do relevo como das condições climáticas do ambiente, de forma a relacionar a força ascendente e a resistência da atmosfera para ultrapassar o obstáculo, ou seja, número de Froude (Fr) (Figura 9) (OKE et al.,2017).

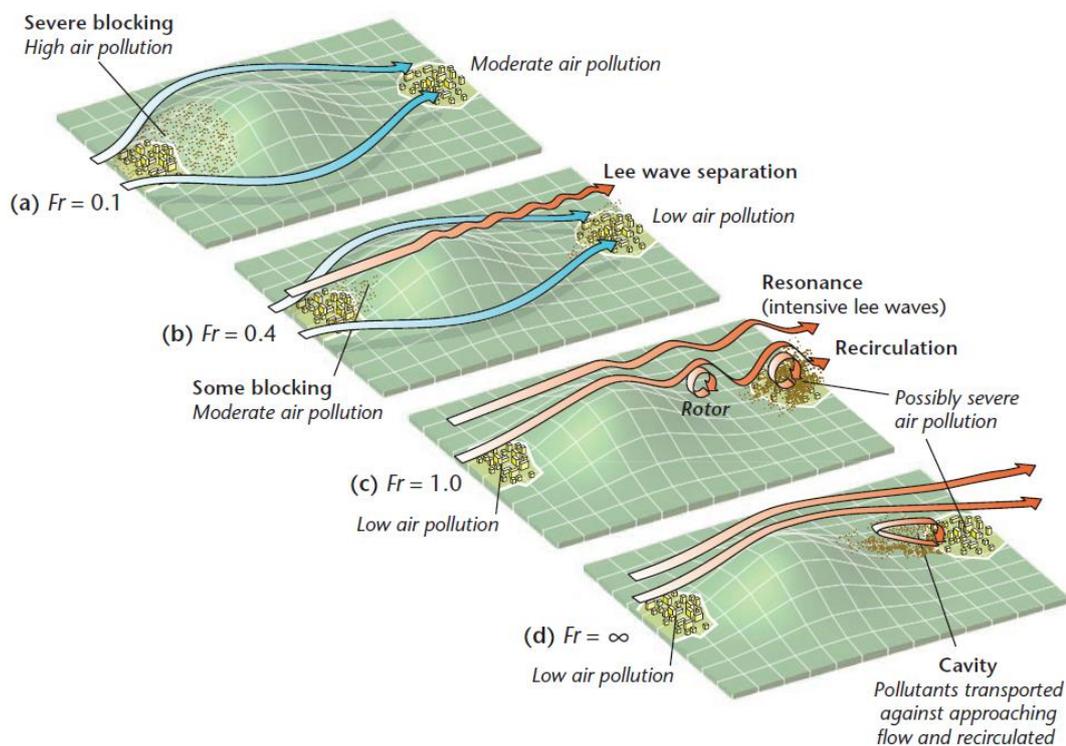


Figura 9 – Efeito do número de Froude (Fr) no fluxo em volta e sobre uma colina.

Fonte: Oke et al. (2017).

Mas, além do impacto de características de grande escala, como o Himalaia ou o Oceano Índico, a topografia influi no clima em todas as escalas, como as

influências orográficas (nuances do relevo) associadas a colinas, montanhas e vales, bacias e influências costeiras (Quadro 1) (OKE et al.,2017).

Cenário orográfico	Mecânico	Térmico	Qualidade do ar
<p>Topo da montanha ou cume</p> 	<p>Aumento da velocidade devido à elevação; Maior cobertura de nuvens e da precipitação devido à elevação.</p>	<p>Sob condições de céu claro, maior irradiação solar e perda de radiação de ondas longas. Maior faixa de temperatura diurna e sazonal.</p>	<p>Boa qualidade do ar, mesmo com maior velocidade de vento, aumento do potencial para neblina em dias claros e calmos.</p>
<p>Terraço com inclinação ou inclinação</p> 	<p>Um lado abrigado, sotavento, e outro lado mais exposto, barlavento, aos ventos do ambiente. Podendo ser afetado por fortes ventos descendentes em determinadas circunstâncias.</p>	<p>Dependendo da orientação do aspecto em relação ao sol, a superfície e o ar adjacente podem ser aquecidos ou resfriados, originando ventos ascendentes ou descendentes. À noite, nas encostas mais altas os ventos são mais rápidos e os ventos resultantes são descendentes.</p>	<p>Geralmente boa qualidade do ar, a menos que esteja localizada em zona de recirculação ou próxima ao nível de inversão dos ventos.</p>
<p>Bacia ou vale</p> 	<p>O efeito depende da geometria do vale em relação à direção predominante do vento. Se for perpendicular ao eixo do vale, o vale pode ser menos exposto.</p>	<p>Ventos transversais se desenvolvem durante o dia ou a noite devido aos fluxos anabáticos, ou catabáticos, nas laterais do vale. O sistema catabático é mais forte na camada superficial no período noturno</p>	<p>Potencial para baixa qualidade do ar, devido ao acúmulo de ar frio no fundo do vale durante a noite.</p>
<p>Base de inclinação</p> 	<p>No lado a sotavento, os ventos podem ocorrer dependendo da topografia local. No lado a barlavento, o fluxo pode ser bloqueado contra a encosta.</p>	<p>Fluxos anabáticos e catabáticos diurnos ou noturnos.</p>	<p>No lado a barlavento, o ar frio fica bloqueado; no lado a sotavento, sob algumas condições pode criar um turbilhão de recirculação e baixa qualidade do ar.</p>
<p>Costeiro</p> 	<p>No lado a sotavento, os ventos podem ocorrer dependendo da topografia local. No lado a barlavento, o fluxo pode ser bloqueado contra a encosta.</p>	<p>Sob condições regionais calmas e claras, a circulação da brisa costeira é estabelecida, trazendo o ar para a terra durante o dia e a noite no sentido inverso.</p>	<p>A poluição do ar durante o dia é possibilitada, quando as condições da brisa do mar forem dominantes causando uma forte inversão próxima da superfície.</p>

Quadro 1 – Características orográficas em meso- e microclima.

FONTE: Oke et al., (2017).

Como apresentado no quadro, mesmo com os cinco cenários descritos, pode haver diferenças relacionadas as direções em que o cenário está implantado. Afinal, dependendo da posição, as interferências relacionadas a trajetória solar e a velocidade do vento podem ser agravadas ou desviadas. Além disso, o quadro apresenta ilustrações em mesoescala, no entanto o efeito também pode ser expandido para a estudos em microescala.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo descreve-se os produtos, ferramentas e procedimentos adotados para o desenvolvimento dos objetivos específicos. Para diversas escalas de observação do tema abordado, foi necessário organizar e desenvolver a pesquisa atendendo a abrangência das interações em cada situação. Por isso, dividiu-se em cinco fases, sendo que em cada uma foram utilizados materiais e métodos relativos a elas (Figura 10).

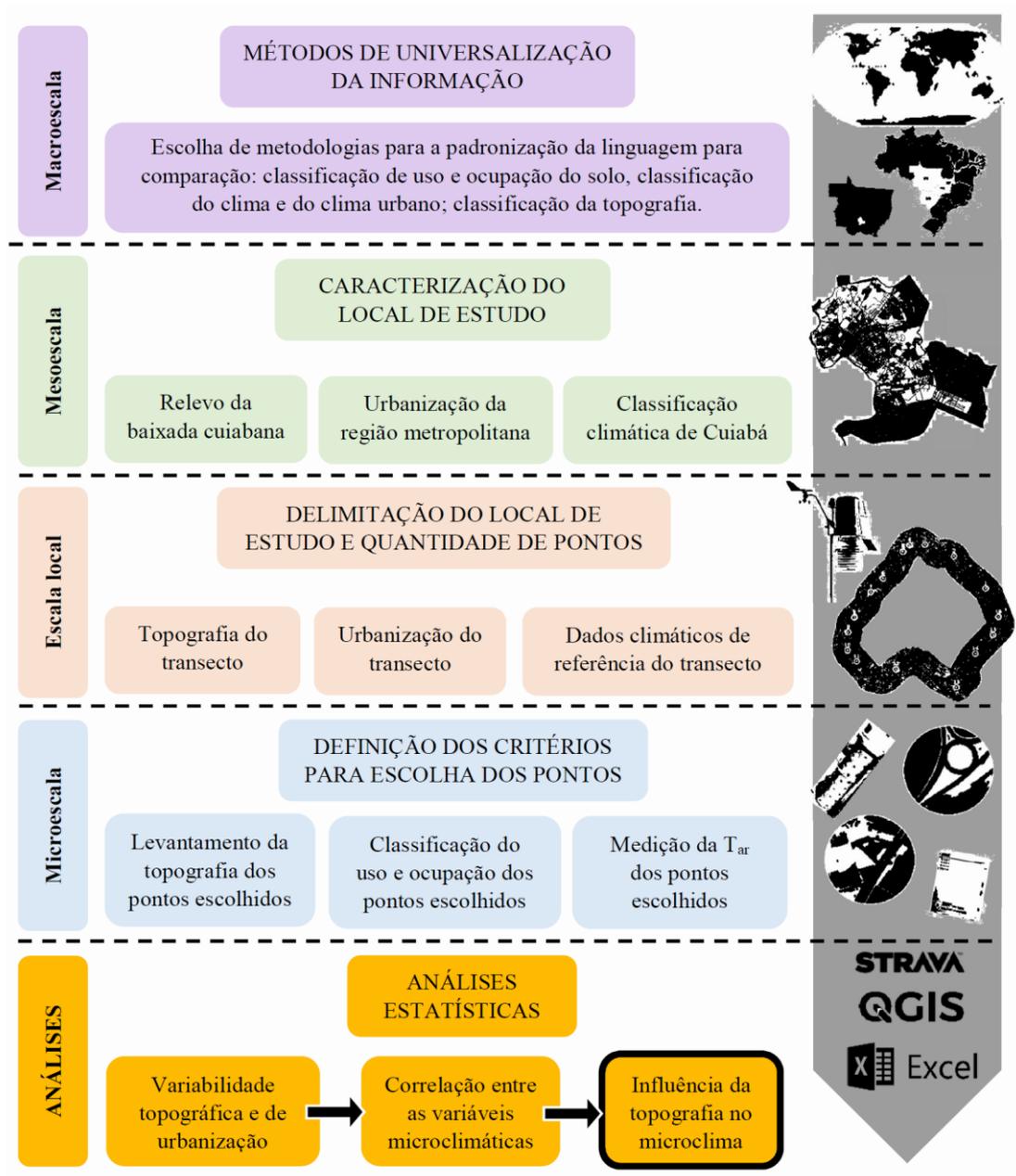


Figura 10 – Esquema das escalas do material e métodos

FONTE: Elaborado pela autora

A primeira fase consistiu em identificar o contexto global em macroescala para selecionar metodologias para a universalização da informação produzida. Assim, foram desenvolvidas pesquisas em periódicos e livros com as palavras chaves de clima urbano; classificação climática; modelos climáticos urbanos; variações climáticas; topografia; urbanização e meteorologia. Com isso, foi possível definir as variáveis topográficas que influenciam no clima; delimitar as variáveis urbanas relevantes para o estudo, definir como identificar e mensurar variáveis climáticas em cada escala e escolher métodos para classificar as informações.

Já na fase da mesoescala, a partir de estudos correlatos e dados publicados, foi possível caracterizar o local de estudo. Assim, a caracterização do relevo do município de Cuiabá, análise da urbanização atual e tendências de expansão e a classificação climática da cidade permitiram se ter um maior entendimento sobre os fenômenos e interações que ocorrem na escala local e contribuíram para a delimitação da área estudada e das variáveis mais relevantes para os resultados.

Na escala local, foi delimitado um percurso de estudo e a borda de influência. Nesta escala, também foi definido um local para a instalação de uma estação micro meteorológica fixa de referência para o estudo. A descrição mais detalhada da topografia e urbanização, com a produção de mapas e análises espaciais, além da identificação do clima local, a partir dos dados meteorológicos contínuos referentes ao local de estudo, permitiu identificar quais variáveis poderiam estar sujeitas a ruídos nos pontos mais específicos. Estes dados foram a referência para o percurso definido e compuseram a primeira parte dos resultados da pesquisa.

Em uma escala mais específica, microescala, foram definidos critérios de seleção de pontos de estudo, baseados em todas as interações identificadas nas demais escalas. Então, foi possível delimitar pontos mais homogêneos para estudos mais específicos no percurso delimitado. Os dados coletados nesta fase também compuseram a parte dos resultados da pesquisa.

Na última fase, denominada de resultados, foi definido como deveriam ser analisados, organizados e discutidos os resultados obtidos. Para isso, foi necessário aplicar métodos estatísticos nos dados medidos. Nesta fase, retomou-se ao objetivo da pesquisa e buscou-se responder aos problemas que originaram o estudo.

3.1 Local de estudo

O município de Cuiabá possui extensão territorial de 3.984,9km² e localização geográfica de 15,6°S de latitude e de 56,1°O de longitude. A cidade possui diversas características que justificam a sua escolha como objeto para este estudo: a) clima com altas temperaturas que se agrava com o efeito da ilha de calor; b) condição climática de difícil dissipação de calor devido à localização em área de depressão; c) diversidade morfológica resultante de uma sobreposição de processos de evolução urbana; d) perímetro urbano localizado em uma área de intensidade de recursos hídricos (rios) e sobreposição de biomas Pantanal e Cerrado; e) aglomerado urbano que produziu desigualdades socioespaciais; e, f) prognóstico de potencial de desenvolvimento em um Estado de intenso crescimento econômico (SILVA; ROMERO, 2015).

O clima classificado, de acordo com o método de *Köppen* com normais climatológicas, é o tropical de savana (*Aw*), característico por temperaturas médias superiores a 18°C e de 4 a 5 meses secos, sendo que Cuiabá apresenta temperaturas médias mensais entre 24 a 28°C e estação quente-úmida (outubro a abril) e quente-seco (maio a setembro) (

Figura 11) (ALVARES et al., 2014; SOUZA et al., 2013).

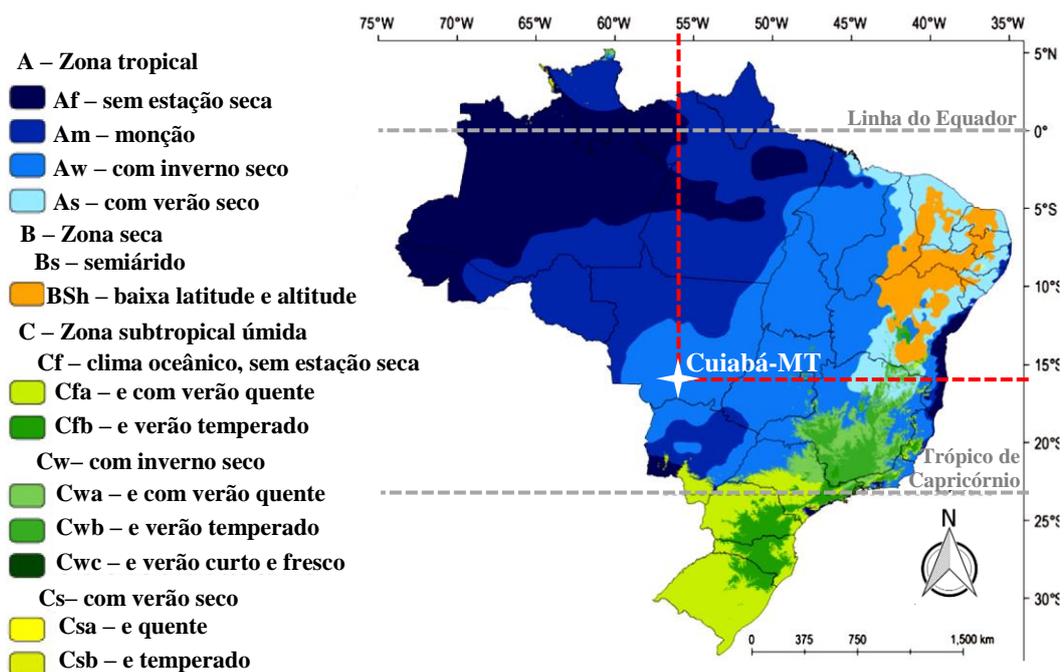


Figura 11 - Classificação climática do Brasil, segundo o critério de Köppen (1936)

Fonte: Alvares et al (2014), adaptado pela autora

O tipo climático *Aw*, na classificação de *Köppen* com análise de Tipo de Clima Anual, é o mais representado no país, no entanto não significa uma homogeneidade climática, afinal a metodologia não incluiu o relevo na interpolação (DUBREUIL et al., 2018).

A partir da série de dados de 1961 a 2010 da estação do INMET, Cuiabá possui média anual de temperatura de 26,84°C e de precipitação de 1495,36mm. As menores médias de temperatura e precipitação são dos meses de junho (24,21°C e 14,79mm), julho (24,31°C e 12,16mm) e agosto (25,88°C e 15,04). Já as maiores médias de temperatura são de novembro, dezembro e janeiro (28,43°C, 28,13°C e 28,02°C) e as maiores médias de precipitação são de janeiro, fevereiro e março (240,18mm, 231,16mm e 214,19mm) (SOUZA et al., 2013).

A depressão cuiabana faz parte da depressão do rio Paraguai e se caracteriza por uma área rebaixada situada entre a Província Serrana (Serra das Araras) e o Planalto dos Guimarães (Chapada dos Guimarães) (Figura 12). A topografia da depressão cuiabana está em declive para a direção sul, do alto vale dos rios Cuiabá e Mandos até a planície do Pantanal (MAITELLI, 1994).

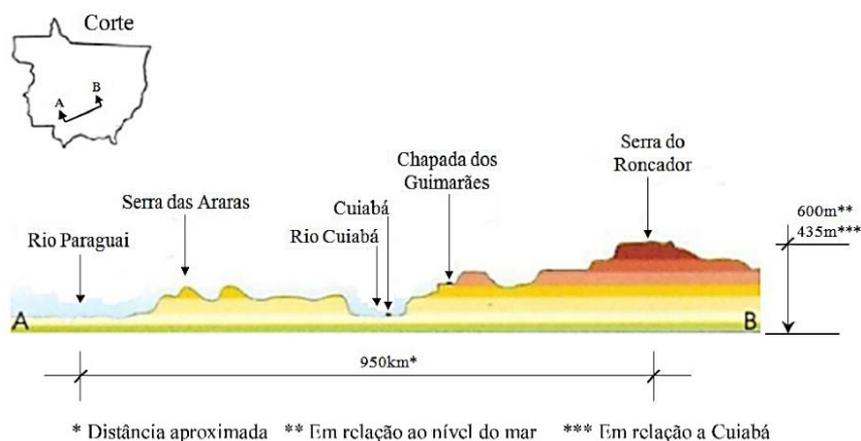


Figura 12 - Corte esquemático do relevo de Mato Grosso

Fonte: SANTOS (2012)

A localização da capital cuiabana está na região centro-oeste do Brasil e pertence ao estado de Mato Grosso, o qual faz parte da fronteira de desenvolvimento do país (LATORRACA et al., 2016). O Estado ainda apresenta diversos problemas logísticos que comprometem o escoamento da produção e, conseqüentemente, o

desenvolvimento econômico e social das cidades. Assim, a cidade de Cuiabá como o próprio estado, possui grandes extensões territoriais praticamente vazias, sem planejamento e potenciais para serem ocupadas e desenvolvidas.

O processo de evolução urbana da cidade estudada, iniciou-se nas margens do rio Cuiabá, rota de circulação das mercadorias e pessoas no início da. Em estudos na região do aglomerado urbano, identificou-se que os vetores de desenvolvimento urbano são centrífugos e ocorrem nas atuais rota de circulação, vias estruturais, nas quais é possível identificar áreas de densa urbanização na região do aglomerado urbano (Figura 13-a) (CALLEJAS et al, 2011). No entanto, nem sempre a urbanização está diretamente relacionada ao aumento da temperatura de superfície (estimada por sensoriamento remoto), afinal áreas de solo nu em locais de topo apresentaram as maiores temperaturas e locais com urbanização semelhantes apresentam comportamentos diferenciados de temperatura (Figura 13-b). Desta forma, sugere que a topografia pode estar influenciando nestas diferenças, mas também, nem sempre diretamente relacionada a variação de temperatura identificada (Figura 13-c).

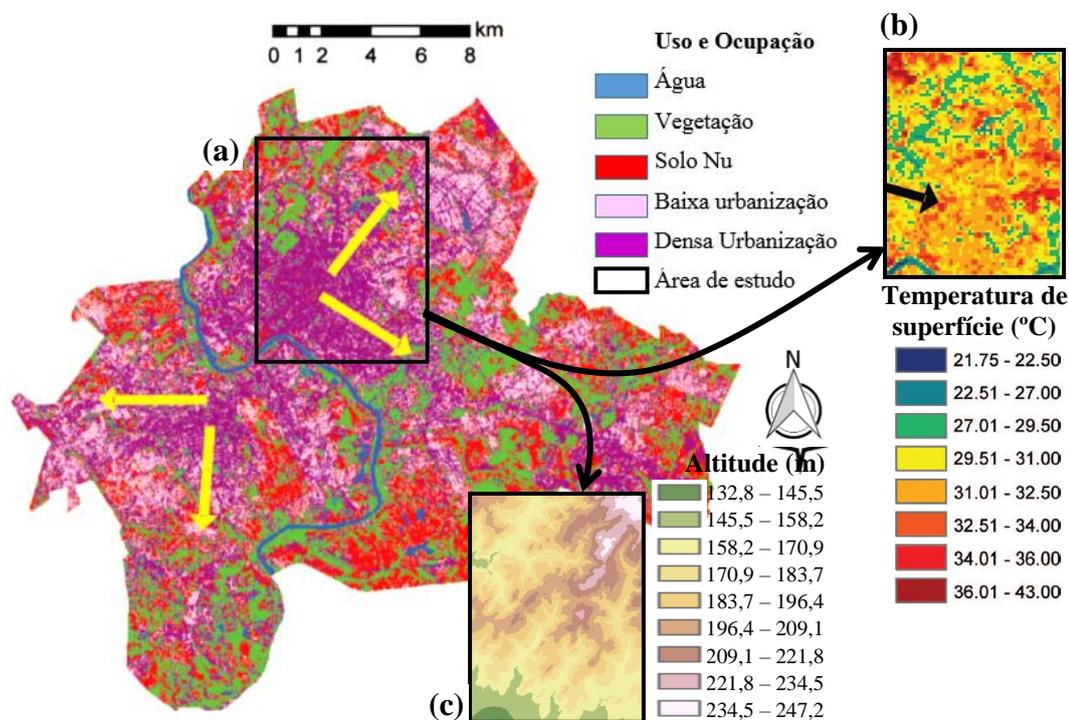


Figura 13 – Aglomerado urbano da baixada cuiabana de 2007.

a) Uso e ocupação do solo; b) Recorte da temperatura de superfície (°C); c) Recorte da Altitude (m)

FONTE: CALLEJAS et al, 2011. Adaptado pela autora

A cidade possui aspectos que intensificam as altas temperaturas do clima local, além de possuir diversos recursos naturais como os biomas e os rios, que devem ser preservados para a manutenção da temperatura. Assim, os estudos na capital contribuem para um planejamento urbano coerente e melhores condições de habitabilidade para outras cidades-latinas e tropicais que estão na mesma situação.

A homogeneidade estrutural da superfície intra urbana da região central de Cuiabá propicia a homogeneização da variação da temperatura superficial (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) (FERREIRA, UGEDA JÚNIOR, 2018).

A delimitação da área de estudo foi necessária para se obter um maior detalhamento das informações e possibilitar algum controle da diversidade de interações das variáveis ambientais, além das topográficas, relacionadas as variações microclimáticas (Figura 14). A partir do objetivo proposto e do levantamento a partir de estudos de clima urbano em Cuiabá, os critérios definidos para a delimitação da área foram: a) região com diversidades topográficas, para se obter áreas amostrais contundentes; b) áreas com processos de urbanização homogêneos, a fim de se controlar algumas interferências urbanísticas; c) vias que permitam um deslocamento para o registro dos dados meteorológicos em transecto; d) local com informações pré-existentes.

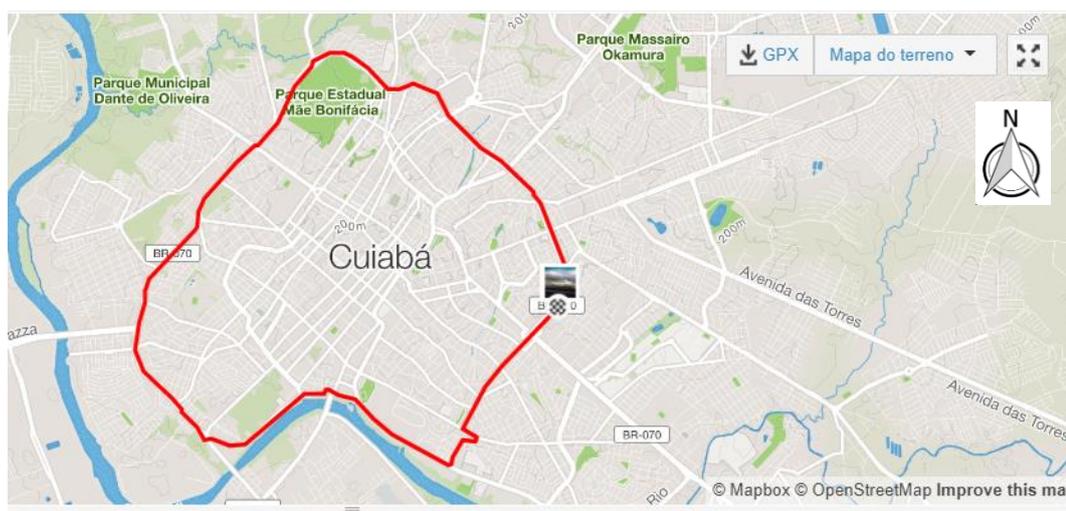


Figura 14 – Trajeto das vias do percurso
FONTE: STRAVA (2017)

Em virtude dos critérios estabelecidos, para a área escolhida para o estudo foram selecionadas as margens de vias estruturais: avenida Miguel Sutil do início ao

fim e trechos das avenidas Beira Rio e Carmindo de Campos, a delimitar a forma de um anel que permite o início e fim do percurso em um mesmo ponto (Figura 15).

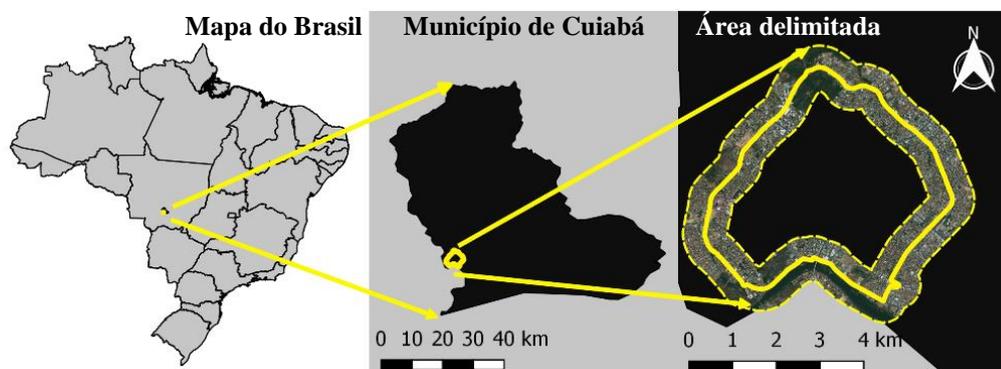


Figura 15 - Localização e delimitação da área de estudo

FONTE: Elaborado pela autora

Segundo o método de medição em *transecto* para estudo de clima urbano, o período de medição não deve ultrapassar uma hora e devem ocorrer no período sem radiação (JARRAUD, 2008; OKE et al., 2017; STEWART, OKE, 2012). Por tanto, em escala microclimática, no percurso definido com 18km, são viáveis no máximo 16 pontos de parada (3min) para obter 60 minutos de *transecto* com pontos fixos.

Ainda, como apresentado no item 2.1.2, existem influências que ocorrem entre as escalas, por isso, delimitou-se uma área de borda no entorno do trajeto de estudo. A área de estudo em escala local, possui delimitação de 500m para cada margem da via.

3.1.1 Definição dos critérios das classes para escolha dos pontos

A partir da delimitação da área de estudo, foram definidos critérios para a escolha dos pontos de medição. Os critérios foram escolhidos baseados em métodos de classificação de relevo, como o de Nilo Bernardes, de forma a atender as variações topográficas e de urbanização. Assim foi possível organizar em quatro grupos topográficos: plano alto, plano baixo, rampa N/NW e rampa S/SE com dois tipos de variação de urbanização: maior e menor urbanização (Tabela 1).

Tabela 1 - Critérios para escolha dos pontos fixo no *transecto*

CLASSES	PLANO ALTO	PLANO BAIXO	RAMPA N/NW	RAMPA S/SE
___ Maior Urban.	2 Pontos	2 Pontos	2 Pontos	2 Pontos
--- Menor Urban.	2 Pontos	2 Pontos	2 Pontos	2 Pontos

PARÂMETROS				
Altitude	215 a 200 m	150 a 165 m	Sem definição	Sem definição
Inclinação	Abaixo de 2%	Abaixo de 2%	Acima de 4%	Acima de 4%
Aspecto	HORIZONTAL	HORIZONTAL	N/NW/W/SW	S/SE/E/SE

FONTE: Elaborado pela autora

A escolha dos pontos ocorreu de forma a permitir uma repetição, assim para quatro grupos topográficos, dois tipos de urbanização e duas repetições foi possível selecionar 16 pontos de estudo no *transecto*. Os parâmetros foram definidos baseado nos dados da área de estudo, afinal os parâmetros existentes para a classificação da topografia não são aplicados a escalas microclimáticas, mas sim mesoescala ou macroescala. Desta forma mante-se o tipo de parâmetro: altitude, inclinação e aspecto, mas a quantificação dos valores para as classes foi adaptada a variação das classes para os dados característicos do local.

A partir de dados de altitude obtidos por GPS (Sistema de Posicionamento Global) na região selecionada, identificou-se que existe variação de altitude de 215 m a 165 m de altitude. Portanto, foram definidas duas classes dos extremos para a classificação em área plana alta (215 a 200 m) ou baixa (150 a 165 m). No entanto, para a classificação das áreas de rampa, a altitude não foi considerada como um critério de definição.

A característica da área é mais plana, com a maioria da inclinação próximo a 2%, mas encontra-se algumas variações pontuais altura que chegam a 10%. Portanto, foi definido como critério que as inclinações abaixo de 2% devem ser classificadas como planas e pontos com inclinação acima de 4% são áreas de rampa.

O parâmetro de aspecto está relacionado a qual direção está voltada a superfície de estudo. Desta forma, os locais classificados como planos possuem aspecto horizontal e para os locais classificados como rampa, deve-se observar se a superfície está direcionada para N/NW/W/SW, sendo classificadas como rampa N/NW ou para S/SE/E/SE, sendo rampa S/SE.

3.1.2 Escolha dos pontos fixo no *transecto*

No desenvolvimento dos testes, a amostragem dos pontos no percurso partiu da organização regular, com tempos estabelecidos para cada parada. A partir, das categorias definidas para a escola dos pontos, identifica-se que a amostragem dos

pontos partiu para uma amostragem estratificada randômica, mas ainda se manteve a regularidade (Figura 16).

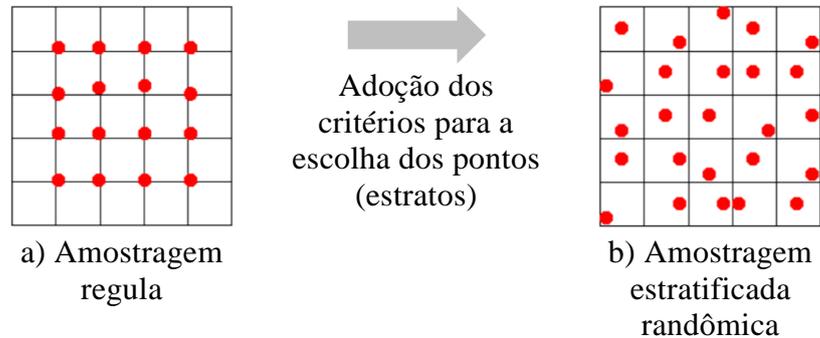
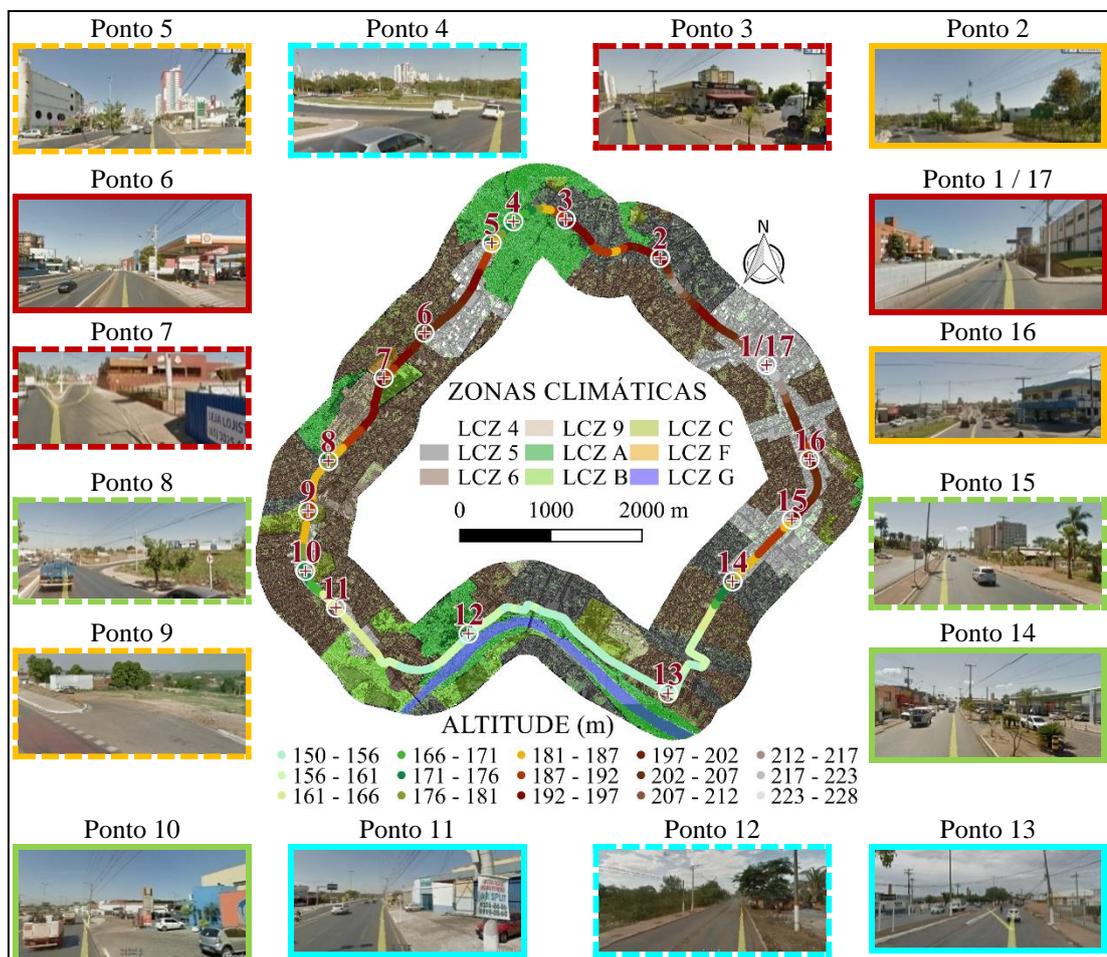


Figura 16 – Amostragem desenvolvida no estudo

FONTE: Elaborado pela autora

Além dos critérios definidos, os pontos também foram escolhidos devido a facilidade de estacionar para aguardar o tempo para os dados estabilizarem nos pontos (três minutos) e a possibilidade do veículo ficar distante de interferências específicas da urbanização e tráfego do local (Quadro 2).



Quadro 2 – Localização dos pontos escolhidos no *transecto*

FONTE: Elaborado pela autora

Devido ao *transecto* ser em avenidas estruturais e alguns trechos em vias principais ou coletoras, foi identificado que a via possui uma regulação de velocidade de no máximo 60km/h, 40km/h em ruas coletoras do percurso e alguns pontos de congestionamentos para as medições das 14h. Por tanto, para o desenvolvimento das medições o veículo transitou pela faixa da direita, com velocidade média acerca de 40km/h. No entanto, para desenvolver o registro dos dados micro meteorológico dos pontos, o veículo era estacionado em locais possíveis a perpendicular da via. Apenas para o P4, o registro foi desenvolvido com parada no meio da Avenida Miguel Sutil na própria rotatória do Parque Mãe Bonifácia.

A partir das características pré-estabelecidas para a escolha dos pontos de estudo os pontos foram classificados em dois grupos relacionados a urbanização: maior urbanização (P1, P2, P6, P10, P11, P13, P14 e P16) e menor urbanização (P3, P4, P5, P7, P8, P9, P12 e P15) (Tabela 2). Quanto a características topográficas, os pontos foram classificados em quatro grupos: plano alto (P1, P3, P6 e P7), plano baixo (P4, P11, P12 e P13), rampa NW (P2, P5, P9 e P16) e rampa SE (P8, P10, P14, P15).

Tabela 2 – Características dos pontos fixos escolhidos

___ MAIOR URBANIZAÇÃO								
PONTOS	P1	P2	P6	P10	P11	P13	P14	P16
CLASSES	Plano Alto	Rampa NW	Plano Alto	Rampa SE	Plano Baixo	Plano Baixo	Rampa SE	Rampa NW
Altitude	225,0m	204,5m	204,5m	178,5m	164,0m	153,0m	178,5m	204,5m
Inclinação	Abaixo de 2%	Acima de 2%	Abaixo de 2%	Acima de 2%	Abaixo de 2%	Abaixo de 2%	Acima de 2%	Acima de 2%
Aspecto	H	NW	H	SE	H	H	SE	NW
___ MENOR URBANIZAÇÃO								
PONTOS	P3	P4	P5	P7	P8	P9	P12	P15
CLASSES	Plano Alto	Plano Baixo	Rampa NW	Plano Alto	Rampa SE	Rampa NW	Plano Baixo	Rampa SE
Altitude	193,5m	168,5m	184m	189,0m	189,0m	184,0m	153,0m	184,0m
Inclinação	Abaixo de 2%	Abaixo de 2%	Acima de 2%	Abaixo de 2%	Acima de 2%	Acima de 2%	Abaixo de 2%	Acima de 2%
Aspecto	H	H	NW	H	SE	NW	H	SE

FONTE: Elaborado pela autora

3.2 Dados utilizados

Para a compreensão do fenômeno de estudo é necessário definir quais são os principais aspectos que serão estudados. As definições destes aspectos ocorreram a partir de resultados publicados e/ou pequenos experimentos locais. Os dados utilizados e desenvolvidos para a pesquisa foram em três aspectos: topográfico, urbanização e meteorológico. Desta forma, o grau de especificidade destes dados foi obtido em etapas que representam cada escala de abrangência: macroescala, mesoescala, escala local, microescala e resultados, a última representa a etapa de desenvolvimento das análises, na qual os três aspectos são correlacionados a fim de se obter o objetivo geral (Figura 17).

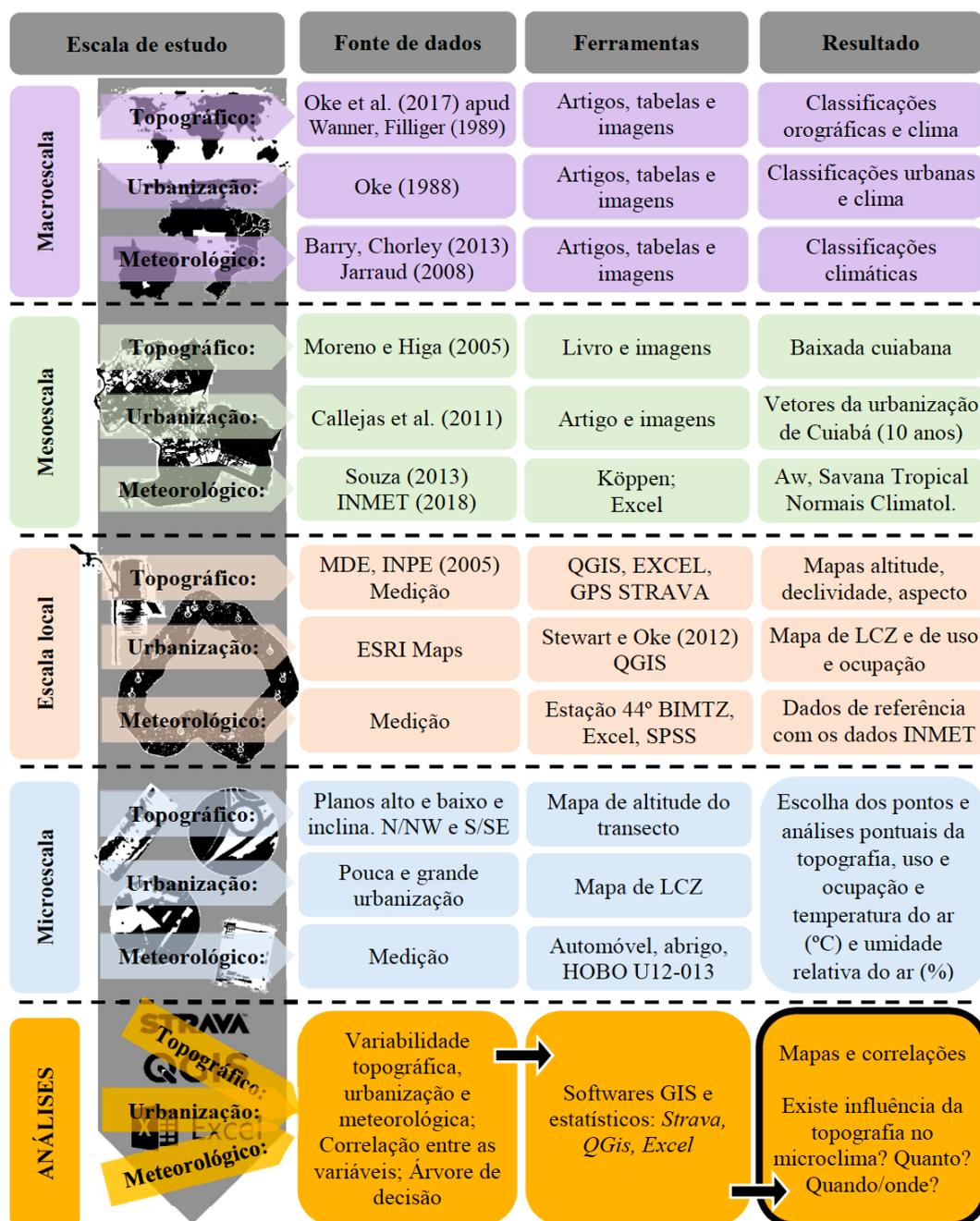


Figura 17 - Esquema dos processos dos dados utilizados

FONTE: Elaborado pela autora

3.2.1 Dados topográficos

Em macro e mesoescala, buscou-se informações para definir critérios para análises orográficas e topográficas, a fim de delimitar os parâmetros mais relevantes para o estudo. Além de buscar indícios específicos de interferência no clima de Cuiabá, estas informações, que ocorreram a partir de pesquisas sobre estudos correlatos, contribuíram para a caracterização do relevo do local de estudo.

Em escala local, os dados foram necessários para o entendimento geral da área delimitada. Nesta etapa, a obtenção dos dados de topografia foi de três tipos: a) informações geomorfométricas do Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborado por Victor Hugo M. Danelichen, a partir dos dados de SENTINEL-2; b) informações registradas por dispositivo e aplicativo de GPS.

Os dois tipos de informações foram reunidos em um mesmo arquivo. Desta forma, as informações do MDE, por possuírem menor resolução espacial, foram utilizadas para a caracterização mais ampla do local de estudo. Já as informações registradas pelo GPS do celular iOS Apple 7 a partir da interface do aplicativo *Strava*, foram utilizadas para a caracterização da área de estudo, mais especificamente no trajeto de estudo.

Os dados do MDE foram processados em programa de geoprocessamento como o *Qgis*, os dados apresentam resolução espacial de 10m Estes dados permitiram o desenvolvimento dos mapas de altitude, declividade; e aspecto (direção de insolação) para a caracterização geral do local de estudo.

Os dados do GPS por interface do aplicativo de monitoramento e análise das estatísticas de desempenho de corrida e ciclismo, *Strava*. Os dados obtidos pelo GPS contêm a localização formatada no formato GPS Exchange, o qual inclui pontos de interesse, rotas e trilhos em extensão (.gpx). A resolução temporal para o registro de geolocalização e elevação ocorre a cada segundo. Assim, devido a menor resolução espacial e a possibilidade de, também, ser importado para programas GIS, como o *Qgis*, os dados contribuíram para a caracterização específica do trajeto na área delimitada, além de ter sido utilizado como fonte de dados de altitude para as análises estatísticas (Figura 18).

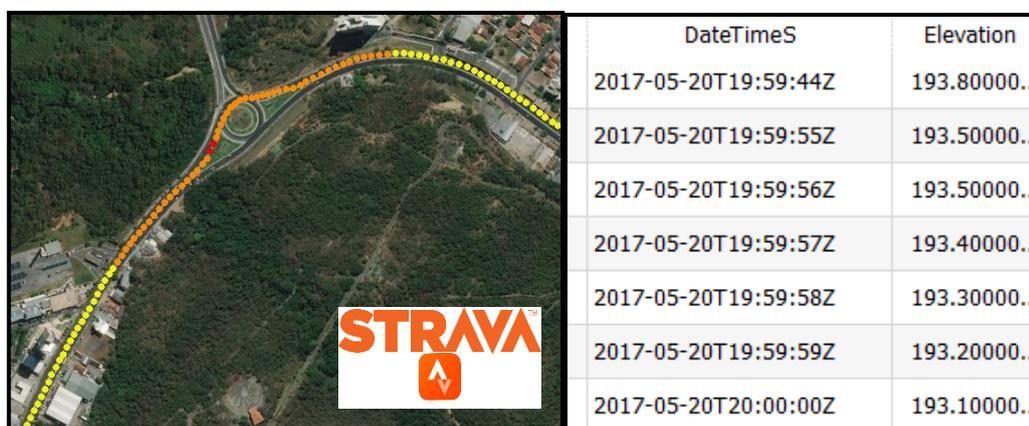


Figura 18 – Dados obtidos pelo GPS e processados em Qgis

FONTE: Elaborado pela autora

Para a coleta dos dados topográficos com o GPS foi necessário realizar o percurso com velocidade regular e usar o celular a uma altura de 70cm do solo (sobre o colo) sem que houvesse variações na sua altitude. O desenvolvimento deste levantamento ocorreu no dia 20.05.2017 em torno das vinte horas.

3.2.2 Dados urbanísticos

A produção dos mapas de classificação sobre urbanização foi desenvolvida com o uso do método de classificação das “Zonas climáticas locais” (STEWART; OKE, 2012). Para isso, a partir de imagens de satélite e observações locais e no *Google Street View* foram definidas as zonas adotando os critérios de classificação apresentado pela referência e então iniciou-se a produção dos mapas de classificação da urbanização relacionadas as interferências climáticas locais.

Nos pontos de estudo microclimático, foi desenvolvida a classificação de interpretação visual de uso e ocupação do solo em pontos com raio 100m (MACIEL et al., 2013). Para o desenvolvimento desta classificação, foram utilizadas informação da imagem, do *Google Street View* e observadas *in loco*.

3.2.3 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos em mesoescala a partir das informações disponibilizadas pelo INMET (INMET, 2008). Portanto, foram utilizados os dados da normal climatológicas de Cuiabá-MT (1981 – 2010) e dos dados horários da estação automática de Cuiabá (Figura 19).



Figura 19 – Localização das Estações Meteorológicas Automáticas

FONTE: INMET (2018), Adaptado pela autora

Para as informações em escala local, foi utilizada uma estação meteorológica automática (Estacao_11018615) da *Onset*, adquirida em 2016 com recurso de projeto de pesquisa da FAPEMAT, aqui chamada de estação de controle. Os sensores que compõem estação automática A escolha do local para a instalação da estação de controle ocorreu seguindo os critérios: estar próxima a área de estudo; ser um local sem interferência de obstruções de radiação e ventilação; estar sobre solo com cobertura de gramíneas; e, estar em local seguro. Devido a estas necessidades, foi solicitado ao coronel responsável, a instalação da estação dentro do 44º Batalhão de Infantaria Motorizada. Para verificar o atendimento aos critérios selecionados para a instalação, foi desenvolvida a classificação manual da área retangular de 1000x1000m do entorno da estação de controle (Figura 20 e Figura 21).

A estação de controle foi instalada no dia 14 de março de 2017, mas devido a problemas de registro dos anemômetros, os dados completos só estão disponíveis a partir maio de 2017, o qual pode ser acessado pelo link virtual (<https://www.hobolink.com/p/580f121f40511bd137d900cd19919dc3>). O tempo de registro foi programado para ser a cada minuto. Desta forma, possibilita a comparação com os dados simultâneos registrados nos pontos em escala microclimática. O ano inteiro de medição ocorreu de 01.05.2017 a 01.06.2018.

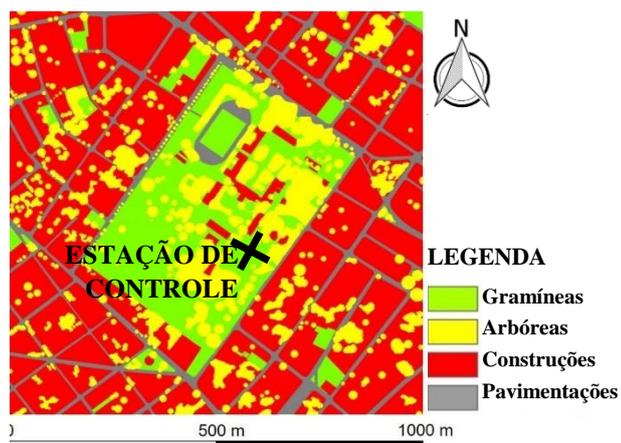


Figura 20 – Localização e classificação de uso e ocupação do entorno da estação de controle
FONTE: Elaborado pela autora



Figura 21 – Estação de controle no 44º BMTZ
FONTE: Elaborado pela autora

A estação micro meteorológica de monitoramento remoto (GSM) utilizada no estudo (HOBO RX3003, Onset, Massachusetts/USA) possui um registrador robusto com painel de LCD, memória de 32 MB, bateria selada que é alimentada por um painel solar externo, possui 10 portas de entrada para sensores da marca Onset, até 10 portas configuráveis de 4 a 20 mA, de 0 a 5V ou contadores de pulso (Figura 22).

As características dos sensores acoplados na estação de controle são descritas na Tabela 3. No entanto, os dados utilizados para as análises foram apenas os obtidos pelo sensor de temperatura. Os dados dos demais sensores foram utilizados para a definição dos dias típicos escolhidos para o estudo.

Tabela 3 – Características dos sensores da estação de controle

HOBO RX3003, Onset, Massachusetts/USA				
Sensor	Variável medida	Faixa de Medição	Acurácia	Resolução
S-THB-M002	Temperatura	-40°C a 75°C	±0,21°C	0,02°C
	Umidade relativa	0 a 100%	±2,5%	0,1%
S-LIB-M003	Radiação solar	0 a 1280W/m ²	±10 W/m ²	1,25W/m ²
S-WCF-M003	Velocidade do vento	0 a 76m/s	±1,1m/s	0,5 m/s
	Direção do vento	0 a 355°	±7°	1°
S-RGD-M002	Precipitação pluvial	máx. 1020mm/h	0,2mm	0,2mm

FONTE: Elaborado pela autora

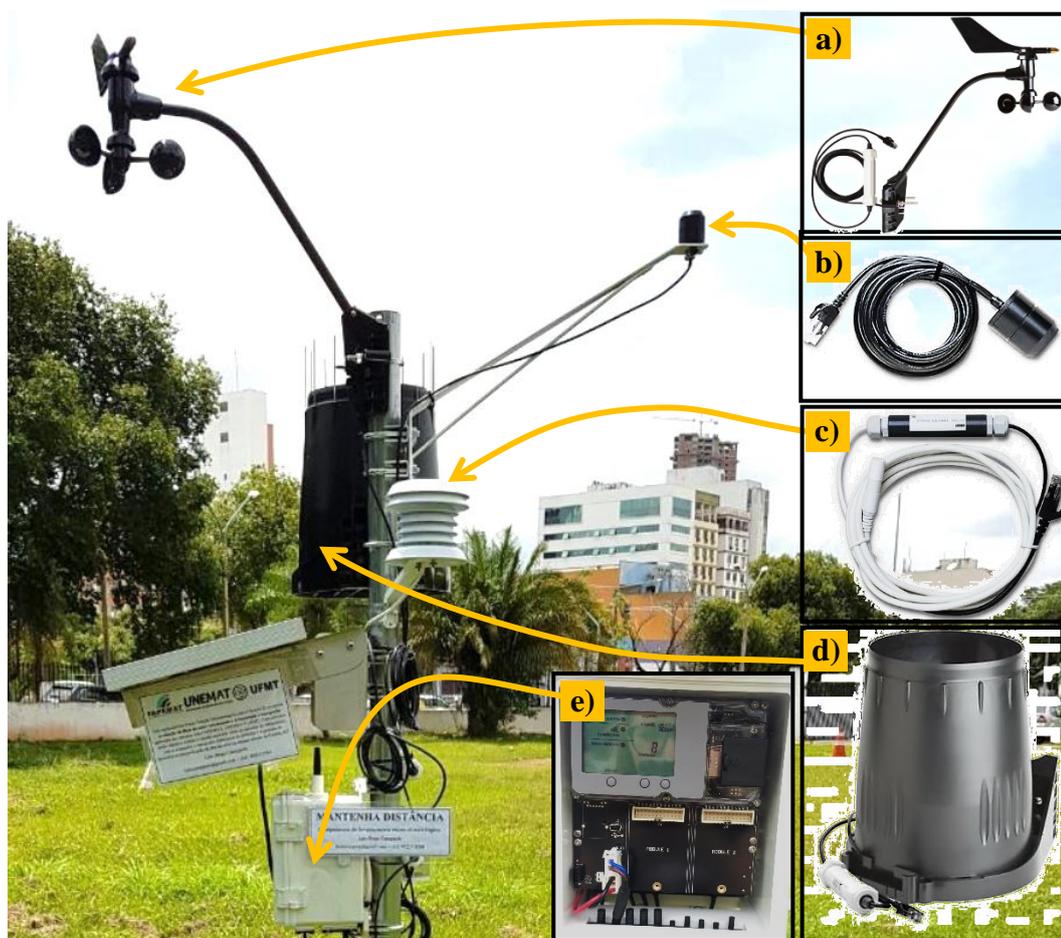


Figura 22 – Sensores da estação de controle

a) Sensor de velocidade e direção do vento; b) Sensor de Radiação solar; c) Sensor de temperatura e umidade do ar; d) Pluviômetro; e) DataLogger

FONTE: Elaborado pela autora

Os dados em escala microclimática foram medidos com o uso de registrador (HOBO U12-013, Onset, Massachusetts/USA) e com um abrigo desenvolvido em PVC pelo Laboratório de conforto ambiental do Programa de pós-graduação em física ambiental (VALIN JR et al., 2016) utilizado na posição horizontal.

O equipamento foi utilizado fixo ao automóvel na janela do passageiro. Em cada ponto de registro, o carro ficou parado entorno de três minutos para possibilitar a estabilização dos dados. Em vista disso, o *datalogger* foi programado para registrar a cada cinco segundos (Figura 23).

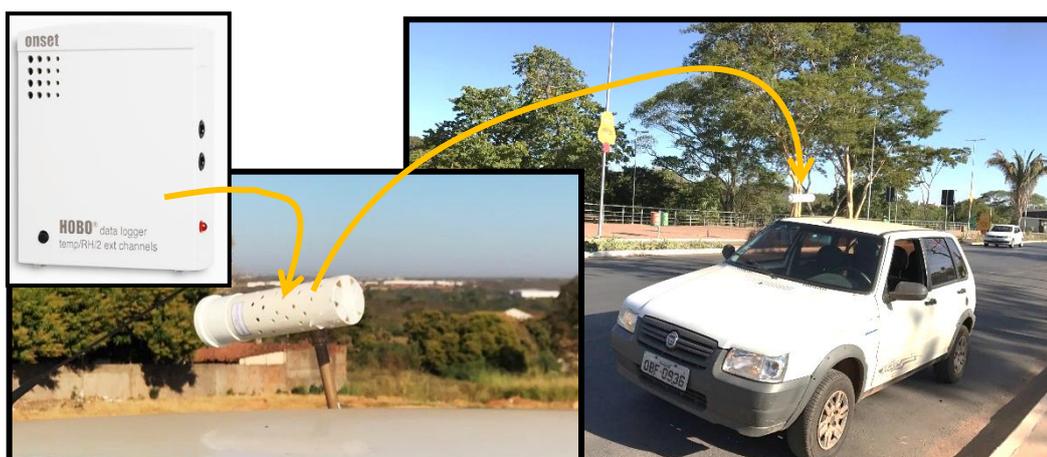


Figura 23 – Localização do equipamento para medição no *transecto*
FONTE: INMET (2018), Adaptado pela autora

As características dos sensores do equipamento para medição no *transecto* são descritas na Tabela 4. No entanto, os dados utilizados para as análises foram apenas os de temperatura do ar.

Tabela 4 – Características do sensor para medição no *transecto*

HOBO U12-013, Onset, Massachusetts/USA				
Sensor	Variável medida	Faixa de Medição	Acurácia	Resolução
HOBO U12-013	Temperatura	-20°C a 70°C	±0,35°C	0,03°C
	Umidade relativa	5 a 95%	±2,5%	0,03%

FONTE: Elaborado pela autora

Por existir processos de medições em escalas, métodos e sensores diferentes, foi necessário aproximar os sensores para as medições em uma mesma situação e para aplicar ajustes aos dados obtidos. Para isso, o equipamento para medição do *transecto* foi posicionado ao lado da estação de controle para o registro da

temperatura de um dia



Figura 24). A medição ocorreu em situação de céu claro, entre os dias 13/12/2018 às 11:20h até o dia 14/12/2018 às 13h.



Figura 24 – Localização dos equipamentos para calibração
FONTE: Elaborado pela autora

Devido as características climáticas da cidade, a qual possui dois períodos do ano bem definidos: quente-seco e quente-úmido, as medições ocorreram em duas etapas, mas em ambos os períodos climáticos, foram escolhidos dias com céu limpo e sem rajadas de vento para desenvolver as medições. A princípio foram definidos 15 dias para cada etapa para desenvolver as medições, no entanto devido a instabilidades climáticas, só foram selecionados apenas 8 dias em cada etapa (Quadro 3).

PERÍODO QUENTE-SECO			PERÍODO QUENTE-ÚMIDO		
ID	DATA	SELECIONADOS	ID	DATA	SELECIONADOS
S1	10/07/17	Faltam dados noite	U1	27/02/18	1
S2	12/07/17	Faltam dados noite	U2	02/03/18	2
S3	13/07/17	1	U3	04/03/18	3
S4	14/07/17	2	U4	16/03/18	4
S5	16/07/17	3	U5	17/03/18	5
S6	25/07/17	4	U6	23/03/18	Faltam tarde e noite
S7	26/07/17	5	U7	05/04/18	6
S8	27/07/17	Faltam tarde e noite	U8	10/04/18	Faltam tarde e noite
S9	04/08/17	6	U9	11/04/18	7
S10	25/08/17	7	U10	13/04/18	8
S11	29/08/17	8	U11	14/04/18	Faltam tarde e noite
Existem falhas por problemas climáticos ou logística para a medição nos três horários de cada dia. Por isso, foram selecionados oito dias completos em cada etapa.			U12	22/04/18	9 Descartado
			U13	25/04/18	Faltam tarde e noite
			U14	26/04/18	10 Descartado
			U15	27/04/18	11 Descartado

Quadro 3 – Seleção de dias completos de medição no *transecto*

Os dados medidos no *transecto* tinham a duração em torno de uma hora e 20 minutos até o retorno no primeiro ponto do percurso. No período quente-úmido, devido à instabilidade climática e a dificuldade de se obter dias típicos, três dias de medições foram registrados em abril, sendo 05, 11 e 13/04/2018.

A medições ocorreram três vezes por dia (8h, 14h e 20h), conforme padronização indicada pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia). No entanto, o melhor momento para desenvolver medições é algumas horas após o pôr do sol ou antes do nascer do sol nas noites com um fluxo de ar relativamente calmo e sem nuvens, pois maximiza o potencial para a diferenciação do microclima e as diferenças climáticas locais (JARRAUD, 2008). Por tanto, o horário das 20h é o mais indicado para desenvolver as análises entre os pontos.

3.2.4 Análise de tendências temporais

A medições tiveram duração em torno a 70 minutos, portanto o dado coletado em cada ponto não representa o mesmo momento do início da medição. Por tanto, é necessário identificar a existência de tendências entre os pontos.

Para melhor representar o comportamento da temperatura ao longo do tempo, o primeiro ponto foi considerado como referencial para a descrição dos demais pontos. Assim, a partir do ponto inicial de referência, foram elaboradas as equações para “retomar” os dados em função do início da medição, de forma a “retirar” o ângulo de tendências dos dados Tabela 5.

Tabela 5 – Exemplos de dados utilizados para identificar o ajuste

Hora	Est. Controle Temp. Ar	Δ Tempo Minutos	Δ Est. Controle Temp. do ar	Equação de ajuste
(Início) 8:27	29,11	0	0	Foi desenvolvido um gráfico de dispersão entre as colunas de Δ Tempo X Δ Est. Controle, assim foi obtida equação de ajuste para regressão do modelo linear.
8:28	29,09	1	0,02	
.	29,14	2	-0,03	
.	29,21	3	-0,1	
.	29,26	4	-0,15	
(Fim) 9:28	29,44	7	-0,33	

FONTE: Elaborado pela autora

Para cada medição foram definidas equações de ajustes, ou seja, 48 equações. Estas foram aplicadas aos dados medidos no transecto, afim de se ajustar o comportamento, relacionado ao comportamento da Estação de Controle.

3.2.5 Análises estatísticas para dados ambientais

Para a análise dos dados, a princípio foi aplicado o teste estatístico de hipótese da normalidade de *Shapiro-Wilk*, com o qual identificou-se a distribuição não normal dos dados de temperatura. Desta forma, para as análises descritivas os dados foram organizados em medianas.

Devido a não normalidade dos dados, as análises de variância foram realizadas utilizando o teste de *Mann-Whitney* (para variáveis com dois grupos) e *Kruskal-Wallis*. Para a análise de correlação foi utilizada a equação de *Spearman*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo os resultados foram organizados para serem apresentados de acordo com os aspectos analisados: topografia; urbanização; e, meteorologia, em duas escalas principais: escalas locais e gerais do *transecto*; e na escala microclimática pontual dos dados. A princípio apresenta-se a caracterização geral dos dados e ao final faz-se as comparações entre os três aspectos observados na escala microclimática.

4.1 Caracterização dos dados topográficos em escala local e *transecto*

4.1.1 Análise dos dados do modelo de elevação digital em escala local

O local de estudo possui variabilidade de 150 a 216m nas informações de altitude (em relação ao nível do mar), declividades de 0 a 15,2% e áreas direcionadas para os principais aspectos de exposição (direção de exposição) (Figura 25).

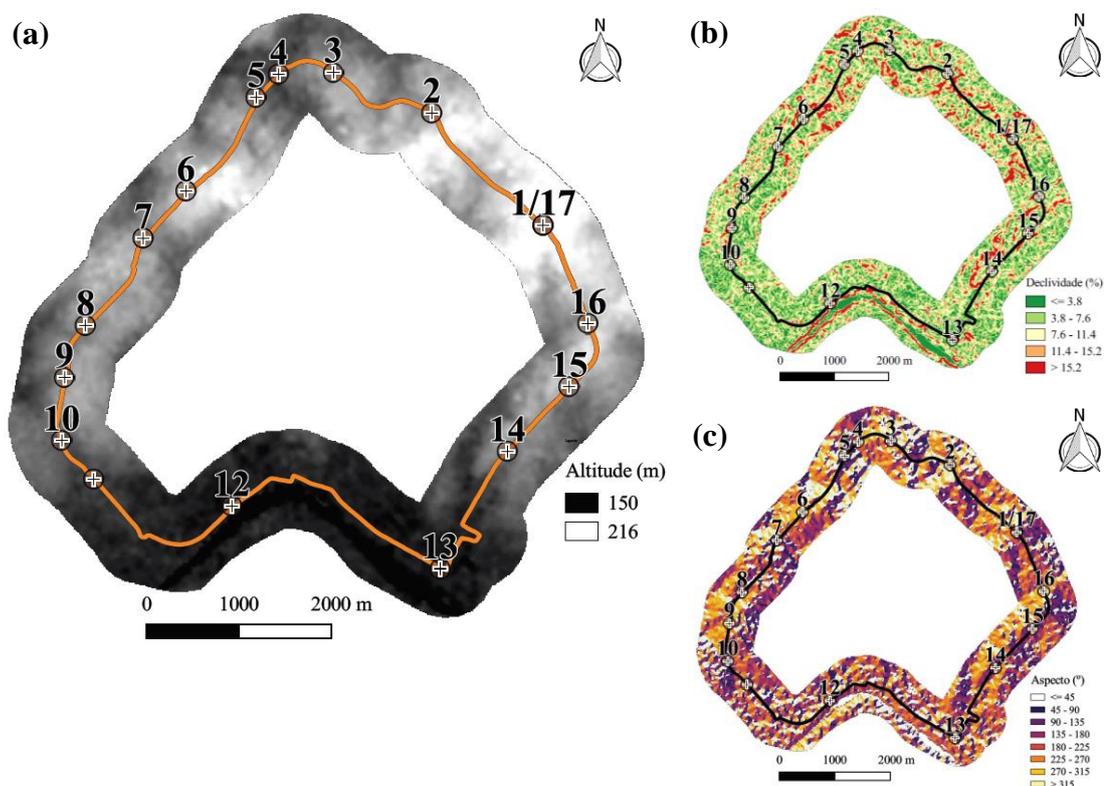


Figura 25 - Mapas de processamento da imagem do MDE
a) Altitude; b) Declividade; c) Aspecto (direção de insolação)

FONTE: Danelichen (2018), adaptado pela autora

Por isso, verifica-se a heterogeneidade das informações para garantir a análise relacionada da diversidade topográfica no local. No local de estudo, as diferenças da topografia estão relacionadas a formação de curso d'água, os quais direcionam para altitudes menores nas margens do rio Cuiabá. Devido ao percurso escolhido passar por alguns desse cursos hídricos e por apresentar um formato de ciclo ele possibilita a experiência em toda a diversidade topográfica do local de estudo.

4.1.2 Análise dos dados do *transecto*

Os dados levantados com o uso do aplicativo GPS no celular apresentam que existe uma variação de altitude no *transecto* de pontos de 150m a 228m. Os pontos com informações de altitudes mínimas (cores claras com tons turquesa) concentradas especificamente próximo ao rio Cuiabá e altitudes máximas concentradas em dois pontos curtos do percurso (cores claras de cinza e branco) (Figura 26).

No percurso verifica-se uma maior frequência de dados de 192 a 207m de altitude, distribuídos em dois trechos e uma segunda maior frequência de dados de 150 a 166m concentrada na avenida Beira Rio (Figura 26).

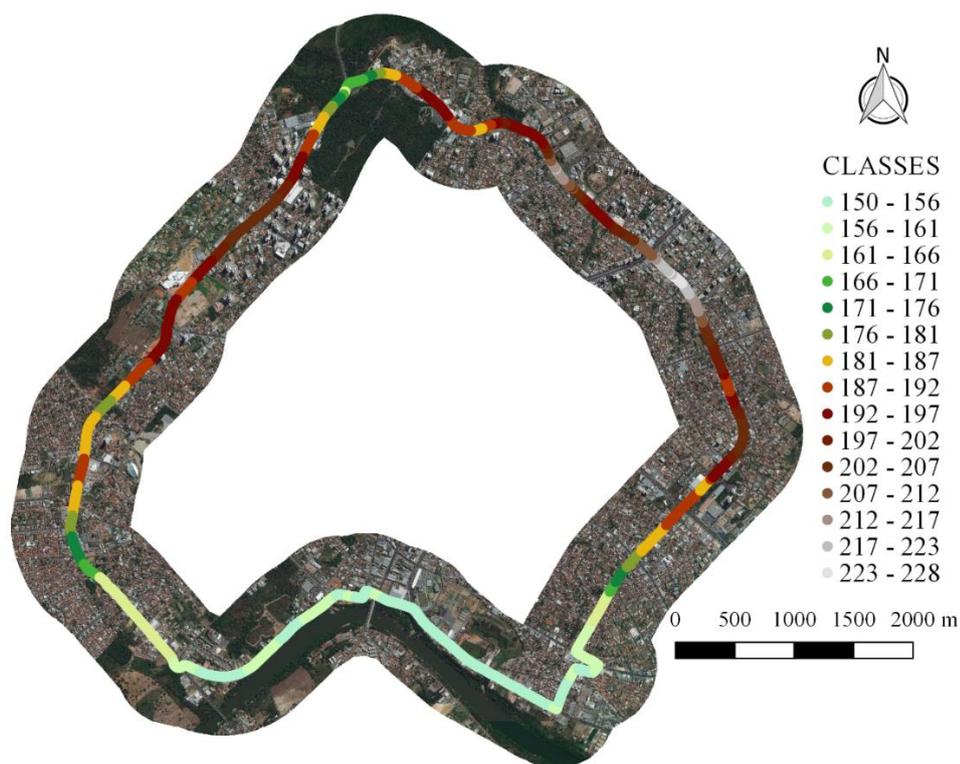


Figura 26 - Mapa de altitudes no *transecto*

FONTE: Elaborado pela autora

Além disso, observar-se frequências curtas em alguns trechos, o que indicam a existência de maiores declividades devido a morro ou vales, como ocorre no vale do Parque Mãe Bonifácia.

Apesar dos dados apresentarem as variabilidades apontadas, a extensão do percurso é em torno de 18km. Desta forma, as declividades não parecem expressivas ao visualizar em uma visão geral no perfil de elevação (Figura 27).

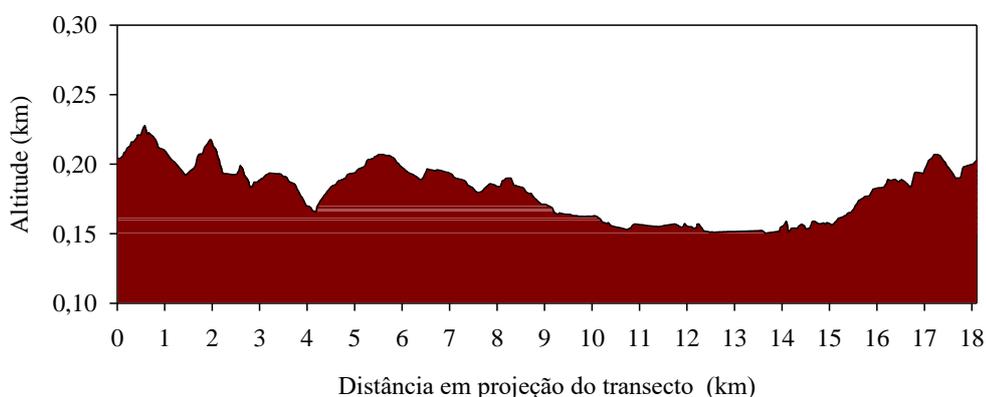


Figura 27 - Altitudes em relação as distâncias do *transecto*

FONTE: Elaborado pela autora

No entanto, em visualização da perspectiva em três dimensões, foi possível identificar a concentração de dados de altitude com 150m na Avenida Beira Rio e os demais dados mais altos e com maior variabilidade de altitudes na Avenida Miguel Sutil (Figura 28).

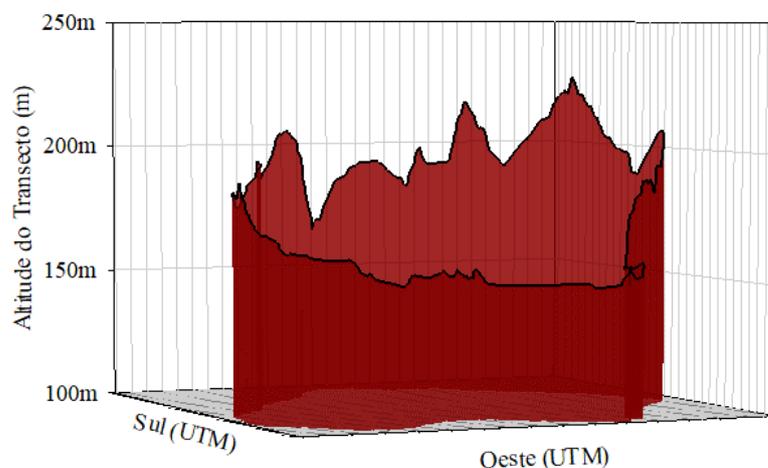


Figura 28 - Altitudes em relação as coordenadas UTM

FONTE: Elaborado pela autora

4.2 Caracterização dos dados urbanístico em escala local e *transecto*

4.2.1 Análise do LCZ da área do *transecto*

A classificação das LCZ na área de estudo, permite identificar padrões de ocupações que relacionam aspectos urbanísticos de cobertura do solo e adensamento construtivo. Em vista disso, a área do *transecto* se caracteriza principalmente por zonas de grandes construções espaçadas (LCZ 6) e (edifícios altos) LCZ4 e pontos específicos próximos aos cursos hídricos de arborização (áreas de preservação permanente) (LCZ A). Isso significa, que a urbanização, mesmo heterogênea apresenta algum padrão de homogeneidade na morfologia, com variações específicas quando corre a existência de rio. Apesar de algumas áreas de arborização estarem sendo ocupadas indevidamente nas margens do rio Cuiabá (Figura 29).



Figura 29 - Classificação das LCZ na área de estudo

FONTE: Elaborado pela autora

4.3 Caracterização dos dados meteorológicos em escala local e *transecto*

4.3.1 Análise dos dados meteorológicos em mesoescala e escala local

Os dias de medição estão distribuídos nos meses julho e agosto de 2017 (período quente-seco) e fevereiro, março e abril de 2018 (período quente-úmido). Ao analisar o climograma das normais climáticas percebe-se que os dias de medições foram definidos de acordo com a tipologia climática de Cuiabá-MT (Figura 30). Apenas os três dias de medição que ficaram em abril que é considerado um mês de transição.

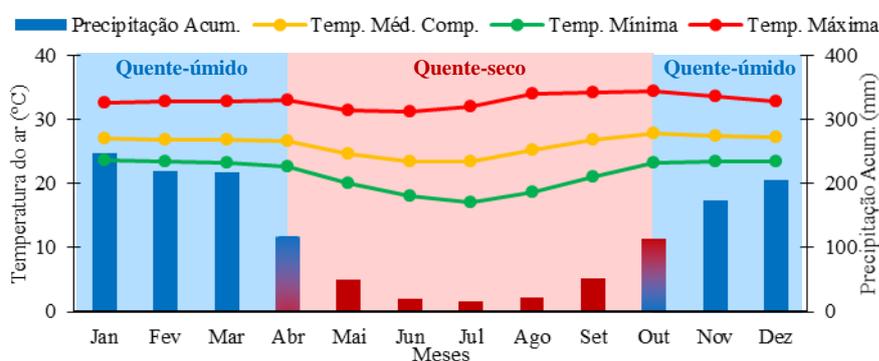


Figura 30 – Normais Climatológicas de Cuiabá-MT (1981 – 2010)

FORNTE: INMET (2018), adaptado pela autora

Nos dados diários do *transecto* foi identificado que no período quente-seco ocorrem maiores amplitudes térmicas e o conjunto de dados está deslocado para as temperaturas mais altas (Figura 31). Já os dados do período quente-úmido já possuem menores amplitudes térmicas e medianas alinhadas.

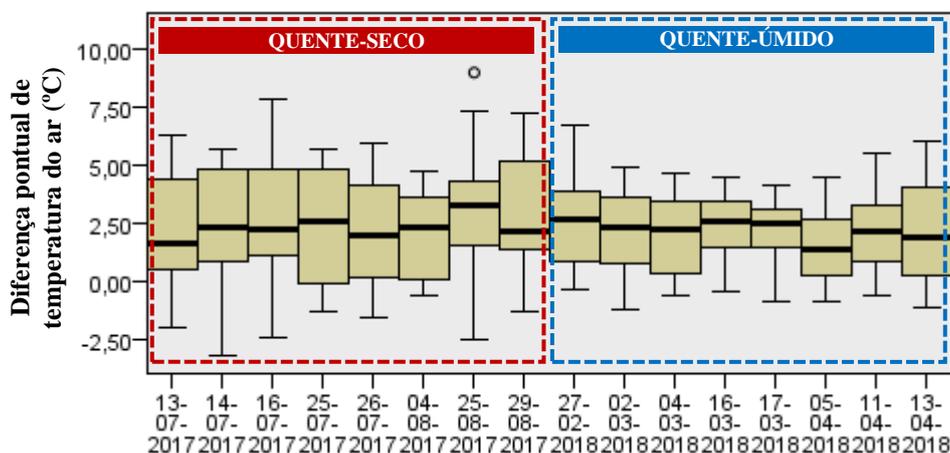


Figura 31 – Diagrama de caixa de temperatura do ar (°C)

FORNTE: Elaborado pela autora

4.4 Análise topográfica, urbanística e climática, do *transecto* em microescala

4.4.1 Análise dos dados urbanísticos pontuais do *transecto*

Entre as áreas dos pontos de estudo, foi identificado que a área construída (edifícios), a área pavimentada em concreto (calçadas) e área asfaltada foram as classes mais existentes no somatório das áreas de todos os pontos (Figura 32). Isso foi comum pois todos os pontos foram selecionados na margem de grandes avenidas estruturais.

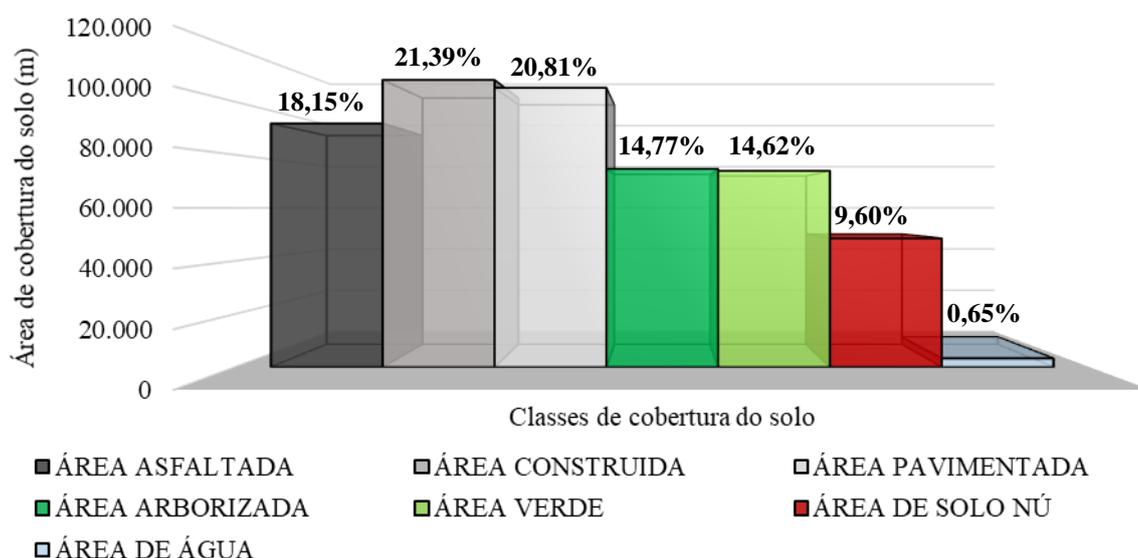


Figura 32 - Cobertura do solo da área total dos pontos escolhidos

FONTE: Elaborado pela autora

O panorama geral entre os pontos permitiu identificar variações entre as áreas de cobertura do solo. Desta forma, identifica-se grupos com baixa quantidade de áreas naturais em relação as áreas urbanizadas (escalas de cinza). Alguns pontos considerados de baixa urbanização também possuem poucas áreas naturais, mas em contrapartida uma extensa área aberta pavimentada, como é o caso do P3.

Na imagem dos pontos divididos em dois grupos quanto a urbanização, identificou-se menores áreas construídas nos pontos escolhidos como de menor urbanização (Figura 33). No entanto, o P2 caracterizado como maior urbanização não

apresentou muita área construída. Mas esta classificação se mantém, pois ele faz parte de LCZs de áreas urbanizadas.

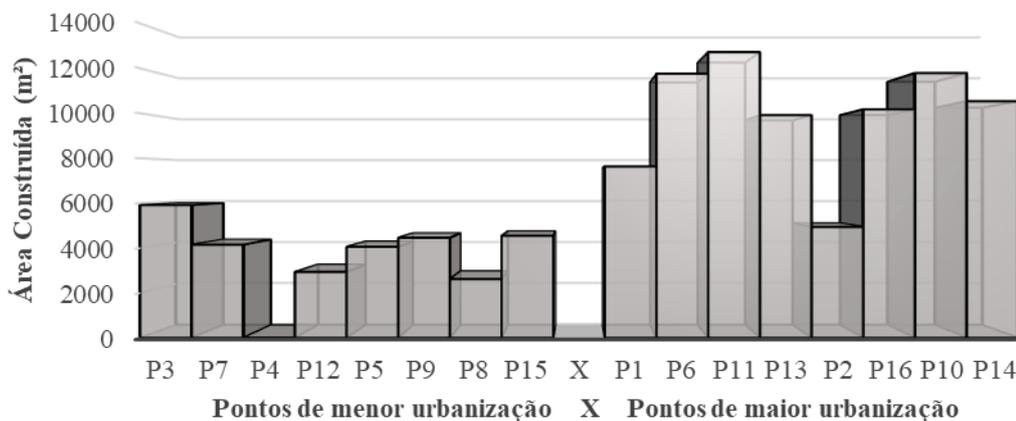
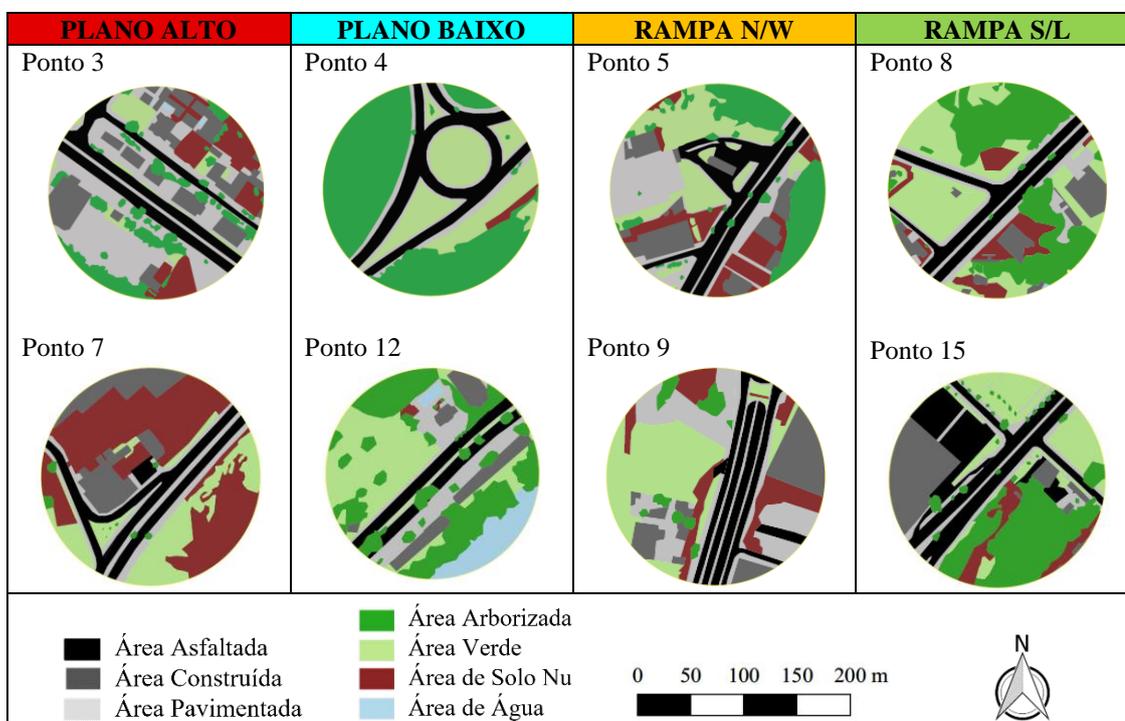


Figura 33 - Relação da área construída entre os grupos de urbanização

FONTE: Elaborado pela autora

No grupo de pontos de menor urbanização foi possível identificar que os pontos são compostos de coberturas naturais do solo, como arborização, gramíneas ou solo nú (Quadro 4). No entanto, o ponto 4 se destaca pela grande quantidade de área arborizada, ponto 7 pela maior parte de área de solo nu e o ponto 3 pela maior parte de área de solo impermeabilizado.



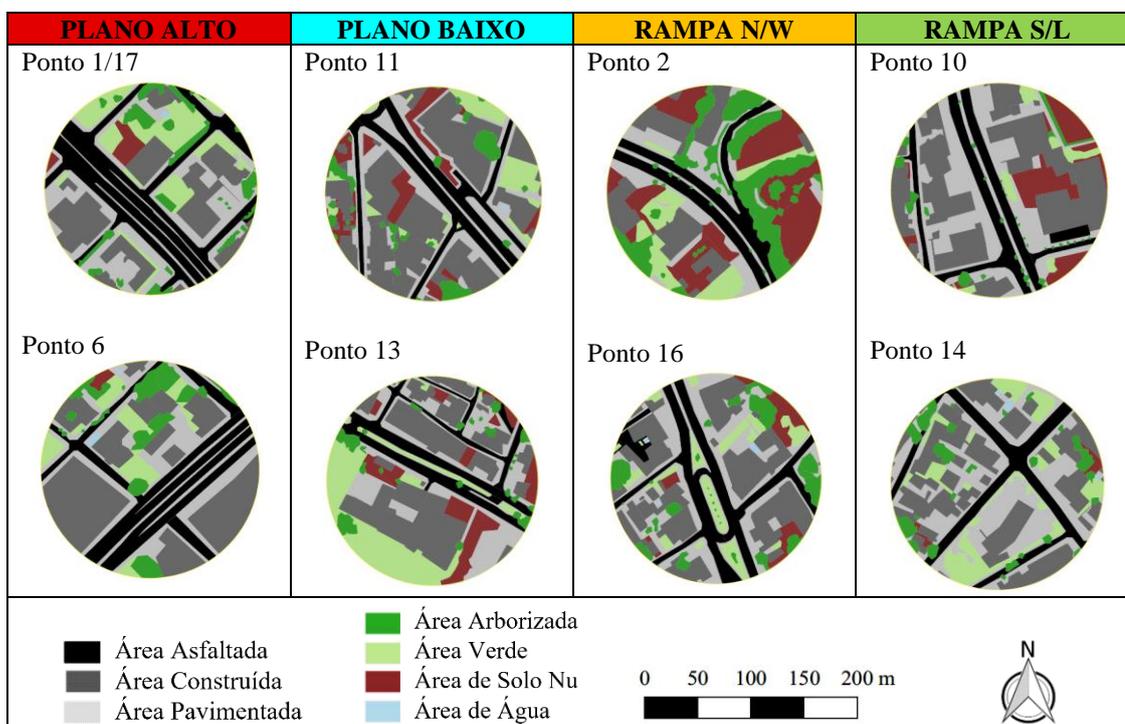
Neste grupo de urbanização, identifica-se que a maior área asfaltada ocorre no P15 (27,5%), a maior área construída (18,8%) e pavimentada no P3 (36,2%), a maior área arborizada no P4 (45,9%), a maior área de gramíneas no P8 (27,5%), a maior área de solo nu no P7 (41,6%) e a área de água identificada apenas praticamente no P12 (9,1%) (Tabela 6). Ainda, destaca-se a inexistência de área construída no P4 e a pequena área de gramíneas no P3.

Tabela 6 - Porcentagem de cobertura do solo das áreas dos oito pontos de menor urbanização

CLASSES	PLANO ALTO		PLANO BAIXO		RAMPA N/W		RAMPA S/L	
	P3	P7	P4	P12	P5	P9	P8	P15
Área Asfaltada	15,0%	15,8%	19,1%	9,8%	17,2%	18,0%	13,9%	27,5%
Área Construída	18,8%	13,2%	0,0%	9,4%	12,9%	14,2%	8,3%	14,5%
Área Paviment.	36,2%	10,6%	10,6%	14,3%	22,1%	26,6%	12,3%	10,3%
Área Arborizada	12,8%	0,9%	45,9%	32,3%	18,6%	4,3%	29,5%	26,2%
Área Gramíneas	5,0%	17,8%	23,3%	24,7%	18,3%	24,6%	27,5%	16,4%
Área de Solo Nu	12,0%	41,6%	1,2%	0,5%	11,1%	12,3%	8,5%	5,1%
Área de Água	0,2%	0,0%	0,0%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

FONTE: Elaborado pela autora

No grupo de pontos de maior urbanização foi possível identificar que os pontos são compostos de coberturas impermeáveis como área asfaltada, construída e pavimentada (Quadro 5).



Quadro 5 – Uso e ocupação do solo dos oito pontos com maior urbanização

FONTE: Elaborado pela autora

No entanto, o ponto 4 se destaca pela grande quantidade de área permeável, ponto 10 pela maior parte de área solo impermeabilizado e o ponto 3 10 e 11 pela maior parte de área construída.

Neste grupo de urbanização, identifica-se que a maior área asfaltada ocorre no P1 (26,3%), a maior área construída (37,4%) nos pontos P6, P10 e P11, a maior área pavimentada no P14 (32,5%), a maior área arborizada no P2 (20,7%), a maior área de gramíneas no P1 (14,0%), a maior área de solo nu no P2 (25,2%) e pequenas superfícies de água foram identificadas nos P1, P6, P11 e P16 (Tabela 7). Ainda, destaca-se a pouca existência de área arborizada no P10, sendo composto na maior parte por área construída e pavimentada (67, 1%).

Tabela 7 - Porcentagem de cobertura do solo das áreas dos oito pontos de maior urbanização

CLASSES	PLANO ALTO		PLANO BAIXO		RAMPA N/W		RAMPA S/L	
	P1/17	P6	P11	P13	P2	P16	P10	P14
Área Asfaltada	26,3%	22,9%	24,2%	15,3%	13,9%	20,4%	16,6%	13,8%
Área Construída	24,3%	37,4%	37,4%	31,5%	15,8%	32,4%	37,5%	33,4%
Área Paviment.	25,0%	22,1%	18,6%	21,9%	15,3%	25,2%	29,6%	32,5%
Área Arborizada	7,9%	9,1%	5,4%	4,8%	20,7%	9,0%	3,0%	6,8%
Área Verde	14,0%	7,4%	6,7%	16,9%	9,2%	7,9%	2,9%	12,2%
Área de Solo Nu	2,5%	0,7%	7,7%	9,6%	25,2%	4,7%	10,3%	0,9%
Área de Água	0,1%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,3%

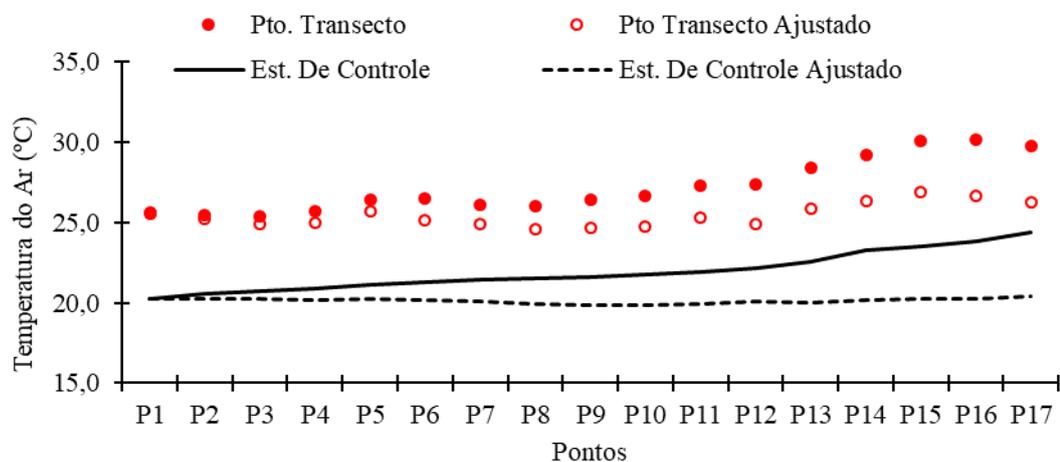
FONTE: Elaborado pela autora

A separação entre os grupos de menor e maior urbanização está de acordo com a coberturas permeáveis (Área arborizada, gramíneas, solo nu e água) e coberturas impermeabilizadas (Área asfaltada, construída e pavimentada).

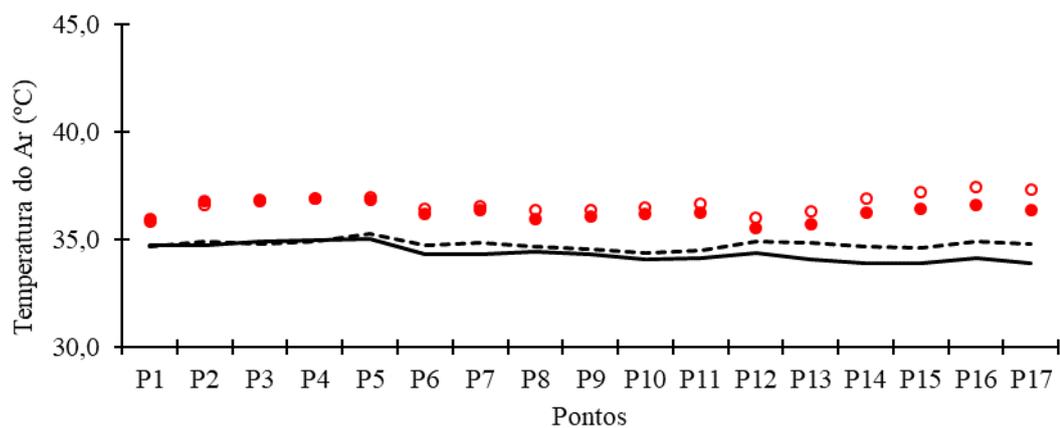
4.4.2 Análise de tendência na sequência do *transecto*

Para cada período de medição (8h, 14h ou 20h), os dados da estação de controle foram organizados em séries temporais com início e fim com horários sincronizados com a medição do *transecto* relacionado. No entanto, mesmo em percursos com tempo menor do que uma hora, com é sugerido nos métodos, foram identificadas tendências de aumento de temperatura no período da manhã e de queda de temperatura no período da tarde e da noite, mas em menor proporção. As tendências foram perceptivas, pois a medição realizada no início do percurso e repetida ao final dele, apresentou diferenças em relação ao início, medido, em torno, de uma hora antes (Apêndice 1 a 8).

a) Manhã do período quente-seco



b) Tarde do período quente-seco



c) Noite do período quente-seco

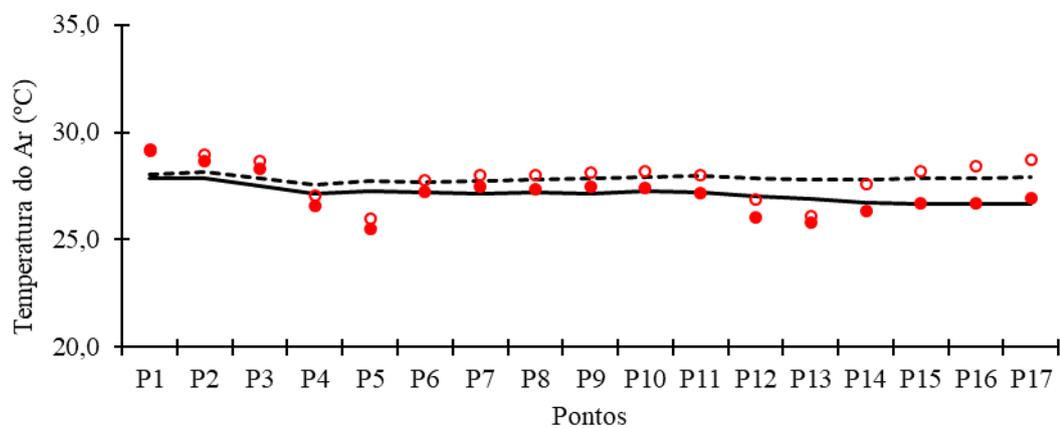


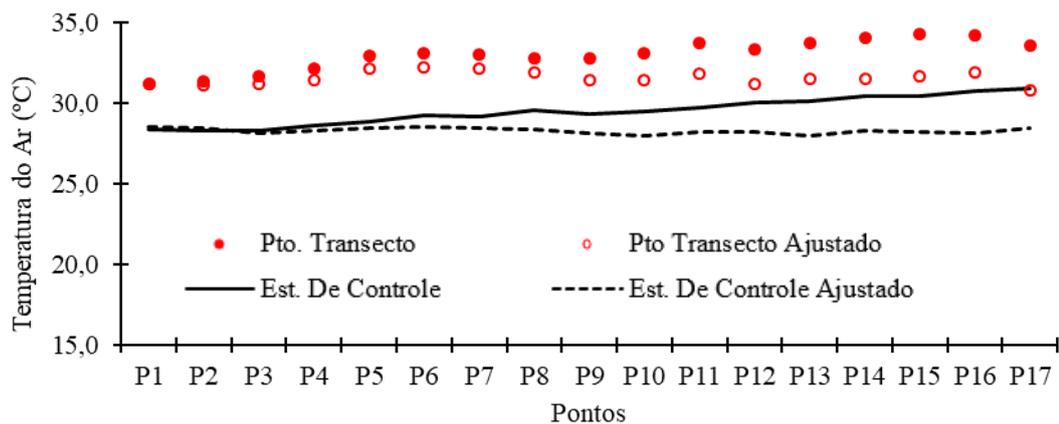
Figura 34 – Medianas da temperatura no período quente-seco

FONTE: Elaborado pela autora

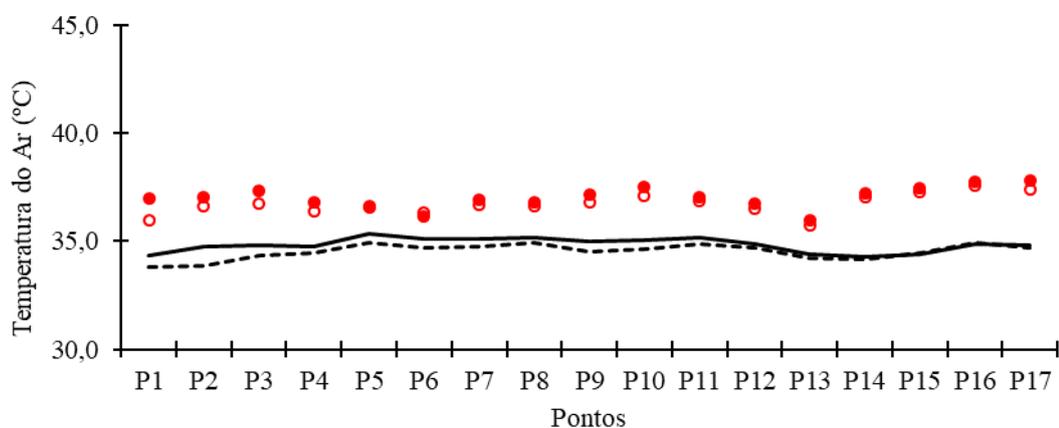
Ao aplicar os ajustes para retirar a angulação da tendência, é perceptível que as diferenças de temperaturas ocorrem devido a variação do tempo mesmo com

pouco tempo de percurso (Figura 34 e Figura 35). As diferenças são acentuadas principalmente nas medições da manhã, quando o ar ainda está aquecendo, e principalmente no período quente-seco, quando o ar possui menor resistência térmica devido à baixa umidade

a) Manhã do período quente-úmido



b) Tarde do período quente-úmido



c) Noite do período quente-úmido

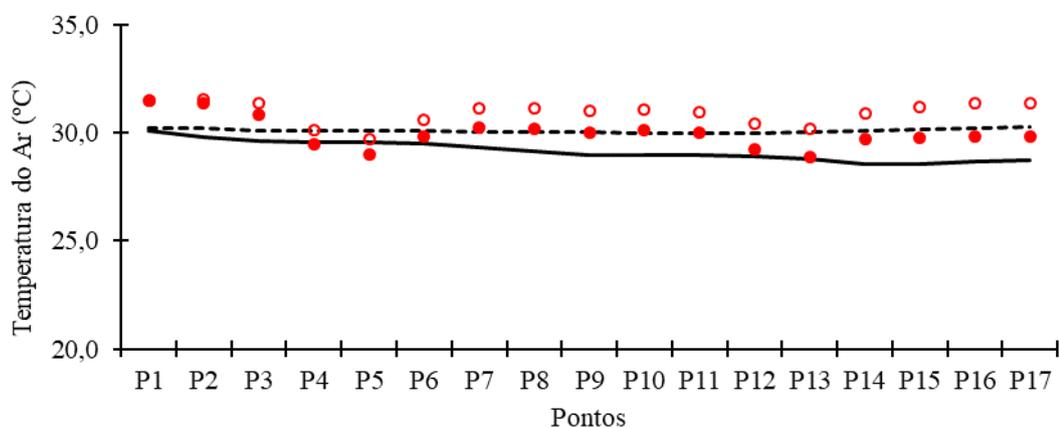


Figura 35 – Medianas da temperatura no período quente-úmido.

FONTE: Elaborado pela autora

Ao observar o comportamento dos dados sem ajustes dos pontos e da Estação de Controle, percebe-se que existe uma distância fixa entre as curvas do comportamento da temperatura (Apêndice 1 a 8). Isso sugere que as diferenças de temperatura entre os dois comportamentos sejam coerentes para desenvolver a comparação microclimática entre os pontos.

Outro ponto observado é que nos dados da noite, as informações mensuradas no *transecto* se invertem em relação as mensuradas na estação de controle. Isso significa que o ar dos pontos do *transecto* resfriam mais rapidamente do que no local de estação da estação fixa. Esta situação é evidente nos pontos P4, P5, P12 e P13.

Por tanto, o desenvolvimento de estudos com *transecto* com pontos fixos em locais com altas temperatura, deve-se buscar ter o controle para evitar a influências das tendências no resultado. E se for possível, deve se utilizar as informações de levantamento de dados ocorrendo simultaneamente entre os pontos.

Após os ajustes dos dados em cada período para cada dia de medição obteve-se as medianas pontuais do *transecto* e as medianas do comportamento da estação de controle sem e com ajuste nos dias e horários de medição (Figura 34 e Figura 35).

A tendência identificada no período quente-seco se repete com menor intensidade no período quente-úmido. Em vista disso são recomendados adotar métodos com medições em *transectos* sem ultrapassar uma hora. No entanto, neste estudo com dados coletado em cidade com temperaturas mais alta, é possível identificar a tendência mesmo no início, quando transcorridos vinte minutos de coleta.

Outra recomendação, em estudos de Ilhas de calor (ICU), é analisar os padrões a partir das medições a noite. Esta recomendação traz benefícios pois a anoite nota-se um conjunto de dados regular, no entanto ainda se percebe a tendência de decréscimo de temperatura com o transcorrer do percurso.

Devido identificação da tendência em função da defasagem da medição do último ponto em relação ao primeiro, conclui-se que os as comparações entre os pontos não podem ser baseadas nos valores absolutos de temperatura registrados. Além disso, na maioria das vezes os dados registrados em cada ponto foram maiores do que os com horários sincronizados na estação de controle. Desta forma, para o

estudo comparativo entre os pontos deve-se utilizar as diferenças entre o registro do ponto do *transecto* e registro com horários sincronizados na Estação de controle, ou seja, a diferença da temperatura do ar de cada ponto é igual ao o registro da temperatura do ar do ponto do *transecto* menos o registro com horários sincronizados da Estação de controle menos.

4.4.3 Ajuste dos dados meteorológicos pontuais na sequência do *transecto*

A fim de adotar a diferenças pontuais de temperatura (intensidades) para a análise comparativa entre os pontos, foi necessário ajustar as diferenças decorrente do uso dos dois sensores de temperatura do ar, um com abrigo para medições em estação fixa e outro com abrigo indicado para medições em *transecto* (VALIN JR et al., 2016).

Os dados obtidos no processo de calibração, com a aplicação do teste estatístico de Mann-Whitney, possuem diferenças significativas entre os dados do sensor da estação de controle e os dados do sensor do *transecto*. Estas diferenças, são perceptivas na análise do comportamento, identifica-se que a curva da T. Transecto se distancia da curva de T. Controle entre os horários da tarde e manhã (Figura 36).

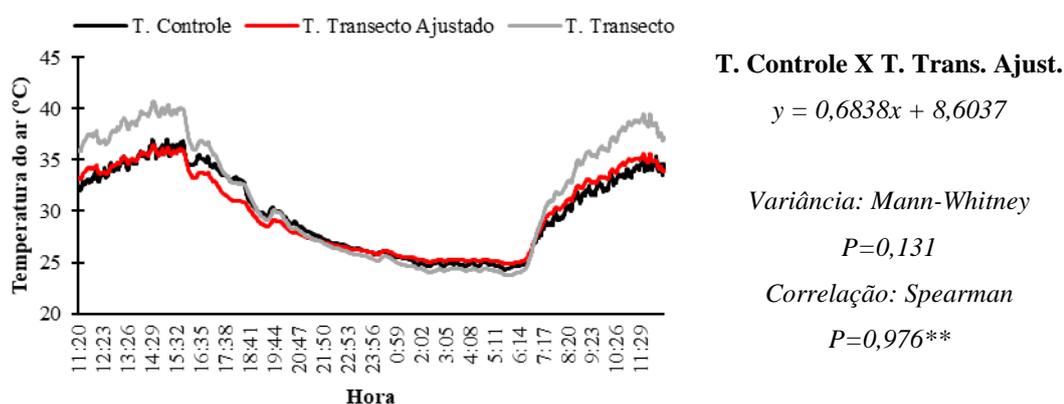


Figura 36 – Ajuste 1 com uma única equação

FONTE: Elaborado pela autora

No entanto, no período das 19h às 7h é visível a aproximação do comportamento. Isso ocorre em função da radiação solar, que influencia um equipamento mais do que outro. Por tanto, com aplicação da regressão linear simples foi desenvolvida uma equação de ajuste geral, denominada Ajuste 1 (Figura 36).

Após a aplicação do ajuste nos dados de calibração do sensor do *transecto*, foi desenvolvida a validação. Esta apresentou semelhanças entre os dados ajustados e os dados da estação de controle, mas com variância alta (M-W=0,131), apesar da boa correlação (S=0,976).

Para um refinamento foram aplicadas regressões lineares simples em trechos com comportamento parecido, os quais permitem a aplicabilidade nos três períodos do dia dos dados de estudo (Figura 37). Assim, o Ajuste 2, apresentou melhor qualidade, afinal apresenta menores variâncias (M-W=0,936) e maior qualidade de correlação (S=0,994).

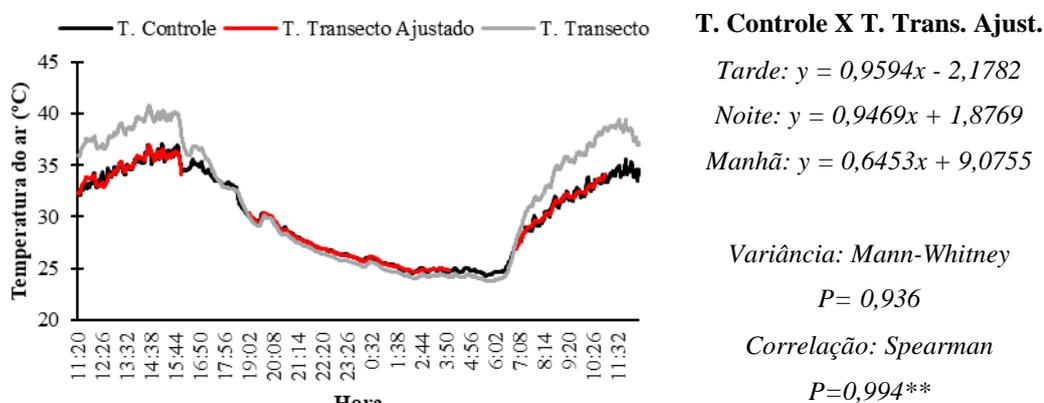


Figura 37 – Ajuste 2 com três equações

FONTE: Elaborado pela autora

Em análise das variâncias dos dados das diferenças pontuais da temperatura do ar do ponto do *transecto* menos o registro com horários sincronizados da Estação de controle, observa-se diminuição ao aplicar os Ajustes 1 e 2 (Figura 38).

Ao analisar as variâncias, após a aplicação dos ajustes, identifica-se que o ajuste 2, diminui as variâncias principalmente nos dados de medição da manhã. Além disso, os dados das medições da noite apresentam variâncias máxima de 0,39°C, podendo ser considerada nula, devido a faixa de precisão dos equipamentos utilizados.

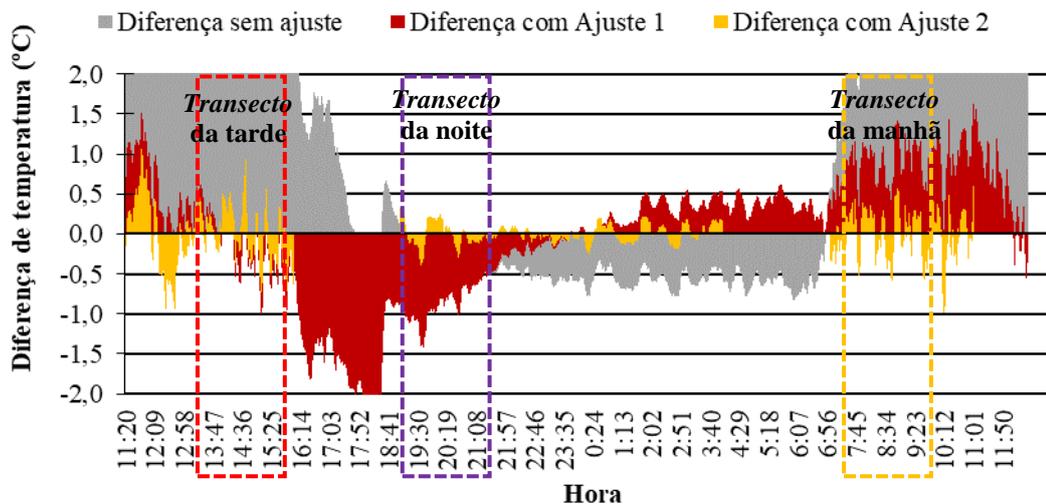


Figura 38 – Variância da diferença de temperatura com ajustes

FONTE: Elaborado pela autora

Em vista disso, aos dados meteorológicos do período noturno são mais recomendados para a comparação entre os pontos. Afinal, os dados medidos nos períodos da manhã e da tarde do dia, sofrem maiores oscilações devido as instabilidades climáticas nestes horários, as quais podem influenciar na análise comparativa entre os pontos (JARRAUD, 2008).

No entanto, por se analisar o delta de temperatura pontual na escala dos sensores e ter como objetivo analisar o comparativo entre os pontos e não entre os sensores, optou-se por não ajustar os dados para a análise.

4.4.4 Substituição do P1 pelo P1' na sequência do *transecto*

Ainda foi identificado que existem diferenças entre os registros da temperatura no início do percurso e no final. Neste caso a tendência identificada pela defasagem em relação a primeira medição, foi minimizada. No entanto, o ponto também é o primeiro ponto de medição, sendo assim o tempo parado para a estabilização do sensor no início foi maior. Por isso, devido ao tempo de estabilidade diferenciado, a diferença do P1 não é a mesma que a diferença dele mesmo ao final do percurso (P17) (Figura 39 e Figura 40).

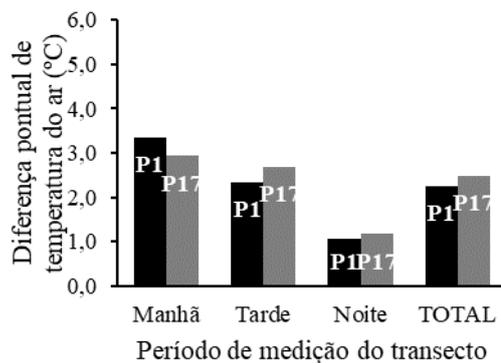


Figura 39 – Medianas das diferenças de temperatura no início e final do *transecto* no período quente-úmido.

FONTE: Elaborado pela autora

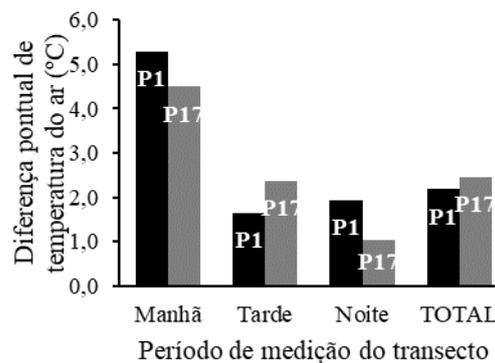


Figura 40 – Medianas das diferenças de temperatura no início e final do *transecto* no período quente-seco.

FONTE: Elaborado pela autora

Devido a estas informações, adotou-se a diferença do P1 um dado de referência para o percurso. Assim, a diferença registrada no P17 (P1 medido novamente no final) foi considerada como P1' e foi a informação considerada para o estudo comparativo entre os pontos.

4.4.5 Análise estatística de normalidade e variância dos dados sem ajuste

Em análise estatística da variável de temperatura foi observado que os não apresentam normalidade devido a aplicação do teste de Shapiro-Wilk: diferença pontual de temperatura (W-Statistic = 0,991). No entanto, separadamente, os dados do período da noite passam no teste. Em virtude disso, a mediana foi mais adequada para o desenvolvimento da análise descritiva.

Para a análise de variância, foram aplicados testes não paramétricos em todo o conjunto de dados: Mann-Whitney (para variáveis com dois grupos) e Kruskal-Wallis. Entre os fatores observados foi identificadas apenas da variável temperatura com a variável Sazonalidade (MW=0,027), dia de medição (Figura 41), período do dia e horário (KW=0,031; 0,000; 0,000).

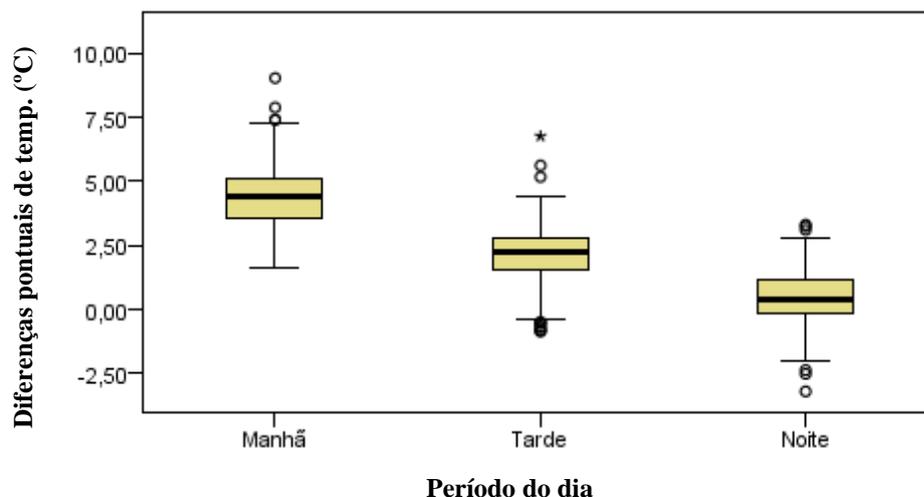


Figura 41 – Análise da variância da temperatura entre os períodos do dia

FONTE: Elaborado pela autora

Portanto, não foi identificada diferenças significativas de temperatura entre os pontos escolhidos e nem entre os parâmetros definidos (Classes topográficas, Inclinação, Aspecto, Altitude, Urbanização, LCZ e Área Construída), ao realizar a análise com todo o conjunto de dados.

Ao considerar que existem diferenças entre períodos quente-seco e quente-úmido e entre os períodos do dia, foi desenvolvida análise estatística para cada situação separadamente. Desta forma, foi identificado que os dados não são mais pelo teste de Shapiro-Wilk, mas alguns pontos apresam normalidade significativa nos dados de diferença pontual de temperatura pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

4.4.6 Análise estatística de correlação entre as variáveis sem ajuste

Para a análise das variáveis foi desenvolvida a matriz de correlação de *Spearman*. Ao cruzar a variável dependente (diferença pontual de temperatura do ar) com as demais variáveis fixas espaciais e temporais, foi identificada correlação significativa para a sazonalidade e período do dia (8h, 14h e 20h) (Tabela 8). Esta relação também apresenta variância significativa, como apresentado mais acima.

Tabela 8 – Correlação de *Spearman* (Variável dependente x variáveis fixas)

	Diferença pontual de temperatura do ar	
	Coefficiente (P)	Significância (Sig.)
Pontos	-0,010	0,388
Topografia (4 classes)	0,018	0,303
Inclinação (%)	0,036	0,151
Aspecto (°)	0,036	0,153
Altitude (m)	0,059*	0,047
Urbanização (2 classes)	-0,034	0,164

LCZ	-0,049	0,082
Área Construída (m)	0,034	0,166
Sazonalidade	-0,078**	0,013
Período do dia	-0,845**	0,000
Data	-0,062*	0,038

*A correlação é significativa no nível 0,01 (1 extremidade).

**A correlação é significativa no nível 0,05 (1 extremidade).

No entanto ao desenvolver a correlação por períodos sazonais ou do dia, foi observada a correlação *Spearman*, no período da noite, mais evidenciada no período quente-seco (Tabela 9).

Tabela 9 – Correlação de *Spearman* (Variável dependente x variáveis fixas) a noite

	Diferença pontual de temperatura do ar			
	Quente-seco		Quente-úmido	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
Pontos	-0,132	0,071	-0,010	0,445
Topografia (4 classes)	0,004	0,482	0,088	0,163
Inclinação (%)	0,118	0,095	0,141	0,056
Aspecto (°)	0,124	0,084	0,161*	0,035
Altitude (m)	0,456**	0,000	0,252**	0,002
Urbanização (2 classes)	-0,111	0,110	-0,127	0,076
LCZ	-0,145	0,053	-0,136	0,063
Área Construída (m)	0,127	0,079	0,126	0,078

*A correlação é significativa no nível 0,01 (1 extremidade).

**A correlação é significativa no nível 0,05 (1 extremidade).

4.5 Identificação de padrões de comportamento nos dados sem ajuste

4.5.1 Análise dados meteorológicos pontuais na sequência do *transecto*

Em análise descritiva do período quente-seco, foi identificado que diferenças dos pontos em relação a estação de controle, são maiores no período da manhã e diminuem durante o dia, ao ponto de a temperatura do ar de alguns pontos ser menor do que a temperatura do ar da estação no período noturno (Figura 42).

No período da manhã os pontos com maior diferença de temperatura do ar foram o P11 (5,38°C) e o P15 (5,47°C) e com menor foram o P1' (4,50°C), P7 e P8 (ambos, 4,65°C). No período da tarde, os pontos com maior diferença de temperatura do ar foram o P4 e P16 (ambos, 2,55°C) e com menor foram P12 (1,55°C) e P13 (1,60°C). Já no período da noite os pontos com maior diferença de temperatura do ar

foram o P1' (1,04°C) e P2 (1,52°C) e com menor diferença P5 (-1,75) e P13 (-0,98), sendo que estes chegaram a se inverter em relação a temperatura da estação.

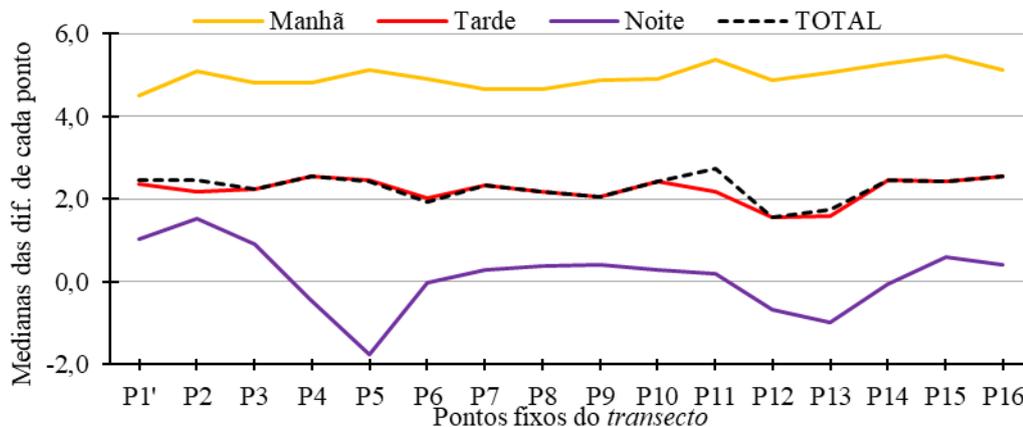


Figura 42 – Medianas das diferenças pontuais no período quente-seco.

FONTE: Elaborado pela autora

Em análise descritiva do período quente-úmido, também foi identificado que diferenças dos pontos em relação a estação de controle, são maiores no período da manhã e diminuem durante o dia, ao ponto de a temperatura do ar de alguns pontos ser menor do que a temperatura do ar da estação no período noturno (Figura 43). No entanto, em relação ao período quente-seco, as amplitudes térmicas das diferenças entre os três períodos do dia são menores. Assim, as diferenças da manhã não são tão altas como no período quente-seco, nem as diferenças da noite não são tão baixas.

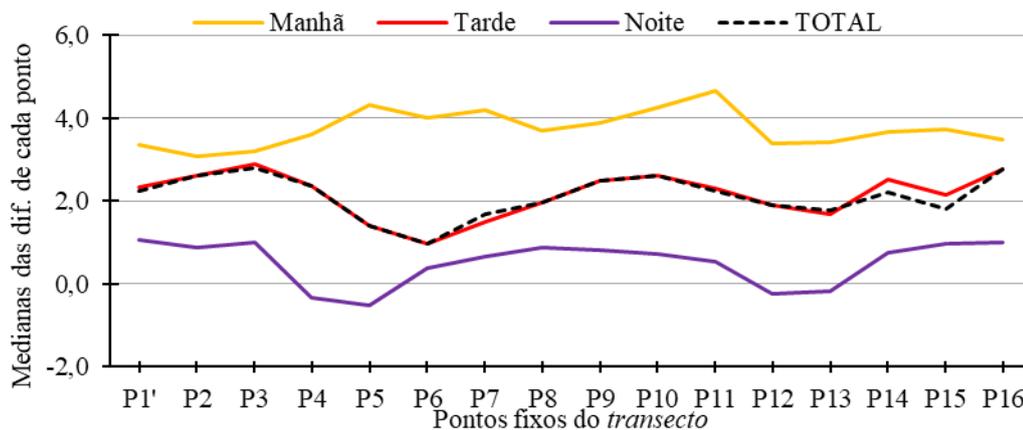


Figura 43 – Medianas das diferenças pontuais no período quente-úmido.

FONTE: Elaborado pela autora

Em análise comparativa entre os pontos do *transecto*, no período quente-úmido, existiu maior variação das diferenças entre os pontos em cada percurso do

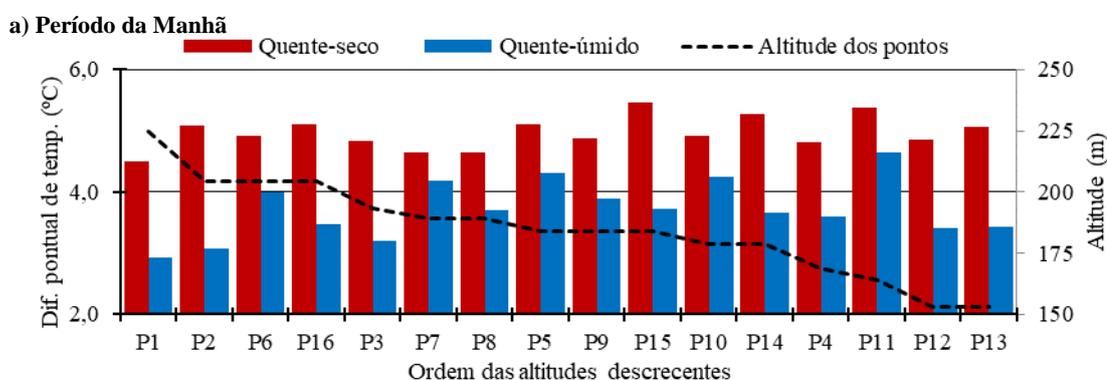
dia, as maiores variações ocorreram na curva da manhã e da tarde, diferente do período quente-seco, que as variações foram maiores no percurso da noite.

No período da manhã os pontos com maior diferença de temperatura do ar foram o P5 (4,30°C) e o P11 (4,65°C) e com menor foram o P2 (3,08°C) e P3 (3,19°C). No período da tarde, os pontos com maior diferença de temperatura do ar foram o P3 (2,88°C) e P16 (2,75°C) e com menor foram P5 (1,40°C) e P6 (0,96°C). Já no período da noite os pontos com maior diferença de temperatura do ar foram o P1' (1,11°C), P3 e P16 (ambos, 1,02°C) e com menor diferença P4 (-0,32°C) e P5 (-0,52°C), sendo que estes chegaram a se inverter em relação a temperatura da estação.

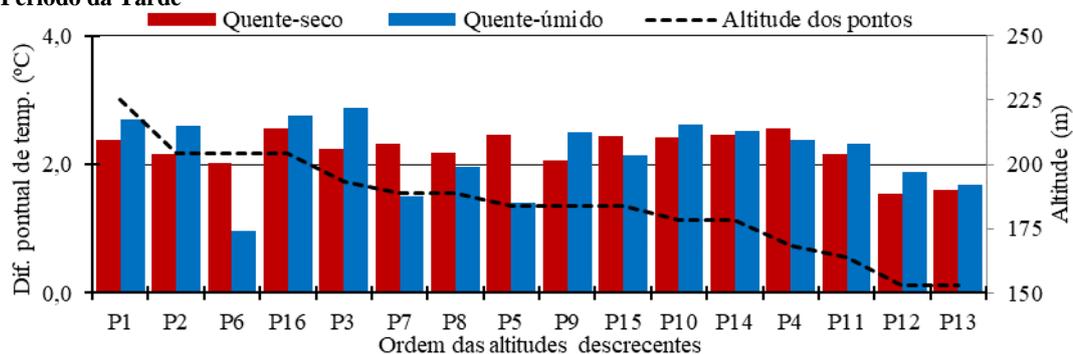
4.5.2 Análise dos dados meteorológicos pontuais na sequência da topografia

Para identificar algum padrão relacionado a topografia, as medianas diárias das diferenças pontuais foram organizadas em ordem decrescente de altitude. Afinal, esta variável apresentou correlação com a temperatura.

Ao analisar a Figura 44 é possível identificar uma aproximação do comportamento das temperaturas em relação a altitude. A semelhança do comportamento se intensifica no período quente-seco da noite. Por tanto, pode-se inferir que a altitude está relacionada com a característica de resfriamento por dissipação do calor. Por isso este fenômeno não fica tão evidente no período quente-úmido da manhã. A temperatura nos pontos pode estar sofrendo influência da circulação do ar, a qual é influenciada pela topografia.



b) Período da Tarde



c) Período da Noite

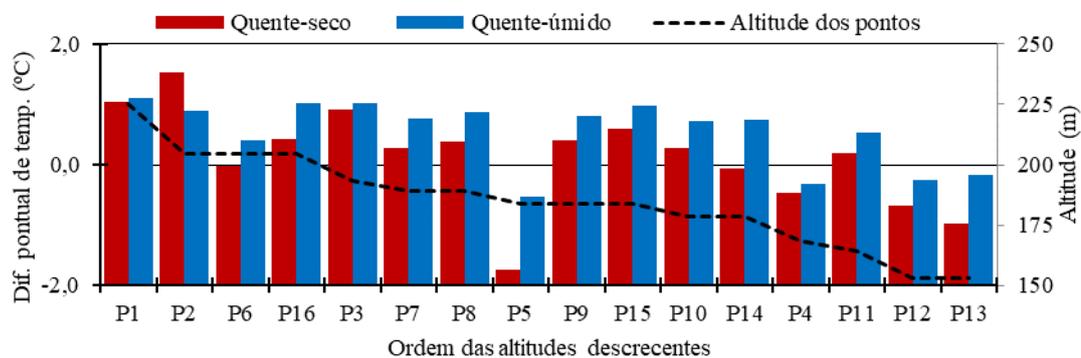


Figura 44 – Medianas das diferenças de temperatura na sequência da altitude

FONTE: Elaborado pela autora

Já o P5 se difere do comportamento identificado, também observado por Novais et al. (2017). Este ponto pertence a uma característica de vale em conjunto aos P3 e P5, por isso pode estar sofrendo influência do corredor de vento provocado pela área de preservação permanente do parque linear ou pelo sistema catabático, que é mais forte na camada superficial no período noturno, assim como observado por Machado (2016).

5 CONSIDERAÇÕES

Os dados levantados apontaram para a existência de variabilidade topográfica na área delimitada, afinal existem diferenças entre altitudes, declividades e aspectos de exposição solar. Além da existência de um certo controle da urbanização devido a padronização da morfologia da urbanização existente nas margens das avenidas de estudo, o que possibilitou classificar pontos entre características de menor e maior urbanização.

Os dados meteorológicos medidos apontaram para tendências de influências devido a defasagem temporal do início e finalização do percurso de medição. Isso sugeriu a necessidade de analisar os pontos com as diferenças em relação a estação de controle, afim de se identificar a significância e o comportamento das influências da topografia e urbanização em relação as variações microclimáticas observadas.

Os resultados apontaram que com a metodologia utilizada foi possível identificar influências da topografia (diferenças de altitudes, declividades e exposição de encostas) e urbanização na variação (uso e ocupação do solo) microclimática de Cuiabá-MT. Apesar dos pontos não apresentarem diferenças significativas em análise do conjunto inteiro, apresenta-se diferença ao analisar por período sazonal e do dia. Foi identificada correlação significativa entre os dados de temperatura e altitude e isto se evidencia no período quente-seco a noite.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS

ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS P. C; GONÇALVES, J. L. DE M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, 2012.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International journal of climatology**, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.

BARRY, R. G.; CHORLEY, J. R. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512p

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>

CALLEJAS, I. J. A; OLIVEIRA A. S. de; SANTOS F. M. de M; DURANTE L. C; NOGUEIRA M. C. de J. A; ZEILHOFER, P. Relationship between land use/cover and surfaces temperatures in the urban agglomeration of Cuiabá-Várzea Grande, Central Brazil Remote. **Journal of Applied Remote Sensing**. 053569. Vol. 5. 2011

DE ANDRADE, R. L; DA SILVA, F. M. Comportamento energético do sistema vegetação-atmosfera no bioma caatinga. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 17-28, 2013.

DE MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 5, n. 1, 2004.

DE PAULO, S. R.; DE PAULO, I. J. C.; DE DECKER, Y. Reconstructing the micrometeorological dynamics of the southern Amazonian transitional forest. **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, v. 25, n. 12, p. 123123, 2015.

DUARTE, D. **O Impacto da Vegetação no Microclima em Cidades Adensadas e Seu Papel na Adaptação aos Fenômenos de Aquecimento Urbano**: contribuições a uma abordagem interdisciplinar. São Paulo, 2015. 167 f, Tese (Livre Docência) - Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

DUBREUIL, V; FANTE, K. P; PLANCHON, O; NETO, J. L. S. A. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018.

EDIRIWEERA, S; PATHIRANA, S; DANAHER, T; NICHOLS, D; MOFFIET, T. Evaluation of different topographic corrections for Landsat TM data by prediction of foliage projective cover (FPC) in topographically complex landscapes. **Remote Sensing**, v. 5, n. 12, p. 6767-6789, 2013.

FERREIRA, H. V. L; UGEDA JÚNIOR, J. C. O controle térmico da superfície em áreas intraurbanas densamente edificadas de Cuiabá-MT. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Juiz de Fora-MG, p.551-560, 2018.

FRITZSONS, E; MANTOVANI, L. E; DE AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

HUANG, Q; LU, Y. Urban heat island research from 1991 to 2015: a bibliometric analysis. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 131, n. 3-4, p. 1055-1067, 2018.

JARRAUD, M. Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO-No. 8). **World Meteorological Organisation**, Geneva, Switzerland, 2008.

KWAK, K. H; BAIK, J. J; RYU, Y. H; LEE, S. H. Urban air quality simulation in a high-rise building area using a CFD model coupled with mesoscale meteorological and chemistry-transport models. **Atmospheric Environment**, v. 100, p. 167-177, 2015.

LATORRACA, D.; OZAKI, P.; OLIVEIRA, A. C. S. Projeções do Agronegócio em Mato Grosso para 2025. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária - IMEA. IMEA - SENAR, p.46p. 2016

LOPES, A.; SARAIVA, J.; ALCOFORADO, M. J. Urban boundary layer wind speed reduction in summer due to urban growth and environmental consequences in Lisbon. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, n. 2, p. 241-243, 2011.

MACIEL, C. R. **Análise da Relação entre Características do Ambiente Urbano e o Comportamento de Variáveis Microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT**. 2012. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MACIEL, C. R; KOLOKOTRONI, M; NOGUEIRA, M. C. D. J; GIRIDHARAN, R; WATKINS, R. The impact of surface characteristics on ambient temperature at urban micro scale: comparative field study in two climates. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 10, n. 3, p. 165-175, 2013.

MAITELLI, G. T. Balanço de Energia Estimado para a Cidade de Cuiabá: Uma Abordagem de Balanço de Energia pelo Método de Bowen. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.

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

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento Urbano em Londrina. In: Monteiro C. A. F.; Mendonça F. Organizadores. **Clima Urbano**. Contexto: São Paulo, 2015. 2ªed. 9-68p.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: Monteiro C. A. F.; Mendonça F. Organizadores. **Clima Urbano**. Contexto: São Paulo, 2015. 2ªed. 93-120p

NOVAIS, J. W. Z., GIL, R. L., MELO, F. C. L., DE ANDRADE, L. P., PEREIRA, O. A., & ZANGESKI, D. D. S. O. Variação Espaço-Sazonal Termohigrométrica do Parque Urbano Mãe Bonifácia pelo Método da Krigagem. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, 2017, 18(3), 252-257.

OMM, Organização meteorological Mundial. “Calculation of monthly and annual 30-year standard normals”. WMO-TD No. 341, WCDP-No.10. WMO, Geneva, Suíça, 1989.

OKE, T. R; MILLS, G; CHRISTEN, A; VOOGT, J. A. **Urban climates**. Cambridge University Press, 2017, p. 550

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

OKE, T. R. The urban energy balance. **Progress in Physical geography**, v. 12, n. 4, p. 471-508, 1988.

PESSÔA, A. C. M; PONZONI, F. J. Influence of the topographic correction strategy on the land cover classification: a spectral approach. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, 2018.

ROLIM, G. D. S; CAMARGO, M. B. P. D; LANIA, D. G; MORAES, J. F. L. D. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, p. 711-720, 2007.

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

SILVA, G; ROMERO, M. Sustentabilidade urbana aplicada: Análise dos processos de dispersão, densidade e uso e ocupação do solo para a cidade de Cuiabá, Estado de Mato Grosso, Brasil. **EURE (Santiago)**, v. 41, n. 122, p. 209-237, 2015.

SOUZA, A. P; MOTA, L. L; ZAMADEI, T; MARTIN, C. C; ALMEIDA, F. T; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

STEWART, I. D; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.

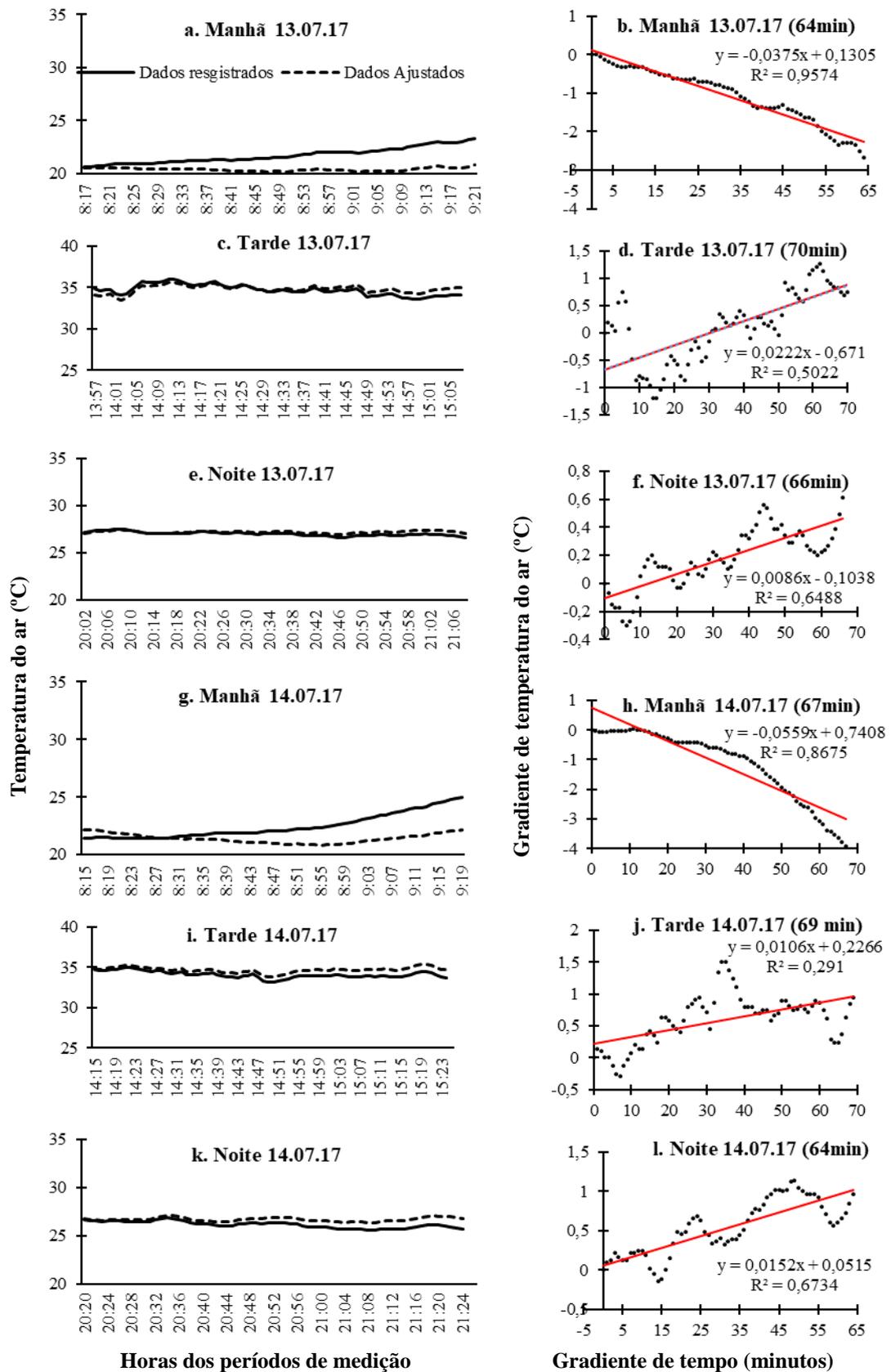
UNITED NATIONS. **Population, Consumption and the Environment**. United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat, New York, USA, 2015.

VALIN JR, M. O; SANTOS, F. M. M; RIBEIRO, K. F. A; NOGUEIRA, M. C. D. 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**, v. 18, 2016.

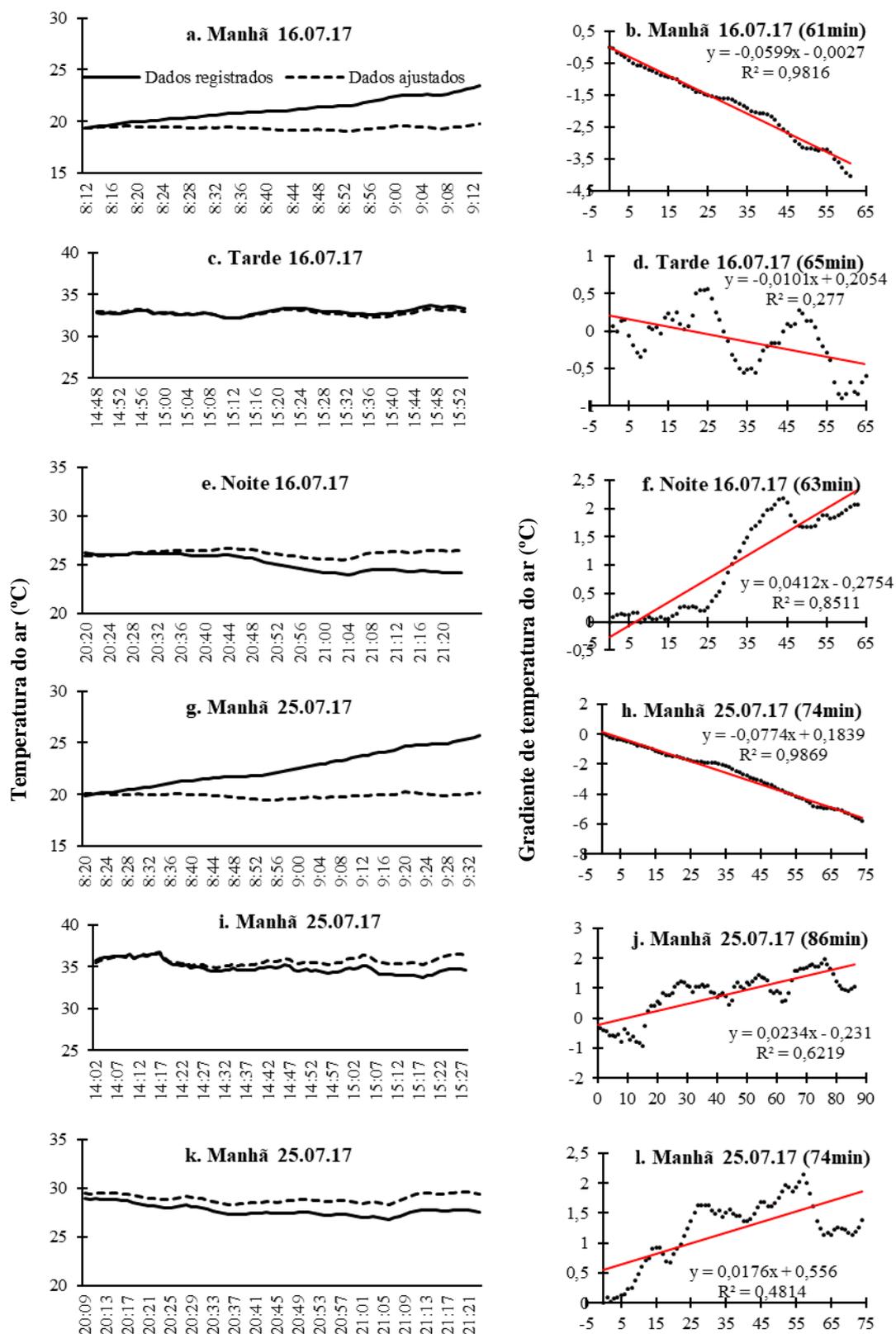
VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital, 2006, p. 463

WEAVER, W. Science and complexity. In: **Facets of systems science**. Springer, Boston, MA, 1991. p. 449-456.

APÊNDICE



Horas dos períodos de medição
 Apêndice 1 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 13 e 14 de julho de 2017 do período quente-seco.
 FONTE: Elaborado pela autora

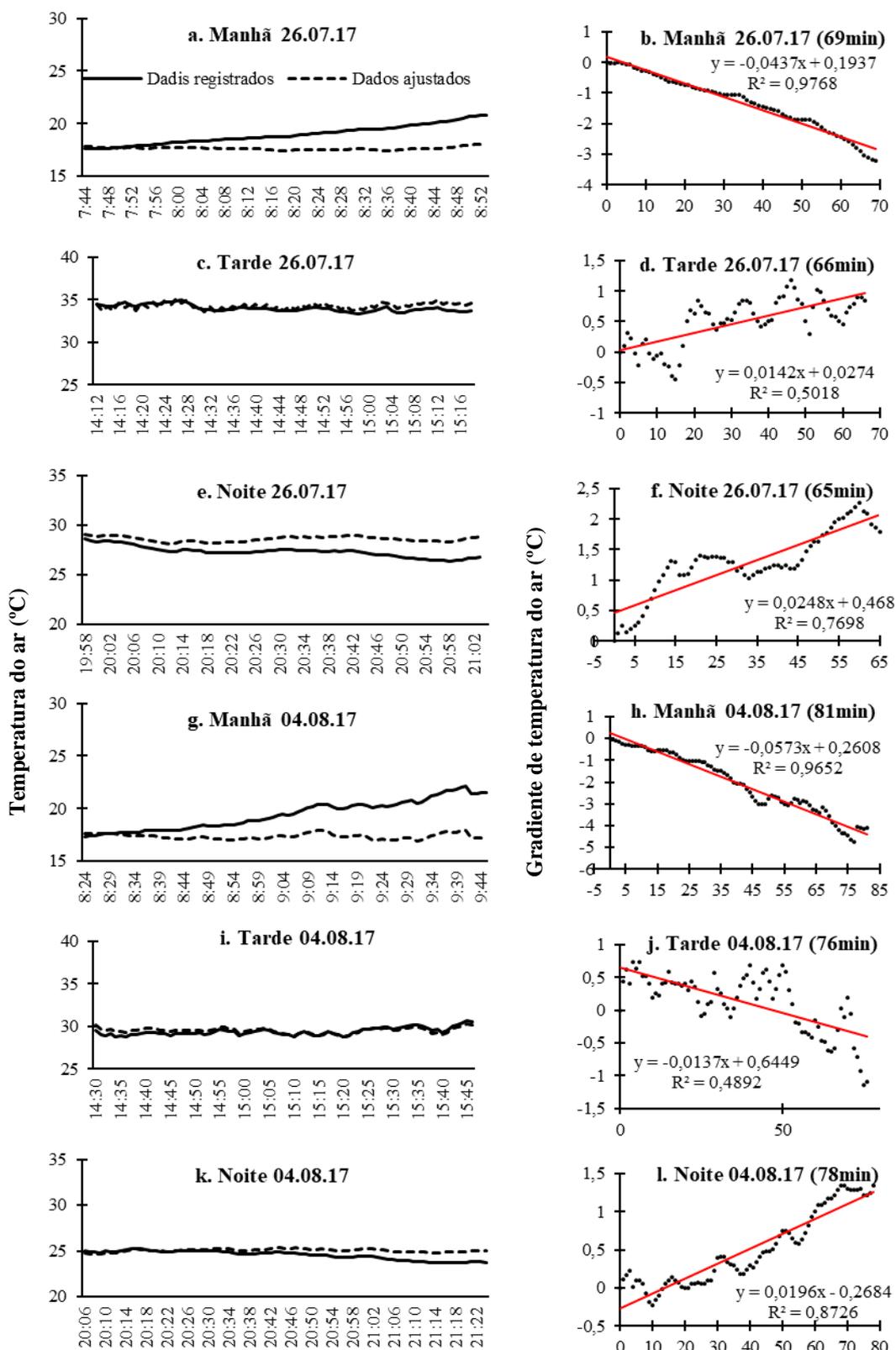


Horas dos períodos de medição

Gradiente de tempo (minutos)

Apêndice 2 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 16 e 25 de julho de 2017 do quente-seco.

FONTE: Elaborado pela autora

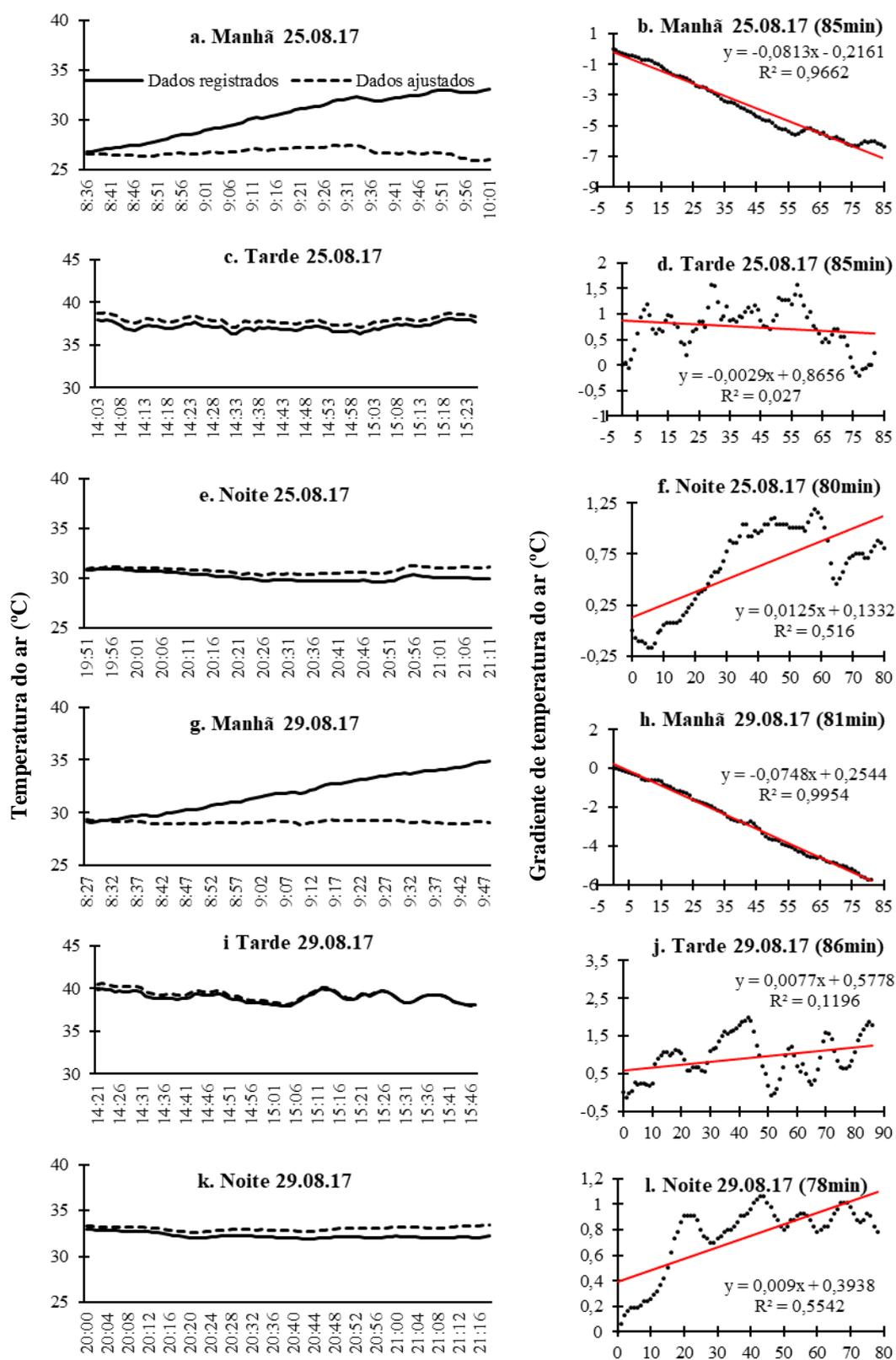


Horas dos períodos de medição

Gradiente de tempo (minutos)

Apêndice 3 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 26 de julho de 2017 e 04 de agosto de 2017 do quente-seco.

FONTE: Elaborado pela autora

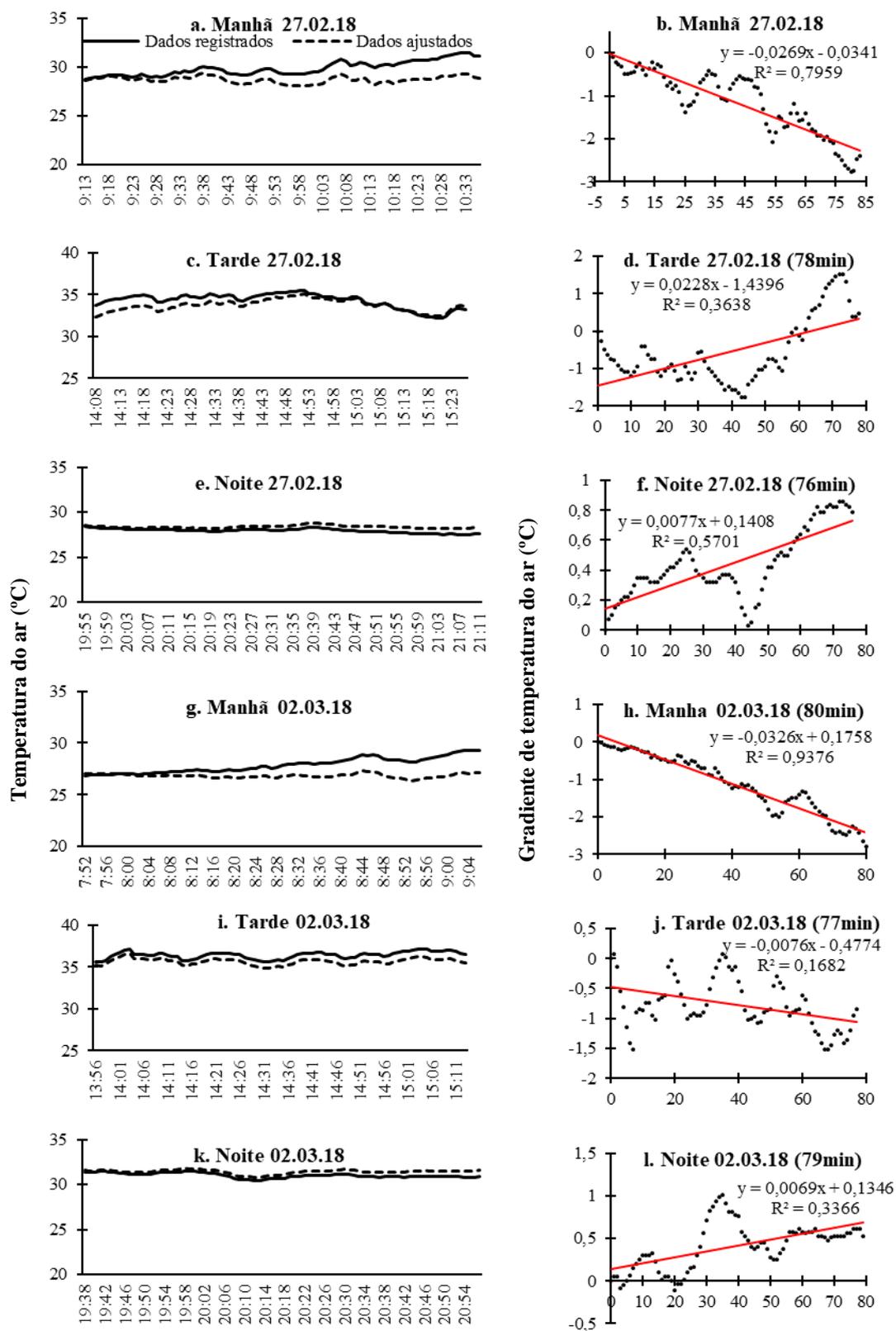


Horas dos períodos de medição

Gradiente de tempo (minutos)

Apêndice 4 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 25 e 29 de agosto de 2017 do período quente-seco.

FONTE: Elaborado pela autora

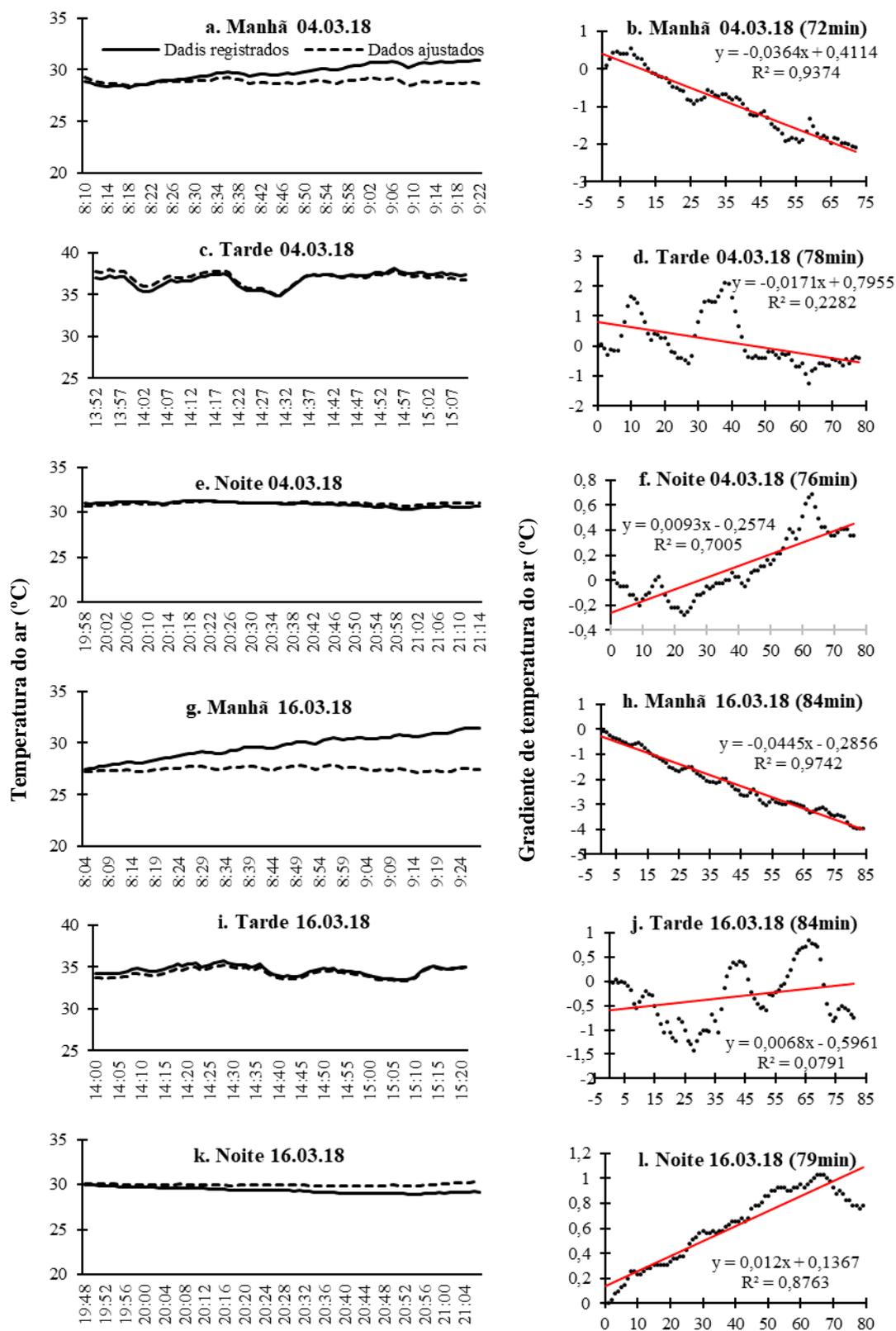


Horas dos períodos de medição

Gradiente de tempo (minutos)

Apêndice 5 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, dias 27 de fevereiro e 02 de março de 2018 do período quente-úmido.

FONTE: Elaborado pela autora

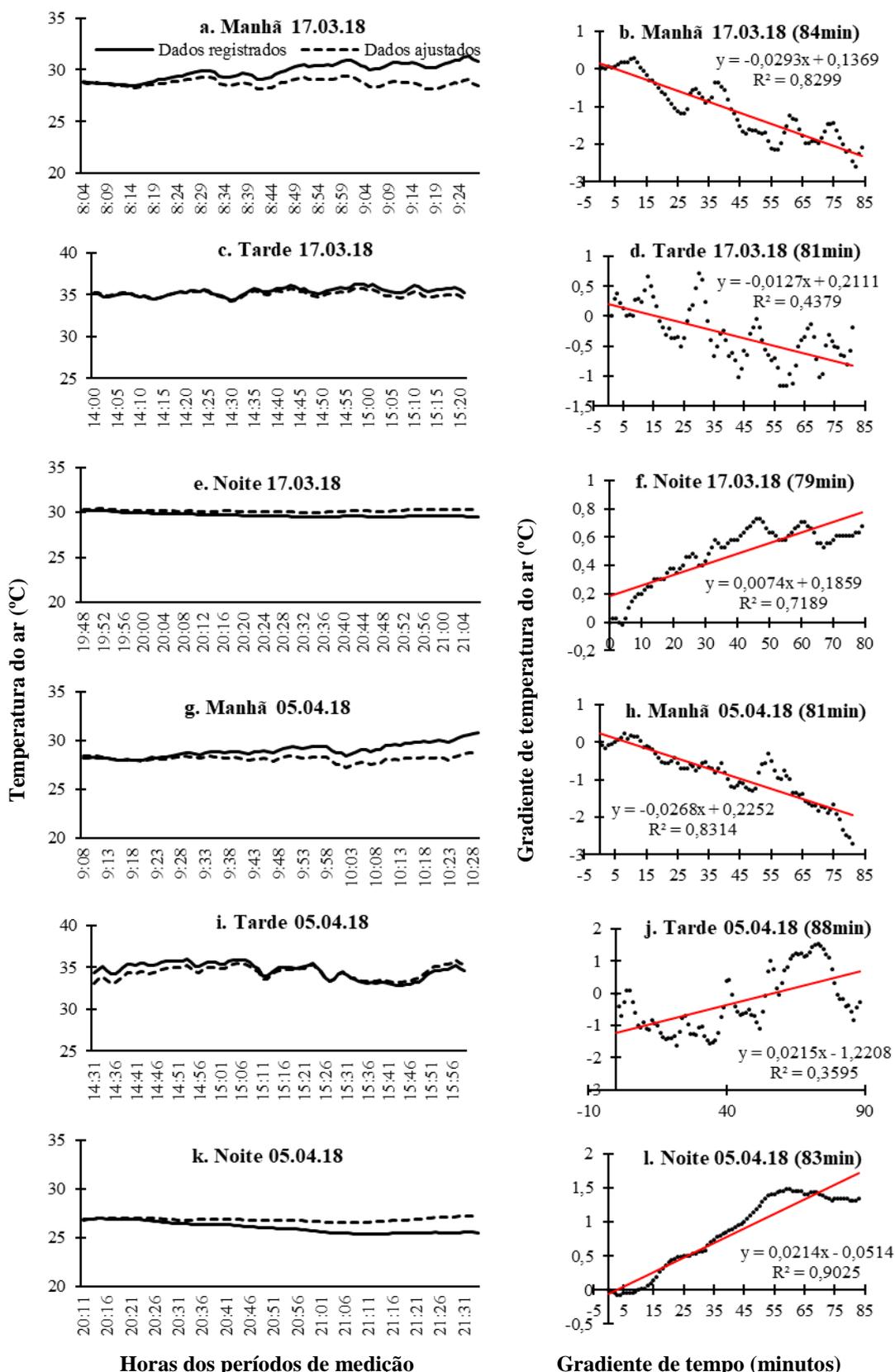


Horas dos períodos de medição

Gradiente de tempo (minutos)

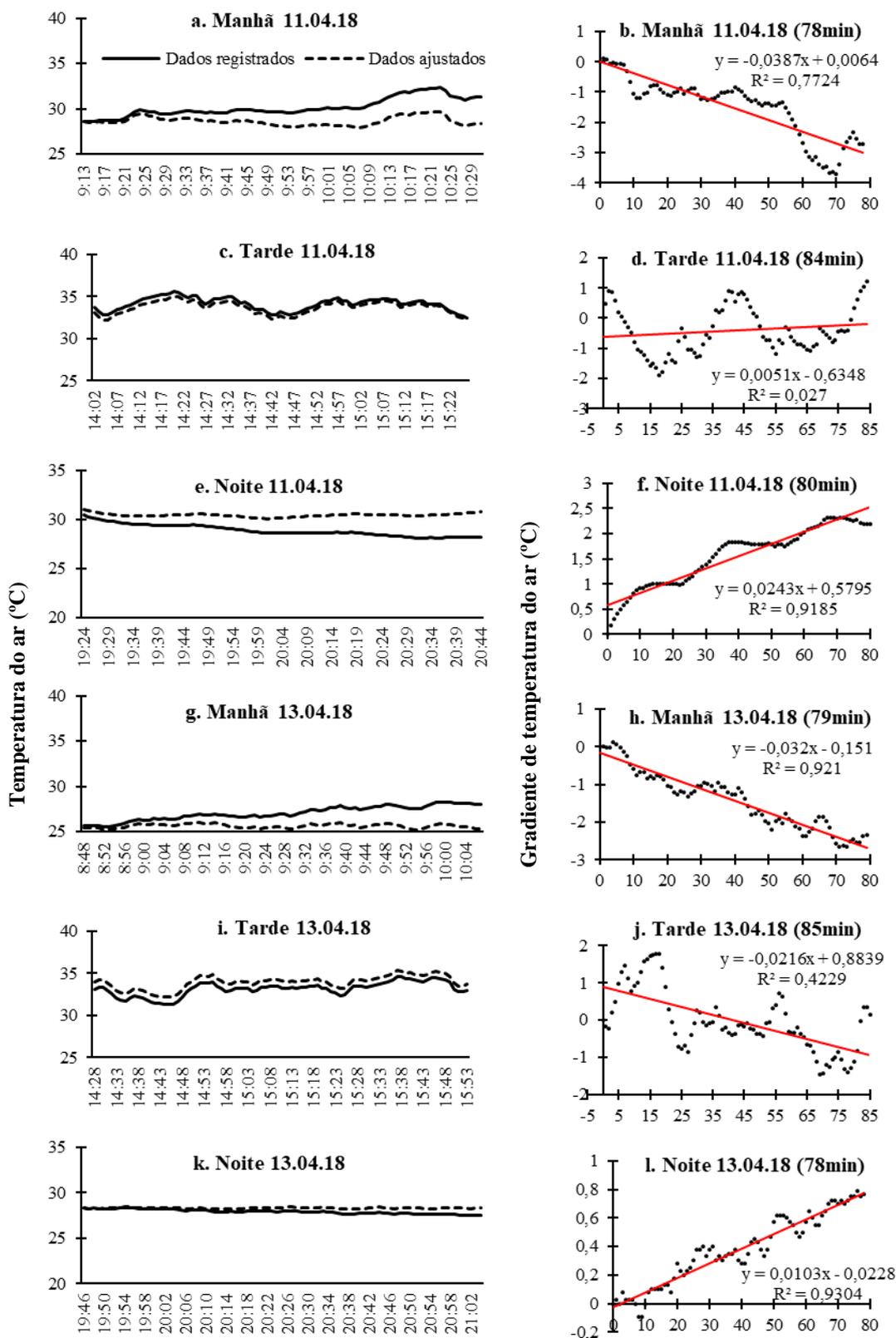
Apêndice 6 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 04 e 16 de março de 2018 do período quente-úmido.

FONTE: Elaborado pela autora



Apêndice 7 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 17 de março e 05 de abril de 2018 do período quente-úmido.

FONTE: Elaborado pela autora



Horas dos períodos de medição **Gradiente de tempo (minutos)**
 Apêndice 8 – Dados da estação de controle de temperatura do ar medidos e ajustados, para os dias 11 e 13 de abril de 2018 do período quente-úmido.
FONTE: Elaborado pela autora