

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

**ANÁLISE DE ABRIGOS TERMO-HIGROMÉTRICOS
ALTERNATIVOS PARA TRANSECTOS MÓVEIS**

MARCOS DE OLIVEIRA VALIN JR

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS

**CUIABÁ – MT
Fevereiro – 2019**

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

**ANÁLISE DE ABRIGOS TERMO-HIGROMÉTRICOS
ALTERNATIVOS PARA TRANSECTOS MÓVEIS**

MARCOS DE OLIVEIRA VALIN JR

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

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS

**CUIABÁ – MT
Fevereiro – 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

V173a Valin Jr, Marcos de Oliveira.
ANÁLISE DE ABRIGOS TERMO-HIGROMÉTRICOS ALTERNATIVOS
PARA TRANSECTOS MÓVEIS / Marcos de Oliveira Valin Jr. -- 2019
118 f. : il. color. : 30 cm.

Orientadora: FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2019.
Inclui bibliografia.

1. abrigos meteorológicos. 2. ilha de calor. 3. clima urbano. I. Título.

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

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

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DE ABRIGOS TERMO-HIGROMÉTRICOS
ALTERNATIVOS PARA TRANSECTOS MÓVEIS

AUTOR: MARCOS DE OLIVEIRA VALIN JR

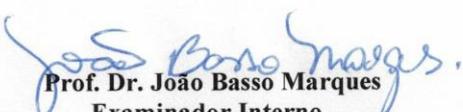
Tese de Doutorado defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2019, pela
comissão julgadora:


Profa. Dra. Flávia Maria de Moura Santos
Orientadora

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT


Profa. Dra. Marta Cristina de Jesus
Albuquerque Nogueira - Examinadora Interna

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT


Prof. Dr. João Basso Marques
Examinador Interno

Programa Nacional de Pós-Doutorado/PNPD/CAPES


Profa. Dra. Erika Fernanda Toledo Borges Leão
Examinadora Externa

Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT


Profa. Dra. Elisa Pagliarini Cox
Examinadora Externa

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT

DEDICATÓRIA

À Gloria do Grande Arquiteto do Universo.

AGRADECIMENTOS

- A Prof.^a Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos, pela amizade, paciência, confiança depositada e dedicação na orientação e elaboração desse trabalho;
- A Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pelas orientações, prontidão, carinho e especial solicitude em todos os momentos;
- Ao Prof. Dr. João Basso Marques e ao colega Lucas Douglas Rothmund pelo auxílio e dedicação em toda a fase experimental e preparação dos equipamentos;
- Aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT);
- A Prof.^a Dr.^a Angela Santana de Oliveira pelo incentivo e inestimável amizade;
- Aos amigos de Pós-graduação, em especial a Karyn Ferreira Antunes Ribeiro, Diana Carolina Jesus de Paula e Natallia Sanches e Souza;
- Ao aluno de Iniciação Científica Victor André Botelho pelo auxílio nas imagens no SketchUp;
- Ao Prof. Me. Roberto Nunes Vianconi Souto e ao aluno Evandro Silva Bueno Junior do Laboratório de Geotecnologias do IFMT pelo auxílio nas imagens no ArcGis;
- Aos meus amigos João Victor Galvão do Vale e Ricardo de Menezes Butakka Junior, pelos auxílios;
- Aos meus pais Marcos e Carmem.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. CLIMA URBANO	4
2.2. IMPORTÂNCIA DAS MEDIÇÕES CLIMÁTICAS	6
2.3. COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS EM TRANSECTOS MÓVEIS	7
2.4. ABRIGOS TERMOHIGROMÉTRICOS	14
2.4.1. ABRIGO DE PVC NA VERTICAL.....	14
2.4.2. ABRIGO IMPRESSORA 3D	15
2.4.3. ABRIGO DE PRATOS	16
2.4.4. ABRIGO METEOROLÓGICO COMERCIAL	18
2.4.6. OUTROS TIPOS DE ABRIGOS UTILIZADOS	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	27
3.2. EXPERIMENTAÇÃO TÉCNICA DOS ABRIGOS	27
3.2.1. PRODUÇÃO DOS ABRIGOS	28
3.2.1.1. ABRIGO COM TUBO DE PVC VERTICAL	28
3.2.1.2. ABRIGO EM IMPRESSORA 3D	30
3.2.1.3. ABRIGO COM PRATOS PLÁSTICOS.....	31
3.2.1.4. ABRIGO METEOROLÓGICO COMERCIAL	33
3.2.1.5. ABRIGO COM TUBO DE PVC HORIZONTAL.....	34
3.2.2. SENSORES E DATALOGGER UTILIZADOS NOS ABRIGOS	35
3.2.2.1 CALIBRAÇÃO DOS SENSORES	39
3.2.2.2 CALIBRAÇÃO DOS SENSORES – UMIDADE RELATIVA (%)	41
3.2.3. INSTALAÇÃO DOS ABRIGOS	44
3.2.4. ÁREA DE ESTUDO DO TRANSECTO.....	47
3.2.5. REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES / TRANSECTOS.....	49
3.2.6. ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA	62
3.2.7. VALIDAÇÕES.....	63
3.2.7.1 VALIDAÇÃO DA ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	63
3.2.7.2 VALIDAÇÃO DOS SENSORES DO TRANSECTO COM A ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA	64
3.2.7. ANÁLISE DOS DADOS DO TRANSECTO	65
3.2.7.1. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
4.1. IDENTIFICAÇÃO DE ABRIGOS E PROCEDIMENTOS	66
METODOLÓGICOS PARA TRANSECTOS.....	66

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VALORES DE TEMPERATURA E UMIDADE NOS DIFERENTES ABRIGOS DURANTE O TRANSECTO	69
4.2.1. ANÁLISES PARA DADOS DE TEMPERATURA DO AR	70
4.2.2. ANÁLISES PARA DADOS GERAIS DE UMIDADE RELATIVA DO AR	77
4.2.3. ANÁLISES PELOS PONTOS DO TRANSECTO	83
4.3. RECOMENDAÇÕES PARA PADRONIZAÇÃO DE TRANSECTOS	90
4.3.1. VELOCIDADE.....	90
4.3.2. HORÁRIOS.....	91
4.3.3. TRAJETOS.....	93
4.3.4. ABRIGOS	93
4.3.5. OUTROS FATORES.....	94
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	95
6. BIBLIOGRAFIAS	97
6.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS	97
6.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Abrigo vertical de PVC para medições	14
Figura 2 - Esquema de instalação do abrigo vertical de PVC em veículo	15
Figura 3 – Abrigos A e B alternativos fabricados em impressora 3D juntamente com termohigrômetros de referência C, instalados no campo	15
Figura 4 – Abrigo com pratos de chapa de ferro	16
Figura 5 – Abrigo de pratos utilizado em estudos da USP em São Paulo – SP	16
Figura 6 - Montagem de abrigo do tipo prato	17
Figura 7 - Abrigo de pratos montado.....	17
Figura 8 - Abrigo termométrico com pratos plásticos quadrados de PVC	18
Figura 9 – Veículo para medições móveis do Departamento para proteção ambiental em Stuttgart – Alemanha.....	20
Figura 10 - Abrigo horizontal em PVC para medições	21
Figura 11 – Abrigo horizontal em PVC com revestimento e ventilação forçada para medições.....	21
Figura 12 - Abrigo horizontal para medição - projeto	22
Figura 13 – Abrigo horizontal para medições fixo - instalados	22
Figura 14 - Abrigo com garrafa PET	23
Figura 15 – Abrigo com semicircunferência de poliestireno com haste de bambu...24	
Figura 16 – Abrigo utilizando peças hidrossanitárias de PVC.....	24
Figura 17 - Abrigo produzido com pote de sorvete branco	25
Figura 18 – Abrigo de madeira.....	26
Figura 19 - Preparação de abrigo vertical	29
Figura 20 – Dimensões do abrigo vertical	29
Figura 21 - Esquema dos abrigos alternativos projetados em 3D	30
Figura 22 – Abrigo produzido em impressora 3D	31
Figura 23 - Abrigo com pratos	32
Figura 24 – Dimensões do abrigo com pratos plásticos	32
Figura 25 – Abrigo Meteorológico Multiplacas da Squitter, modelo S2160-1640 com 16 placas	33
Figura 26 - Preparação do abrigo horizontal.....	35
Figura 27 – Dimensões do abrigo horizontal	35
Figura 28 - Componentes utilizados	37
Figura 29 - Dataloger.....	38
Figura 30 - Intervalo de confiança dos sensores para Temperatura	39
Figura 31 - Intervalo de confiança dos sensores para Umidade Relativa	42
Figura 32 - Abrigos utilizados: horizontal (a), comercial (b), pratos plásticos (c), impressora 3D (d) e vertical (e).....	44
Figura 33 - Posicionamento dos abrigos no veículo - frontal	44
Figura 34 - Posicionamento dos abrigos no veículo - lateral.....	45
Figura 35 - Colocação da régua no rack	45
Figura 36 - Fixação da régua com auxílio de grampo sargento	46
Figura 37 - Velocidade constante de 30 km/h.....	46

Figura 38 – (a) Identificação do veículo com adesivo e (b) detalhe da manta magnética adesivada	47
Figura 39 - Mapa de localização da área de estudo	48
Figura 40 - Mapa com os pontos do transecto.....	50
Figura 41 - Carro parado no Ponto 1	52
Figura 42 - Classificação da cobertura do solo no ponto 1	52
Figura 43 - Carro parado no Ponto 2	53
Figura 44 -Classificação da cobertura do solo no ponto 2.....	53
Figura 45 - Carro parado no Ponto 3	54
Figura 46 - Classificação da cobertura do solo no ponto 3	54
Figura 47 - Carro parado no Ponto 4	55
Figura 48 - Classificação da cobertura do solo no ponto 4.....	55
Figura 49 - Carro parado no Ponto 5	56
Figura 50 - Classificação da cobertura do solo no ponto 5	56
Figura 51 - Carro parado no Ponto 6	57
Figura 52 - Classificação da cobertura do solo no ponto 6.....	57
Figura 53 - Carro parado no Ponto 7	58
Figura 54 - Classificação da cobertura do solo no ponto 7	58
Figura 55 - Carro parado no Ponto 8	59
Figura 56 - Classificação da cobertura do solo no ponto 8.....	59
Figura 57 - Carro parado no Ponto 9	60
Figura 58 - Classificação da cobertura do solo no ponto 9.....	60
Figura 59 - Carro parado no Ponto 10	61
Figura 60 - Classificação da cobertura do solo no ponto 10.....	61
Figura 61 - Estação automatizada - modelo Vantage Pro 2™	62
Figura 62 - Estação automatizada instalada no Ponto 7 do transecto.....	63
Figura 63 –Temperatura média anual por turno	71
Figura 64 –Temperatura média por mês	72
Figura 65 –Temperatura média por estação	74
Figura 66 –Temperatura média por período do ano	75
Figura 67 – Umidade relativa do ar média por turno.....	78
Figura 68 –Umidade relativa do ar média por mês	79
Figura 69 – Umidade relativa do ar média por estação	80
Figura 70 –Umidade relativa do ar média por período do ano.....	82
Figura 71 –Temperatura do ar média por ponto do transecto	85
Figura 72 – Umidade relativa do ar por ponto do transecto.....	86
Figura 73 - Horários para transecto móvel de acordo com o fuso horário brasileiro	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Resumo do levantamento bibliográfico sobre transectos.....	9
Tabela 2 – Abrigos comerciais	18
Tabela 3 – Especificações	36
Tabela 4 - Intervalo de confiança dos sensores para temperatura	40
Tabela 5 - Teste de Kruskall Wallis para Temperatura	40
Tabela 6 – Comparações múltiplas após Teste de Kruskall Wallis para Temperatura	41
Tabela 7 - Calibração dos valores de Temperatura.....	41
Tabela 8 - Intervalo de confiança	42
Tabela 9 - Teste de Kruskall Wallis para Umidade Relativa	43
Tabela 10 - Comparações múltiplas após Teste de Kruskall Wallis para Umidade Relativa	43
Tabela 11 - Calibração dos valores de Umidade Relativa	43
Tabela 12 – Período de medição.....	49
Tabela 13 - Pontos fixos de análise.....	50
Tabela 14 – Trajeto entre Pontos	51
Tabela 15 – Dados de precisão dos sensores da estação automatizada	62
Tabela 16 - Teste de qui-quadrado de aderência da estação de referência com o INMET	64
Tabela 17 - Teste de qui-quadrado de aderência dos sensores com a estação de referência.....	65
Tabela 18 - Síntese do levantamento bibliográfico sobre transectos	68
Tabela 19 - Resumo dos Testes de Efeito	69
Tabela 20 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Turno	70
Tabela 21 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Mês	71
Tabela 22 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Estação.....	73
Tabela 23 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Estação.....	74
Tabela 24 – Diferença da temperatura entre abrigos	76
Tabela 25 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Turno.....	77
Tabela 26 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Mês.....	78
Tabela 27 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Estação	80
Tabela 28 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade relativa do ar e Estação	81
Tabela 29 - Diferença da umidade entre abrigos	83
Tabela 30 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Pontos	84
Tabela 31 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Pontos.....	85
Tabela 32 - Temperatura média por ponto e trajeto – média anual no período noturno	87
Tabela 33 – Umidade relativa do ar média por ponto e trajeto – média anual no período noturno.....	88
Tabela 34 – Cobertura do solo nas áreas dos pontos fixos do transecto	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANOVA - análise da variância

°C – graus Celsius

cm – centímetros

DP – desvio-padrão

DF - (Degrees of Freedom), representam os graus de liberdade da análise.

F - é a estatística de Fisher da ANOVA

GMT - Greenwich Meridian Time

h – hora

m – metros

M – média

Means Squares - Soma dos quadrados dividido pelos graus de liberdade

N – Número (tamanho) da população amostral da estatística

OMM - Organização Mundial de Meteorologia

p – Valor de significância

PVC - Policloreto de vinila

Sig. –Significância, representa o P estatístico

Sum of Squares - Soma dos Quadrados.

T – temperatura

UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso

UR – Umidade relativa

USP – Universidade de São Paulo

WMO - World Meteorological Organization

RESUMO

VALIN JR, M. O. **Análise de abrigos termo-higrométricos alternativos para transectos móveis**. Cuiabá, 2019.118f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O método do transecto móvel é a realização de um percurso previamente determinado registrando as medições dos dados climáticos e é uma opção viável, especialmente na investigação de ilhas de calor. Mirando prover subsídios, técnicas e procedimentos aos estudos de clima urbano com utilização de transectos móveis é proposto como objetivo geral analisar o desempenho termo-higrométrico de abrigos micrometeorológicos de diferentes tipos para coletas de dados. Para o desenvolvimento da pesquisa foram identificados na literatura os tipos de abrigos termo-higrômetros já estudados e quantificados para análise; escolhidos 5 tipos de abrigos que foram construídos, juntamente com datalogger, os sensores foram calibrados para então serem realizados transectos e após validados os dados foram analisados estatisticamente. Os resultados da pesquisa bibliográfica apontaram a não padronização dos procedimentos metodológicos nos estudos de clima urbano com a utilização de transectos. A análise estatística da parte experimental indicou como significativas as interações: Temperatura e Turno; Temperatura e Período; Umidade e Turno; Umidade e Mês; Umidade e Estação; Umidade e Período. Já as interações não significativas foram: Temperatura e Mês; Temperatura e Estação; Temperatura e Ponto; Umidade e Ponto. O abrigo comercial adotado foi elencado como referência, pois é o possível de ser utilizado em trabalhos em qualquer parte do mundo. Para estudos de ilhas de calor realizadas no período noturno, todos os abrigos alternativos analisados foram eficientes. O modelo alternativo aqui denominado “PVC horizontal” apresentou resultados totalmente favoráveis em todos os cenários e análises realizadas. O modelo impresso em impressora 3D foi eficaz em quase todas as situações. O modelo com “pratos plásticos” e o de “PVC vertical” não se mostraram eficientes.

Palavras-chave: Abrigos meteorológicos; ilha de calor; clima urbano.

ABSTRACT

VALIN JR, M. O. **Analysis of alternative thermo-hygrometric shelters for mobile transects**. Cuiabá, 2019. 118f. Thesis (Doctorate in Environmental Physics) - Institute of Physic, Federal University of Mato Grosso.

The mobile transect method is to perform in a predetermined path recording the measurements of climate data and is a viable option, especially in the investigation of heat islands. Aiming to provide subsidies, techniques and methodologies to urban climate studies using mobile transects, it is proposed as a general objective to analyze the thermo-hygrometric performance of micrometeorological shelters of different typologies for data collection. For the development of the research were identified in the literature the types of shelters for thermohygrometers already studied and quantified for analysis; 5 types of shelters were chosen for the analysis and constructed together with datalogger, the sensors were calibrated to be transected and after validated the data were analyzed statistically. The results of the literature search pointed to the non-standardization of methodological procedures in urban climate studies with the use of transects. The statistical analysis of the experimental part indicated as significant the interactions: Temperature and Shift; Temperature and Period; Humidity and Shift; Humidity and Month; Humidity and Station; Humidity and Period. Non-significant interactions were: Temperature and Month; Temperature and Station; Temperature and Point; Humidity and Point. The commercial shelter adopted was adopted as reference, since it is possible to be used in works anywhere in the world. For studies of heat islands performed at night, all the alternative shelters analyzed were efficient. The alternative model here called "horizontal PVC" presented totally favorable results in all the scenarios and analyzes carried out. The model printed on a 3D printer was effective in almost every situation. The model with "plastic plates" and the "vertical PVC" model were not efficient.

Keywords: Meteorological shelters; heat island; urban climate.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

No estudo da climatologia é imprescindível a prática de trabalhos em campo visando a obtenção de dados, envolvendo mais do que somente observação e pesquisas bibliográficas, normalmente visam a obtenção de dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, radiação, entre outros. Esses dados são geralmente obtidos através do uso de equipamentos e sensores específicos, sendo que muitos desses necessitam de abrigos meteorológicos para proteção dos sensores e também para garantir a qualidade e padronização dos dados.

Um desses procedimentos é o denominado método do transecto móvel, que essencialmente versa em realizar as medições móveis em percursos a pé, em bicicleta ou veículos automotores e é muito empregado no estudo da climatologia urbana para verificar diferenças entre os parâmetros climáticos em pontos de distintas ocupações do solo, tendo-se difundido em função de sua aplicação relativamente mais simples e de baixo custo operacional do que a instalação de várias estações fixas para coleta dos dados.

A padronização dos instrumentos de coleta e abrigos utilizados é fundamental para a qualidade das pesquisas microclimáticas, visto que esses dados geralmente são a base desses estudos. É importante ainda que esses instrumentos sejam de fácil acesso e baixo custo.

As pesquisas realizadas em Cuiabá – MT sobre os sistemas urbanos são desenvolvidas majoritariamente por universidades e centros de ensino e, não diferentemente em outras cidades do Brasil, os recursos são limitados e dependentes de editais ou mesmo de recursos dos próprios pesquisadores.

Para contornar essas dificuldades, muitos sensores, abrigos e sistemas alternativos aos padrões são desenvolvidos, baseados na experiência e criatividade

dos pesquisadores, o que implica em uma falta de padronização para estas pesquisas, dificultando a repetitividade e comparações dos estudos por outros pesquisadores.

O Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso possui relevantes contribuições aos estudos do clima urbano nas principais cidades do Estado de Mato Grosso e na área da agrometeorologia abrangendo os biomas do Pantanal, Amazônia e o Cerrado. No entanto, este estudo é voltado na comparação para sugerir uma padronização, em especial nos abrigos dos sensores para transecto móvel.

1.2. JUSTIFICATIVA

Considerando a complexidade dos sistemas urbanos e a elevada importância dos estudos e monitoramentos das variáveis climáticas ao longo dos anos e do desenvolvimento das cidades, subsidiando, por exemplo, estudos de ilhas de calor, projetos de edificações, conforto ambiental, planejamento urbano e até para controle epidemiológico, é essencial que procedimentos e maneiras de coleta de dados sejam definidos, possibilitando comparações e análises sem interferências ocasionadas por fatores que margeiam.

Um desses fatores essenciais e com influência direta são os abrigos utilizados nos sensores, que tem a função de permitir uma boa ventilação natural por todos os lados, bloquear a entrada de chuva e de radiação solar direta. Porém, pensando nisso, diferentes autores desenvolveram abrigos alternativos para realização de pesquisas, contudo, observam-se diferenças em seus formatos, materiais e posições de instalação.

Distinguir os tipos de abrigos possíveis e avaliá-los quanto à utilização em situações diversas é de grande importância para validação e precisão de estudos microclimáticos. Barbosa, et al. (2008) estudaram a utilização de abrigos para medições internas em edificações e Valin Jr, et al. (2016) estudaram a utilização de abrigos para medições externas em pontos fixos.

Almejando prover subsídios, técnicas e metodologias aos estudos de clima urbano e a padronização da instrumentação dos procedimentos de aferição do sistema de aquisição de dados para garantia de qualidade das pesquisas é proposto como objetivo geral analisar o desempenho termo higrométrico de abrigos

micrometeorológicos de diferentes tipos e formas para coletas de dados em transectos móveis.

Os objetivos específicos consistem em: identificar diversos tipos de transectos já estudados/utilizados na literatura em pesquisas de clima urbano no Brasil entre 1990 a 2017; construir os principais tipos de abrigos utilizados em pesquisa de clima urbano em Cuiabá - MT; calibrar os sensores termo-higrômetros; realizar coleta de dados em transecto móvel com os diferentes tipos de abrigos; analisar e comparar os dados obtidos em cada abrigo; realizar recomendações de procedimentos (melhores práticas) para esse tipo de estudo.

Dessa forma, esta pesquisa apresenta resultados sobre a análise de abrigos utilizados em transectos e poderá contribuir com a padronização de pesquisas que utilizam essa metodologia de coleta de dados nas pesquisas na área de climatologia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CLIMA URBANO

O início dos estudos científicos sobre clima urbano foi em Londres, com a constatação de que a temperatura do ar era mais elevada dentro da cidade que em áreas rurais ao redor, realizada por Howard (1833).

De acordo com Koenigsberger (1997) apud Maciel (2011)*, o clima é o resultado dinâmico de fatores globais (latitude, altitude, continentalidade, etc.), locais (revestimento do solo, topografia) e elementos (temperatura, umidade, velocidade dos ventos, etc.) que dão feição a uma certa localidade.

Para Oke (2006), a temperatura superficial e do ar pode variar vários graus em distâncias curtas, essas alterações formam o microclima. Ainda segundo ele, o clima local como sendo a mistura de características dos efeitos microclimáticos na vizinhança local, isto é, inclui características da paisagem como a topografia, mas exclui os efeitos da microescala, geralmente é essa escala que as estações meteorológicas padrões são projetadas para monitorar.

Dentre os elementos do clima, pode-se afirmar que os que mais afetam o conforto humano são a temperatura e a umidade do ar, sendo a radiação solar e ventilação, os fatores climáticos mais representativos no processo (GIVONI, 1976).

A urbanização melhora o bem-estar econômico da população, no entanto, a sua intensificação desordenada oferece ameaças a saúde biofísica da cidade (SHARMA et al., 2013) e está associada à substituição de ambientes naturais por áreas construídas, que em geral ocorrem sem um planejamento prévio (LIMA &

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

AMORIM, 2010). A cobertura do solo urbano, os materiais utilizados no meio urbano e suas características físicas são alguns dos grandes responsáveis pelo aquecimento das cidades (KOLOKOTRONI & GIRIDHARAN, 2008; VAN HOVE et al., 2015).

Conforme Frota et al. (2001) as modificações climáticas podem ser tais que as áreas urbanas, notadamente as maiores, resultem em verdadeiras Ilhas de Calor.

Ilha de calor urbana (ICU) (*Urban Heat Island - UHI*) é o nome dado para descrever o processo de aquecimento, tanto na atmosfera, quanto nas superfícies urbanas, quando comparado com as áreas de entorno, menos urbanizadas (VOOGT, 2004).

Conforme Brandão (2003) a classificação das ilhas de calor pode ser realizada em função da intensidade: Fraca: com diferenças entre 0 a 2°C; Moderada: com intensidade entre 2 a 4°C; Forte: entre 4 a 6°C; Muito Forte: com intensidade maior que 6°C.

Além das ICU, existem outras anomalias termo-higrométricas que ocorrem devido ao aquecimento diferenciado causados por diferentes usos e ocupações do ambiente urbano, são as ilhas de frescor (IF), ilha úmida (IU) e ilha seca (IS), anomalias que ocorrem na umidade relativa do ar e na temperatura do ar.

As configurações urbanas causam um microclima próprio, devido as interferências de diversos condicionantes estruturais, como por exemplo: revestimentos do solo, rugosidade e porosidade, densidade construída, tamanho da estrutura urbana, uso e ocupação do solo, orientação geográfica da malha urbana, permeabilidade do solo, propriedades termodinâmicas dos materiais, áreas verdes, emissão de poluentes (ZAVITOSKI, 2018).

O monitoramento da temperatura e umidade do ar são importantes para o estudo do clima urbano, pois conforme Maciel (2011) a substituição da cobertura natural do solo por materiais como o asfalto e o concreto modificam o balanço de energia nas áreas urbanas. As cidades acabam então, por apresentar temperaturas médias maiores do que as zonas rurais de mesma latitude. Dentro delas, as temperaturas aumentam das periferias em direção ao centro. As máximas temperaturas no período noturno nas cidades são superiores às encontradas nas áreas rurais, enquanto a umidade relativa do ar da área rural é superior ao das cidades, devido ao aumento da capacidade de absorção do vapor de água nas altas temperaturas da cidade e também pela evaporação do solo mais permeável e da transpiração das plantas, o que chamamos de evapotranspiração.

Segundo Pereira et al. (2002) a temperatura do ar é um dos efeitos mais importantes da radiação solar. A variação temporal e espacial da temperatura do ar é condicionada pelo balanço de energia na superfície, de modo que as variações microclimáticas desta variável são determinadas principalmente pela cobertura do terreno.

2.2. IMPORTÂNCIA DAS MEDIÇÕES CLIMÁTICAS

Neves et al. (2015) afirma que a utilização de sensores para medidas de temperatura e umidade relativa do ar são fundamentais para o desenvolvimento da micrometeorologia, na agrometeorologia para o manejo de irrigação, clima urbano, pesquisas ambientais de microclima e climatologia.

Historicamente grande parte das descobertas ou confirmação de uma teoria, em física, tiveram que necessariamente, passar pelo desenvolvimento de instrumentos com precisão capaz de medir o fenômeno em questão (Marques, 2016).

De acordo com Marques (2016), entender mudanças meteorológicas e do clima sempre foi objeto de interesse geral, principalmente por questões práticas e estratégicas como planejamento agrícola, ambiental, urbano.

Ainda de acordo com Marques (2016), monitorar o ambiente através de medidas das variáveis micrometeorológicas proporciona grandes avanços no entendimento do microclima e do clima do planeta. Cada microclima com sua dinâmica tem participação no macroclima, uma rede de estações micrometeorológicas fornece séries temporais das variáveis físicas contendo informações do estado imediato do microclima que podem ser utilizados para estudos da evolução do comportamento local sob a influência de forçantes globais.

Um dos desafios na área de pesquisa de clima urbano refere-se à padronização dos procedimentos de coleta e análise de dados (OKE, 2005).

Para Barbosa, et al. (2008) a obtenção de dados através do procedimento por medição foi facilitada pelo surgimento de equipamentos registradores e armazenadores eletrônicos de temperatura e outros sinais (data-loggers).

2.3. COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS EM TRANSECTOS MÓVEIS

No caso do estudo de variáveis climáticas, a técnica mais conhecida é a da instalação de estações meteorológicas fixas, porém não há como verificar uma grande área, pois o custo com a instalação e manutenção dessas inúmeras estações seria alto e, muitas das vezes, inviável para grupos acadêmicos de pesquisa (Santos, 2017).

Ainda neste sentido, Sanches (2015) destaca que as medições fixas feitas a partir das redes de observação nacionais ou regionais, se destinam originalmente a outros fins que não climatologia urbana e planejamento urbano.

Como alternativa, tem-se os transectos móveis que, conforme Paula (2017), consiste em um percurso previamente determinado, registrando as medições em pontos com distâncias pré-determinadas.

Amorim et al., (2016) afirma que para as observações do clima urbano na escala local, medidas móveis utilizando carros, bicicletas e outros meios para transportar os sensores são uma opção favorável, especialmente na investigação das ilhas de calor.

Neste método, os sensores são montados em um veículo ou carregados por uma pessoa ao longo de um trajeto específico do recinto urbano. Juntamente com as medidas móveis devem ser combinados registros contínuos de medidas fixas, com a finalidade de correlacionar os resultados e obter índices de correções confiáveis (Pezzuto, 2007).

Assim, devem-se estabelecer metodologias para realização desses transectos, bem como devem existir para medições em estações fixas. A padronização envolve nomenclaturas, métodos de trabalho e análise, de forma que a transmissão da tecnologia desenvolvida possa ser melhor compreendida e aplicada para as diversas realidades.

Já existe como padrão: Os transectos devem ser realizados em dias com condições de tempo atmosférico de céu claro e ventos fracos (OKE, 1982); o pesquisador deve percorrer trajetos pré-definidos, sempre no mesmo horário, para assim obter um banco de dados confiáveis (Santos, 2017); em trajetos longos, a diferença de tempo entre a primeira e a última medida pode ser significativa, desde que sejam ajustados (Pezzuto, 2007).

Modna e Vecchia (2003) evidenciaram em estudos de clima urbano a importância da posição dos pontos de medição, sensores e abrigos meteorológicos na leitura dos registros de temperatura que podem variar até 5°C, dependendo de cada caso.

De acordo com Hirashima et al. (2011) o abrigo meteorológico tem a finalidade de minimizar a interferência da radiação, seja de onda curta ou longa, na medição de valores de temperatura e umidade do ar.

Além da proteção da radiação, os abrigos devem também proteger os sensores da chuva, porém com atenção de permitir uma boa ventilação natural.

De acordo com a norma ISO 7726 (International Organization for Standardization, 1998) deve-se prevenir a exposição do sensor destinado a medir a temperatura do ar à radiação proveniente de fontes de calor em seu entorno, pois, caso contrário, a temperatura medida não seria a temperatura real do ar, mas sim uma temperatura intermediária entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média. Essa norma apresenta os meios pelos quais é possível reduzir os efeitos da radiação sobre o sensor, recomendando características desejáveis às barreiras/abrigos de radiação (ventilação interna, por exemplo), porém, não especifica exatamente o tipo de barreira de radiação que deva ser utilizado.

(...) a maneira como é feita a instalação do equipamento pode alterar o resultado por influência de radiações de onda longa decorrentes da presença da massa dos elementos construtivos, de outras fontes de calor existentes no ambiente, ou até mesmo da incidência de radiação solar direta nos sensores. Esse aspecto requer maior atenção quanto ao posicionamento do sensor no ambiente e quanto à proteção do sensor com barreiras de radiação (Barbosa, et al., 2008).

A Tabela 1 apresenta levantamento bibliográfico de maneira resumida sobre estudos de clima urbano utilizando transectos.

Tabela 1–Resumo do levantamento bibliográfico sobre transectos

Cidade Pesquisada	Fonte	Leituras	Período de coleta de dados	Locomoção	Velocidade	Horários locais (Horários GMT)	Tipo de Abrigo	Termo-higrômetro (Marca / Modelo)
Coari - AM	Santos, 2017	A	15 dias por período (seco e úmido)	C	Não ultrapassando 40km/h	08h, 14h e 20h (12h, 18h e 00h)	Não informa detalhes sobre o abrigo utilizado, apenas que utilizou.	Instrutherm, HT-500
Cuiabá - MT	Paula, 2017	A	16 dias entre meses de Março a Dezembro	C	40km/h	20h (00h)	Tubo de PVC no sentido vertical perfurado com proteção na parte superior	Datalogger modelo GK_V02 e Sensor RTL-10709
Cajuri-MG	Fialho et al., 2016	N	1 dia nos 3 horários	M	30km/h	09h, 15h e 21h (12h, 18h e 00h)	Descreve apenas que: “...O equipamento foi acoplado a um cano de PVC onde o sensor ficou a 1,5m do solo.”	Minipa, MT-241
Paranavaí - PR	Amorim et al., 2016	N	1 dia	C	30km/h	21h (00h)	Acoplado em uma haste de madeira posicionada dentro do carro de modo que o sensor ficasse com cerca de 60cm de distância do teto.	Modelo 7664.01.0.00
Chapecó - SC	Binda et al., 2016	N	Inverno e verão (Não informa quantos dias)	C	Não detalha	09h, 15h e 21h (12h, 18h e 00h)	Instalada externamente a aproximadamente 1,5 m do solo	Hanna Instruments, HI-9564
Juiz de Fora - MG	Assis et al., 2016	A	1 dia no mês de Abril	C	30km/h a 40km/h	19h10m (22h10m)	Abrigo de madeira pintado de branco	Estação Oregon - WMR928NX
							Abrigo cilíndrico de isopor perfurado	Termômetro de mercúrio
Sinop - MT	Sanches, 2015	A	4 dias por período (seco e úmido)	C	Próxima aos 40 km/h	08h, 14h e 20h (12h, 18h e 00h)	Abrigo comercial: Davis, VantageVue	Davis, VantageVue

Cidade Pesquisada	Fonte	Leituras	Período de coleta de dados	Locomoção	Velocidade	Horários locais (Horários GMT)	Tipo de Abrigo	Termo-higrômetro (Marca / Modelo)
Presidente Prudente - SP	Amorim et al., 2015	N	1 dia	C	Não detalha	21h (00h)	Não descreve.	Não descreve.
Cuiabá - MT	Franco, 2013	A	Setembro a Março (total de 20 dias coletados)	C	20km/h a 30km/h	08h, 14h e 20h (12h, 18h e 00h)	Dois tubos de PVC no sentido horizontal, o menor fixado ao interior do outro.	Sensor de par termoeletrico tipo K
Aracaju - SE	Anjos, et al. 2013	N	1 dia em Janeiro e 1 dia em Fevereiro	C	40km/h	09h, 15h e 21h (12h, 18h e 00h)	Não descreve.	(estação meteorológica digital)
Cuiabá - MT	Barros, 2012	A	3 dias por estação	C	20km/h a 30km/h	08h, 14 h e 20h (12h, 18h e 00h)	Dois tubos de PVC no sentido horizontal, o menor fixado ao interior do outro.	Termômetro digital portátil com data-logger e sensor de par termoeletrico tipo K
Cândido Mota - SP	Ortiz, 2012	N	8 dias no mês de Janeiro	C	30km/h	21h (00h)	O termômetro foi instalado em haste de 1,5m de altura, preso na lateral do automóvel.	VCAH - Mod.9950.02.1.00
Sinop - MT	Gheno, et al. 2012	M	2 dias no mês de Março	C	40km/h	08h, 14 h e 20h (12h, 18h e 00h)	Tubo de PVC no sentido vertical perfurado com proteção na parte superior	Lutron, HT-3003

Cidade Pesquisada	Fonte	Leituras	Período de coleta de dados	Locomoção	Velocidade	Horários locais (Horários GMT)	Tipo de Abrigo	Termo-higrômetro (Marca / Modelo)
Cuiabá - MT	Maciel, 2011	M	5 dias ao longo de 7 meses (Junho a Dezembro)	P	A pé (velocidade de uma caminhada)	08h, 14 h e 20h (12h, 18h e 00h)	Tubo de PVC no sentido vertical perfurado com proteção na parte superior	Instrutherm, HT – 260
Presidente Prudente - SP	Araujo et al., 2010	M	1 dia e 1 leitura	C	20km/h	15h (19h)	Semicircunferência oca de poliestireno adaptada a base da haste de madeira	Incoterm, Sensores digitais de temperatura com ponteira de aço inox
Cuiabá - MT	Franco, 2010	M	10 dias por mês, sendo 1 mês por estação	C	30km/h	08h, 14 h e 20h (12h, 18h e 00h)	Tubo de PVC no sentido vertical perfurado com proteção na parte superior	Instrutherm, Thar 185H
Teodoro Sampaio - SP	Amorim, 2010	N	2 dias no mês de maio	C	20km/h a 30km/h	21h (00h)	Não descreve.	Não descreve.
Santa Maria - RS	Rovani et al., 2010	N	1 dia e 1 leitura em dois trajetos simultâneos (2 equipes)	N	Não descreve.	09h, 12h, 15h, 18h e 21h (12h, 15h, 18h, 21h e 00h)	Não descreve.	Matsutek

Cidade Pesquisada	Fonte	Leituras	Período de coleta de dados	Locomoção	Velocidade	Horários locais (Horários GMT)	Tipo de Abrigo	Termo-higrômetro (Marca / Modelo)
Iporá - GO	Alves et al., 2010	N	2 dias (abril e maio)	N	Não descreve.	9h, 13h, 22h30m (12h, 16h, 01h30m)	Não descreve.	Não descreve.
Cuiabá - MT	Barros, 2009	A	Setembro e outubro	P	A pé (velocidade de uma caminhada)	Das 07h até as 09h (das 11h até as 13h)	Guarda-sol branco de lona plástica com 1,6 m de diâmetro	Instrutherm, TGD – 300;
Várzea Grande - MT	Cox, 2008	M	6 dias no período seco	C	40km/h	19:30h (23:30h)	Tubo de PVC no sentido vertical perfurado com proteção na parte superior	Instrutherm, HTR-151
Campinas - SP	Pezzuto, 2007	M	7 dias no Inverno e 9 dias no Verão	C	Não descreve.	09h, 15h e 21h (12h, 18h e 00h)	Tubo de PVC, ventilado mecanicamente e revestido de material térmico, a uma altura aproximada de 1,50 m do solo	Instrutherm - TH - 090
Cuiabá - MT	Maitelli et al., 2004	A	Outubro a fevereiro (não informa quantos dias)	C	40km/h	06h, 14h e 20h (10h, 18h e 00h)	Não descreve.	HTR, digital portátil com datalogger CDR-510

Cidade Pesquisada	Fonte	Leituras	Período de coleta de dados	Locomoção	Velocidade	Horários locais (Horários GMT)	Tipo de Abrigo	Termo-higrômetro (Marca / Modelo)
Maceió – AL	Barbirat et al., 1999	N	5 dias entre os meses de Abril e Maio	N	Não descreve.	08h, 09h, 10h, 14h, 15h, 16h, 19h, 20h e 210h (11h, 12h, 13h, 17h, 18h, 19h, 22h, 23h e 00h)	Não descreve	Não descreve
Porto Alegre –RS	Hasenack et al., 1990	M	3 dias no mês de Maio e 1 dia em Junho	C	Não descreve.	00h (03h)	Não utilizou	Technoterm - 1500

Leituras: A= Automatizada; M= Manual; N= Não descreve./ Locomoção: C = Carro; M = Moto; P = a Pé; N= Não descreve.

A tabela com o resumo do levantamento bibliográfico sobre utilização de transectos contempla estudos realizados em diversas cidades, compreendendo de 1990 a 2007 e mostra a diversidade de períodos de medição, velocidades, horários e abrigos utilizados nestas medições.

2.4. ABRIGOS TERMOHIGROMÉTRICOS

Os abrigos têm por objetivo proteger os sensores contra a incidência de radiação e também proteção contra intempéries.

2.4.1. Abrigo de PVC na vertical

Cox (2008), Franco (2010), Maciel (2011), Santos (2012) e Paula, (2017) utilizaram um tubo de PVC branco no sentido vertical perfurado (Figura 1) e para permitir a passagem de ar na parte superior do tubo foi colocado um funil branco para proteger o sensor da radiação solar direta e precipitações para medições móveis, realizadas em transectos com automóveis (Figura 2).



Figura 1 – Abrigo vertical de PVC para medições
Fonte: Franco (2010)

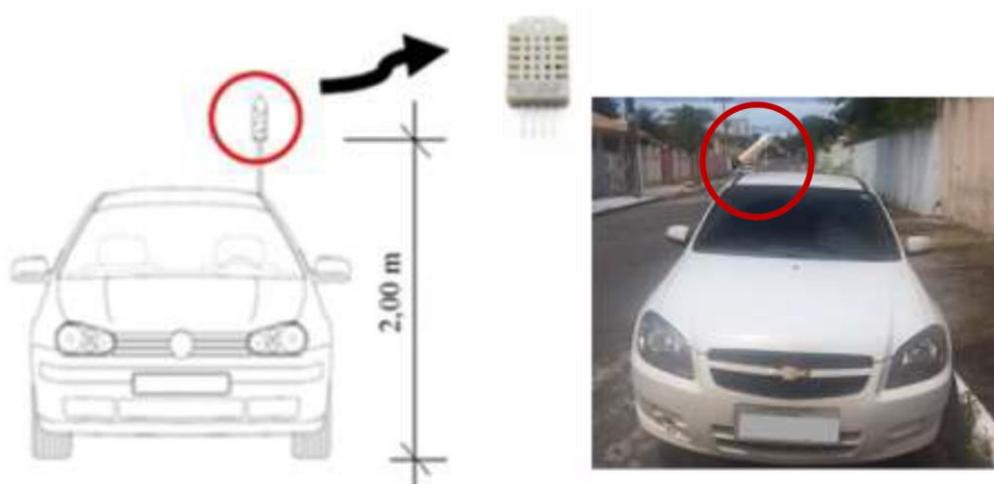


Figura 2 - Esquema de instalação do abrigo vertical de PVC em veículo
Fonte: Paula (2017)

2.4.2. Abrigo impressora 3D

Marques (2016) instalou os sensores de temperatura e umidade do ar em abrigos alternativos fabricados em impressora 3D (Figura 3 – itens A e B), juntamente com sensores de referência com certificado de calibração (Figura 3 – item C), no campus da UFMT para comparar, sendo que as medidas apresentaram alta correlação com as medidas dos sensores de referência, indicando uma promissora possibilidade de utilização desses equipamentos testados.



Figura 3 – Abrigos A e B alternativos fabricados em impressora 3D juntamente com termohigrômetros de referência C, instalados no campo
Fonte: Marques (2016)

2.4.3. Abrigo de Pratos

Armani e Galvani (2006) inspirados no modelo 41003 10 - Plate Gill Radiation Shield da Campbell Inc., construíram um abrigo com chapa de ferro galvanizado de 0,5mm de espessura e pintado com tinta esmalte na cor branca brilhante, diâmetro de 220mm e pé direito central de 240mm (Figura 4).

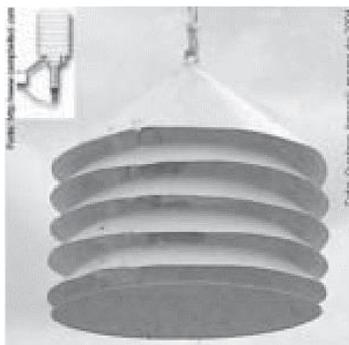


Figura 4 – Abrigo com pratos de chapa de ferro
Fonte: Armani e Galvani (2006)

O mesmo modelo também foi utilizado em estudos de Departamento de Geografia da USP em estudo para o plano de manejo das unidades de conservação do trecho sul do rodoanel Mario Covas em São Paulo – SP (Figura 5).



Figura 5 – Abrigo de pratos utilizado em estudos da USP em São Paulo – SP
Fonte: Serafini Júnior, et al. (2014)

Costa et al. (2007), também inspirado no modelo da Campbell, realizaram ajustes no modelo, substituindo as chapas metálicas por pratos plásticos em seu abrigo para medições fixas, Figura 6 e Figura 7.

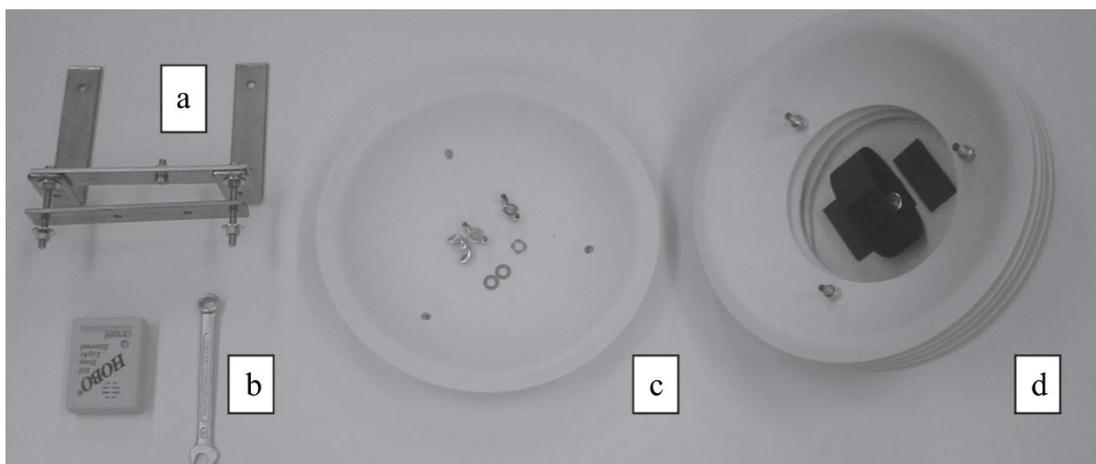


Figura 6 - Montagem de abrigo do tipo prato: (a) Abraçadeira parafusada para fixar proteção na escada; (b) Equipamento registrador de temperatura e umidade relativa do ar; (c) Tampa plástica para vedação da estrutura de proteção; (d) Conjunto de pratos plásticos brancos opacos vazados com velcro para colocação do equipamento

Fonte: Costa et al. (2007)



Figura 7 - Abrigo de pratos montado

Fonte: Costa et al. (2007)

Neves (2013) também construiu um abrigo utilizando cinco pratos quadrados com bordas arredondadas de PVC de cor branca e dimensões 7,0cm por 7,0cm e 2,9cm de profundidade, sustentados por duas barras galvanizadas roscadas de 16cm de tamanho e 0,4cm diâmetro, de modo a fixar os pratos sobrepostos mantendo um espaçamento de 1,7cm entre si (Figura 8), de forma semelhante ao modelo Vantage Pro2 (DAVIS, 2018).

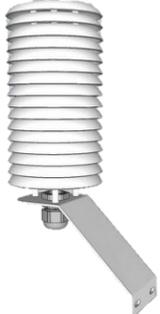


Figura 8 - Abrigo termométrico com pratos plásticos quadrados de PVC
Fonte: Neves et al. (2015)

2.4.4. Abrigo Meteorológico comercial

Várias empresas/marcas comercializam abrigos meteorológicos de múltiplas placas, porém com dimensões e formatos diferentes (Tabela 2).

Tabela 2 – Abrigos comerciais

Abrigo	Modelo	Diâmetro externo (mm)	Espaçamento entre placas (mm)	Altura (mm)	Fonte
	SQ15-2160 1.5 (8 placas) / SQUITTER do BRASIL	123	12	275	Squitte, 2018
	SQ15-2160 2.5 (16 placas) / SQUITTER do BRASIL	123	12	550	Squitte, 2018

Abrigo	Modelo	Diâmetro externo (mm)	Espaçamento entre placas (mm)	Altura (mm)	Fonte
	Não informado	Não informado	Não informado	Não infor.	Azula, 2018
	RS1	210	Não informado	152	Sigma, 2018
	RS3-B	102	Não informado	89	Sigma, 2018
	ASD22	120	15	165	Usina Ind., 2018

Esses abrigos comerciais também são empregados em medições móveis, conforme Figura 9, de um veículo do Departamento para Proteção Ambiental no município de Stuttgart na Alemanha, utilizado para medições combinadas do clima e de qualidade do ar.



Figura 9 – Veículo para medições móveis do Departamento para proteção ambiental em Stuttgart – Alemanha

Fonte: http://www.staedtebaulicheklimafibel.de/Climate_Booklet/index-1-1.htm apud Sanches (2015)*

2.4.5. Abrigo de PVC na horizontal

Barros (2012) e Franco (2013) utilizaram um tubo de PVC branco no sentido horizontal para passagem de ar com 50mm de diâmetro por 50cm de comprimento fixado ao interior de um segundo tubo, com dimensões de 100mm de diâmetro por 60cm de comprimento para medições móveis (Figura 10), que é similar ao abrigo utilizado por Pezzuto (2007), que mesmo em medições móveis utilizou a ventilação forçada e revestimento térmico ao tubo de PVC (Figura 11).

* SANCHES, J. C. Uma metodologia para a inserção do clima como critério para o planejamento urbano: análise da cidade de Sinop-MT. 2015. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.



Figura 10- Abrigo horizontal em PVC para medições

Fonte: Barros (2012)



Figura 11- Abrigo horizontal em PVC com revestimento e ventilação forçada para medições

Fonte: Pezzuto (2007)

Oliveira (2007) utilizou metodologia similar, porém em medições fixas, sendo um conjunto constituído por 4 tubos de PVC também de cor branca, de 30cm de comprimento e 100mm de diâmetro, todos dispostos horizontalmente em suporte metálico à altura de 2m do solo, com os respectivos sensores em seu interior, pendurados paralelos uns aos outros com uma distância de 45cm entre eles, sendo o suporte posicionado na direção perpendicular a direção do percurso do sol. Entre os 4 tubos utilizados variou-se que no primeiro a ventilação é natural e sem isolamento, no segundo com ventilação forçada, o terceiro com ventilação forçada e isolamento e no último com ventilação natural e isolamento térmico, conforme Figura 12 e Figura 13.

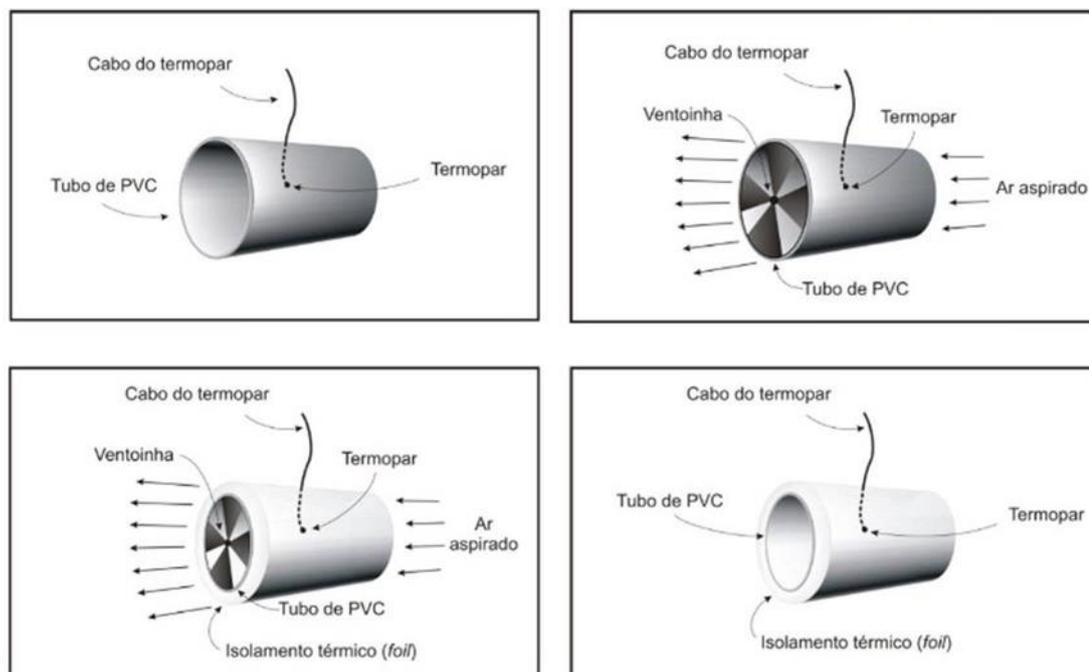


Figura 12 - Abrigo horizontal para medição - projeto

Fonte: Oliveira (2007)



Figura 13– Abrigo horizontal para medições fixo - instalados

Fonte: Oliveira (2007)

2.4.6. Outros tipos de abrigos utilizados

Barbosa et al. (2007) e Miranda (2011) utilizaram abrigos construídos com embalagens PET revestidas de papel aluminizado, com fito de proteger os sensores em estudo em ambientes internos de edificações (Figura 14).



Figura 14 - Abrigo com garrafa PET
Fonte: Miranda (2011)

Nakata (2010) instalou *dataloggers** em postes de energia devidamente protegidos da radiação solar por um dispositivo em PVC revestido por superfície reflexiva em alumínio, porém, não especifica detalhes do abrigo ou apresenta fotos.

Araújo et al. (2010) instalou os sensores digitais de temperatura com ponteira de aço inox enrolados em uma vara de bambu com medida aproximada de 1,50m de comprimento e, para que o sensor não ficasse exposto diretamente à luz solar o protegeu com uma semicircunferência oca de poliestireno adaptada à base da haste de madeira (Figura 15).

* *Datalogger* é um termo em Língua Inglesa utilizado para descrever um instrumento eletrônico que registra dados dos sensores a ele conectado, em um determinado intervalo de tempo preestabelecido.



Figura 15 – Abrigo com semicircunferência de poliestireno com haste de bambu
Fonte: Araujo, et al. (2010)

Hirashima et al. (2011) contruiu seu abrigo utilizando componentes de PVC branco, comum para instalações hidrossanitárias em edificações, composto por plug de esgoto; terminal de ventilação; porca sextavada de 1/4" e tubo de diâmetro de 100mm (Figura 16).



Figura 16 – Abrigo utilizando peças hidrossanitárias de PVC
Fonte: Hirashima et al. (2011)

Ribeiro et al. (2015) utilizou um abrigo produzido com pote de sorvete com furos sob copas de árvores (Figura 17).

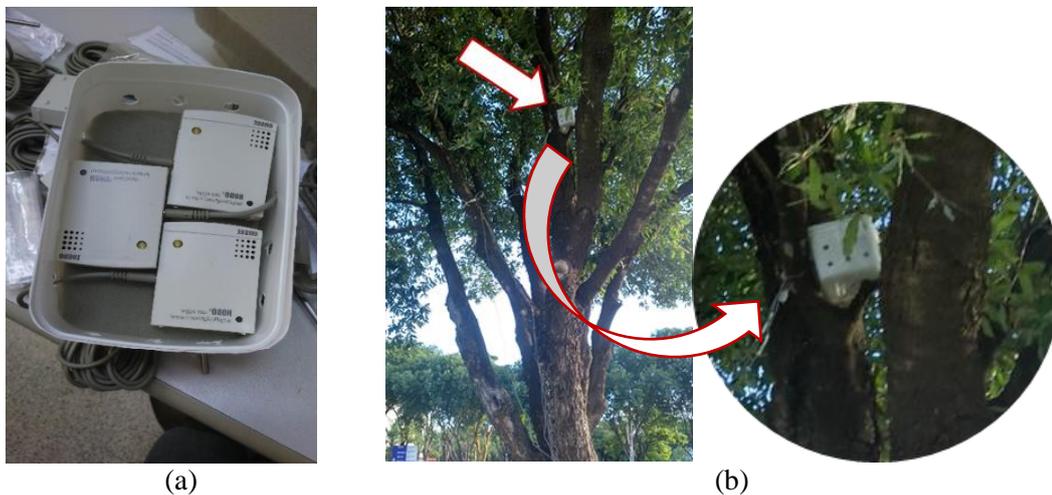


Figura 17 - Abrigo produzido com pote de sorvete branco: Sensores nos abrigos (a); Abrigo instalado na copa da espécie oiti (b)

Fonte: Ribeiro et al. (2015)

Santos (2008) utilizou um abrigo de madeira para medições fixas (Figura 18 – item a), enquanto que Assis et al. (2016) utilizou esse mesmo tipo de abrigo de madeira no transecto móvel colocando-o em cima de uma caminhote (Figura 18 – item b), porém segundo Valin Jr et al. (2016) que analisou o uso de abrigos para pontos fixos este abrigo de madeira ocupa um espaço maior que os demais, além do seu peso maior e dificuldade em transportar e em dar manutenção e limpeza.



Figura 18 – Abrigo de madeira: em ponto fixo (a); utilizado em transecto na caçamba de veículo com carroceria (b)

Autor: Santos (2008) e Assis et al. (2016)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise dos abrigos micrometeorológicos e procedimentos para transectos consistiu em duas etapas, a primeira em levantamento bibliográfico e a segunda na experimentação técnica.

3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Foram identificados na literatura os tipos de abrigos para termohigrômetros já estudados/utilizados em pesquisas de clima urbano nas três últimas décadas e também os procedimentos envolvidos.

Esse levantamento foi realizado através das plataformas de busca acadêmica e apresentados na Revisão Bibliográfica. Como critério principal para a pesquisa utilizou-se nos buscadores as palavras-chave: transecto, abrigo e ilha de calor.

No tocante a este levantamento foram elaborados quantitativos dessas pesquisas sobre os principais pontos de interesse para a padronização dos estudos, que serão apresentados e discutidos em termos percentuais nos Resultados, sendo:

- a) Quantidade de dias de coleta;
- b) Distribuição dos dias de coleta;
- c) Velocidade do transecto;
- d) Horários das coletas; e
- e) Tipos de Abrigo;

3.2. EXPERIMENTAÇÃO TÉCNICA DOS ABRIGOS

Os abrigos para a análise de desempenho escolhidos para a pesquisa, foram os tipos já utilizados no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – PGFA da

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, na cidade de Cuiabá – MT, sendo os seguintes tipos:

- a) Abrigo com tubo de PVC vertical – “PVC *vertical*” (sensor 1; T1, UR1);
- b) Abrigo produzido em impressora 3D – “3D” (Sensor 2, T2, UR2);
- c) Abrigo com pratos plásticos comuns brancos – “*pratos*” (Sensor 3, T3, UR3);
- d) Abrigo de referência comercial – “*comercial*” (Sensor 4, T4, UR4);
- e) Abrigo com tubo de PVC horizontal – “PVC *horizontal*” (Sensor 5, T5, UR5).

3.2.1. Produção dos Abrigos

3.2.1.1. Abrigo com tubo de PVC vertical

O abrigo de PVC rígido no sentido vertical é o mesmo já avaliado para medições fixas por Valin Jr et al., 2016.

Para sua produção utilizou-se um tubo de PVC rígido, cor branca, de 75 mm de diâmetro e 0,25 m de comprimento. O tubo foi perfurado, com o auxílio de uma furadeira com broca de 4 mm, para permitir a passagem de ar. Na parte superior do tubo foi colocado um CAP (tampa para tubo de esgoto) para proteger o sensor da radiação solar direta e precipitações. Um suporte também foi confeccionado com peças de PVC. Na parte inferior foi colocado uma esponja para servir de suporte ao sensor. (Valin Jr et al., 2016)

Na Figura 19 são apresentados os passos da produção e na Figura 20 esquema ilustrativo com as dimensões do abrigo.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 19 - Preparação de abrigo vertical: (a) marcação dos pontos para os furos; (b) furando os pontos; (c) abrigo montado; (d) colocação do fundo com esponja
Fonte: Valin Jr et al. (2016)

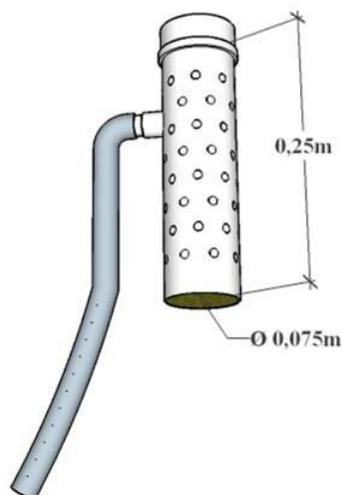


Figura 20 – Dimensões do abrigo vertical
Fonte: Valin Jr et al. (2016)

O custo com a produção do abrigo foi de R\$ 29,39 (vinte e nove reais e trinta e nove centavos).

3.2.1.2. Abrigo em impressora 3D

O abrigo feito em impressora 3D é mesmo utilizado por Marques (2016), que desenvolveu um abrigo genérico alternativo para termohigrômetros a partir de um projeto em 3D para prototipadoras/impressoras 3D, utilizando o material biodegradável PLA (poliácido láctico).

A base para o desenvolvimento do abrigo foram as normas da Organização Meteorológica Mundial WMO (World Meteorological Organization) que especifica as condições necessárias para que uma média seja considerada válida. O projeto foi feito utilizando um software CAD para projetos mecânicos em 3D, e os protótipos foram fabricados em prototipadora /impressora 3D. O material testado foi o PLA ou (poliácido láctico) é um polímero biodegradável. (Marques, 2016).

Na Figura 21 é apresentado o esquema dos abrigos projetados.

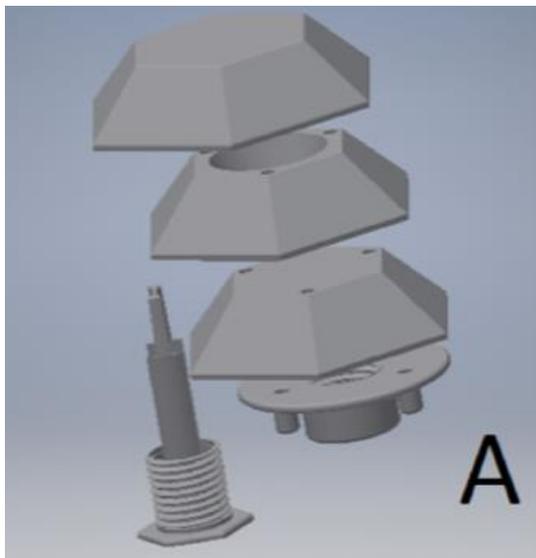


Figura 21 - Esquema dos abrigos alternativos projetados em 3D
Fonte: Marques (2016)

A Figura 22 apresenta os protótipos na impressora 3D e montados.



(a) (b)
Figura 22 – Abrigo produzido em impressora 3D: (a) Peças ainda na mesa da impressora 3D; (b) abrigos montados

Fonte: Marques (2016)

O custo com a impressão do abrigo foi de R\$ 20,00 (vinte reais).

3.2.1.3. Abrigo com pratos plásticos

O abrigo com pratos plásticos é o mesmo utilizado por Valin Jr et al. (2016).

Foi construído utilizando seis pratos redondos de plástico na cor branca. Nos pratos intermediários foram realizadas aberturas, para o posterior posicionamento do sensor. A distância entre os pratos foi de 2,5cm, assegurados através de mangueira de nível transparente cortados, sustentados por duas barras galvanizadas roscadas de 0,4cm diâmetro, de modo a fixar os pratos sobrepostos. Os pratos superiores e os intermediários foram travados com o auxílio de porcas e arruelas junto, sendo apenas o último prato inferior fixado com porcas do tipo borboleta, para facilitar o manuseio. O plástico utilizado neste tipo de recipiente, é do tipo poliestireno (PS), que tem como principais características ser impermeável, inquebrável, rígido, leve e brilhante. As dimensões dos pratos são as seguintes: fundo do prato (aba menor): 0,12m; aba maior do prato: 0,215m; e profundidade do prato: 0,03m. (Valin Jr, et al., 2016).

Na Figura 23 são apresentados os passos da produção e na Figura 24 o esquema ilustrativo com as dimensões do abrigo.

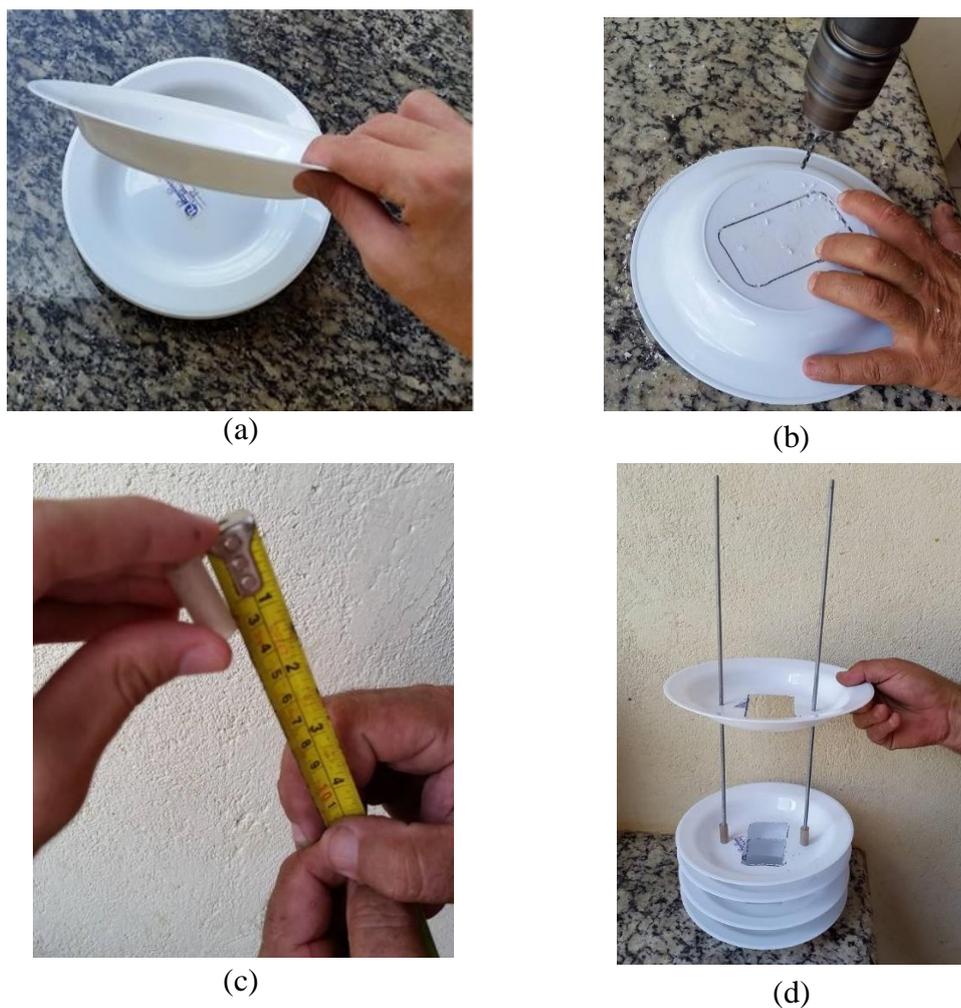


Figura 23 - Abrigo com pratos: (a) pratos plásticos; (b) furando os pratos do meio; (c) espaçadores de 2,5cm de mangueira de nível; (d) montagem do abrigo
Fonte: Valin Jr et al. (2016)

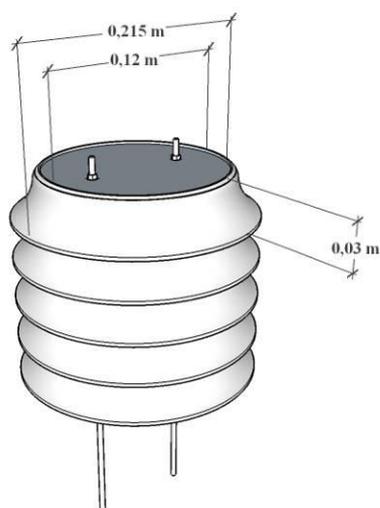


Figura 24 – Dimensões do abrigo com pratos plásticos
Fonte: Valin Jr et al. (2016)

O custo com a produção do abrigo foi de R\$ 33,20 (trinta e três reais e vinte centavos).

3.2.1.4. Abrigo meteorológico comercial

O abrigo comercial utilizado foi o modelo S2160, com 16 placas, da marca Squitter (Figura 25).

Desenvolvido no Brasil para atender ao mercado de meteorologia com qualidade e custo acessível, este protetor oferece um perfil próprio para facilitar a circulação não turbulenta do ar, melhorando a resposta dos sensores em representatividade e tempo. Todas as partes de alumínio do abrigo são anodizadas respeitando-se normas para aplicações marítimas e recebem pintura a pó branca brilhante para diminuir a condutividade térmica. Os espaçadores de nylon também têm a função de isolar as peças de alumínio dos três eixos de montagem de aço inox, evitando-se corrosão por efeito de pilha. (Squitter Meteorologia e Hidrologia, 2018).

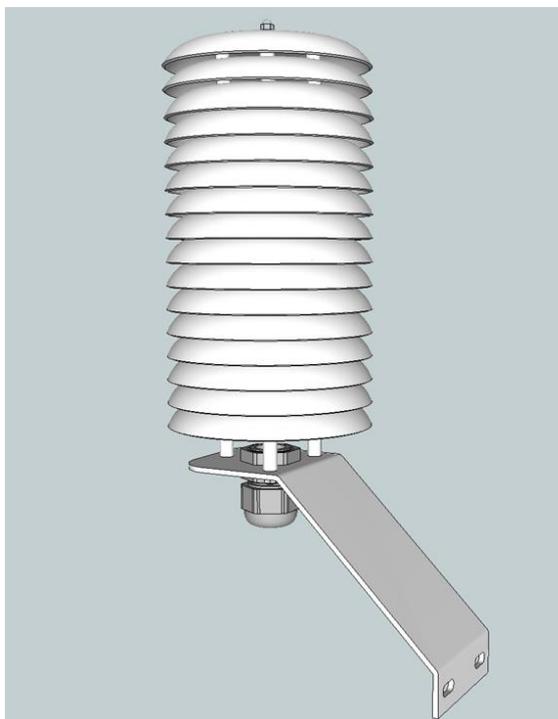


Figura 25 – Abrigo Meteorológico Multiplacas da Squitter, modelo S2160-1640 com 16 placas

Fonte: Squitter Meteorologia e Hidrologia (2018)

Em cotação realizada em agosto de 2018, os valores médios para os abrigos foram orçados em R\$ 796,00 (setecentos e noventa e seis reais) sem considerar o custo com o frete.

3.2.1.5. Abrigo com tubo de PVC horizontal

O abrigo de PVC rígido no sentido horizontal é o mesmo utilizado por Valin Jr et al. (2016).

O abrigo foi produzido com tubos de PVC rígidos, na cor branca, sendo necessário 0,6m de comprimento no diâmetro de 100mm e 0,5m de comprimento no diâmetro de 75mm. O tubo menor foi revestido na sua face externa por papel aluminizado com o auxílio cola branca, para proteger de possíveis efeitos de radiação térmica. Para centralizar o tubo menor no interior do tubo maior, utilizou-se de parafusos, permitindo que o *datalogger* e sensor ficassem centralizados, com ventilação e protegido de intempéries. (Valin Jr et al., 2016)

Na Figura 26 são apresentados os passos da produção e na Figura 27 esquema ilustrativo em corte do abrigo.



(a)



(b)

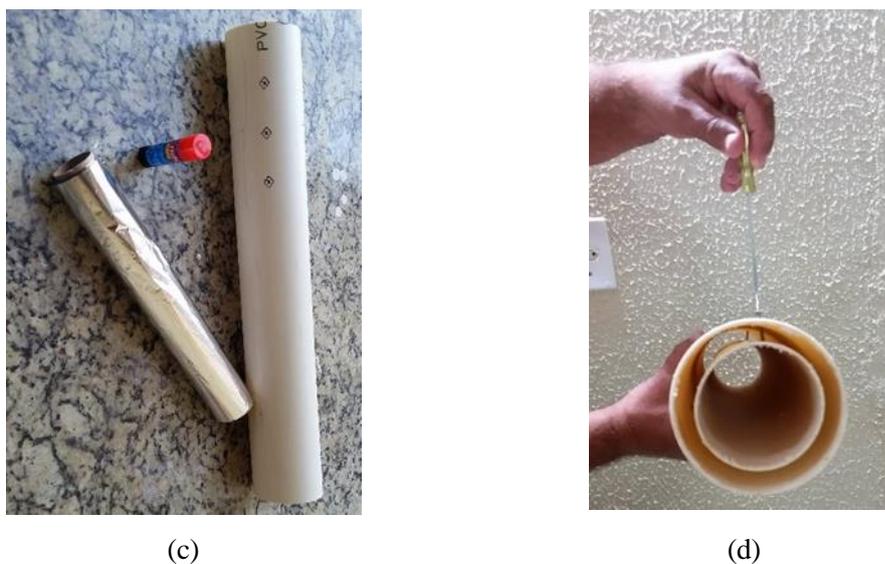


Figura 26 - Preparação do abrigo horizontal: (a) cortando os tubos; (b) tubos nas medidas; (c) material para preparação do tubo de 75 mm; (d) fixação e posicionamento com o auxílio de parafusos

Fonte: Valin Jr et al. (2016)

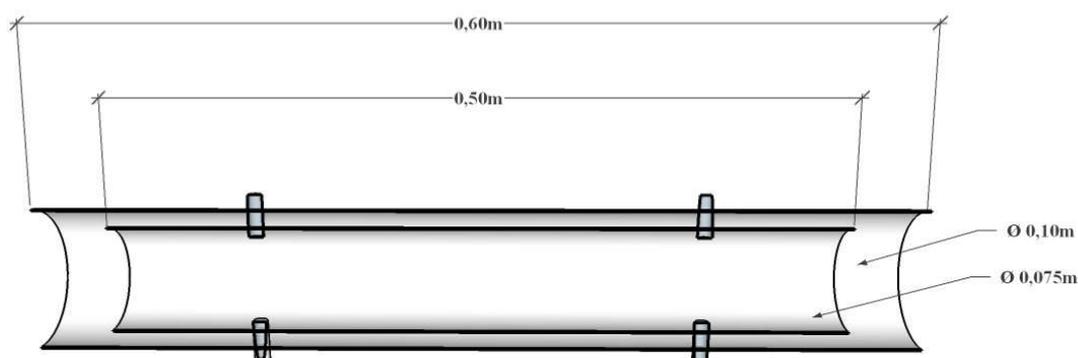


Figura 27 – Dimensões do abrigo horizontal

Fonte: Valin Jr et al. (2016)

O custo com a produção do abrigo foi de R\$ 19,96 (dezenove reais e noventa e seis centavos).

3.2.2. Sensores e datalogger utilizados nos abrigos

Os sensores utilizados foram o do modelo DHT22 (Figura 28 – item a) para medir a temperatura nas escalas de -40 a 125°C e a umidade do ar nas faixas de 0 a 100%. O *datalogger* (Registrador de dados) foi programado em placa

microcontroladora Raspberry Pi 3 (Figura 28 – item b), cujas especificações estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Especificações

Sensor DHT22	Processador Raspberry Pi 3 Modelo B
- Tensão de alimentação: 3 - 5,5VDC;	- Tensão de operação: Micro USB
- Faixa de Corrente: 0,5 ~ 2,5mA;	5V/2A;
- Sinal de saída digital (single-bus);	- SoC: Broadcom BCM2837 64bits;
- Período de detecção: 2s;	- Arquitetura: Quad-core ARMv8
- Faixa de operação de umidade: 0 ~ 100%;	Cortex-A53;
- Precisão de Umidade: 2% RH;	- Velocidade: 1.2GHz;
- Faixa de operação da temperatura: -40 a 125° Celsius;	- Memória: 1Gb
- Precisão de Temperatura: 0, 20°C;	- GPU: Broadcom VideoCore IV 3M (400 MHz);
- Dimensões totais (CxLxA): 36,5x15,2x9,4mm;	- Adaptador Wifi 802.11n Wireless LAN: integrado;
	- Bluetooth 4.1 BLE: integrado;
	- Dimensões (CxLxA): 85x56x17mm;

Na proposta desta pesquisa com transecto é imprescindível a utilização do Módulo GPS + Antena (Figura 28 – item c), para o registro de cada coordenada relacionada com a temperatura e umidade registrada. O equipamento utilizado é do modelo: GY-GPS6MV2 Ublox, Tensão de trabalho: 3,3 a 5V DC, Interface serial de 3,3V, Taxa de transmissão padrão: 9600, Dimensões do módulo (CxLxA): 30x23x4mm e Dimensões da antena (CxLxA): 25x25x8mm.

O módulo GPS funciona em conjunto com a plataforma microcontroladora, informando ao Arduino, se for o caso, a localização exata de determinado objeto em que o módulo GPS esteja instalado, enviando dados referentes a latitude e longitude, data, hora e velocidade de deslocamento. (Usina Ind. Comércio e Importação, 2018)

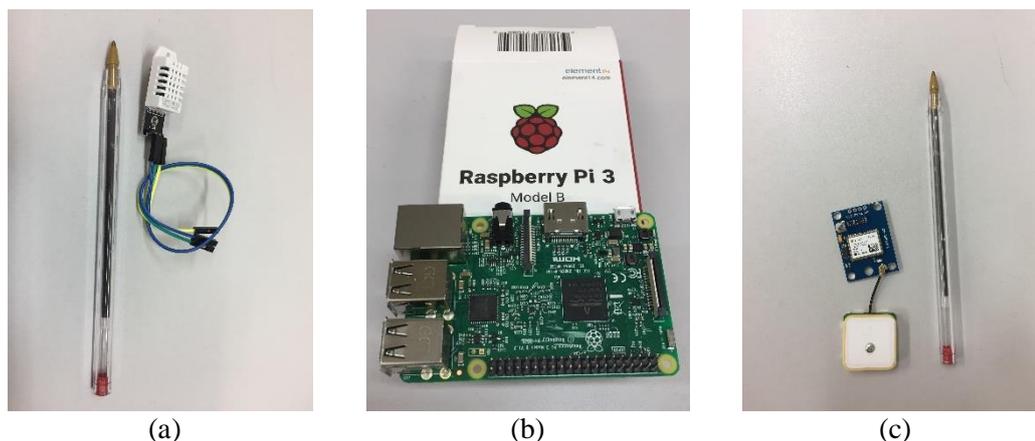


Figura 28 - Componentes utilizados: (a) Sensor DHT22 6; (b) Processador Raspberry Pi 3 6; (c) GPS 6

Para elaboração do *Datalogger* também foram utilizados os seguintes componentes:

- a) Conversor Analógico Digital 12 Bits ADC: Modelo ADS1015; Tensão de operação: 2V~5.5V, Consumo: 150uA; N. de canais: 4 simples ou 2 diferenciais; Comunicação: I2C; Taxa de amostragem: programável de 8sps à 860sps; Dimensões (CxLxE): 25,7x9x2.5mm; Peso: 1g.

O Conversor Analógico Digital ADS1015, internacionalmente conhecido por ADC, é um pequeno dispositivo digital capaz de realizar a conversão de sinais analógicos em sinais digitais quando aplicado em projetos com microcontroladores sem conversor integrado ou quando busca-se maior precisão ADC. (Usina Ind. Comércio e Importação, 2018)

- b) Módulo Display OLED": Interface: SPI; Tensão: 3,3 a 5V; Resolução: 128x64 pixels; Tela: 0,96"; Dimensões (CxLxA): 28x28x12mm; Dimensões da tela (CxL): 27x15mm; Peso: 3,4g.
- c) Módulo Relógio Tempo Real RTC Compacto - DS1307: Tensão de trabalho externa: 5V; Armazenamento de memória: 24C32 EEPROM I2C 32K; Memória RAM não volátil: 56 bytes; Protocolo de acesso I2C; Dimensões (CxLxA): 28x27x6,1mm; Peso: 3g.

Com o crescente desenvolvimento de projetos de automação, por exemplo, através das placas microcontroladoras: Arduino, AVR, PIC, ARM, são necessários acessórios para dar as placas diferentes funcionalidades e aperfeiçoamentos. O Módulo Relógio Tempo Real (RTC) - DS1307 é um módulo compacto que possui a capacidade de calcular precisamente o tempo, realizando a contagem exata dos

segundos, minutos, horas, bem como, dos dias, semanas, meses e anos.
(Usina Ind. Comércio e Importação, 2018)

- d) Bateria CR2032 3V de Lithium / Pilha CR2032 – GoldenPower;
- e) Cartão de Memória: Marca: SanDisk; Modelo: SDSQUNB-016G-GN3MN; Tipo: MicroSDHC; Capacidade: 16GB; Classe: 10; Velocidade: taxa de leitura até 48 MB/s.
- f) Cabo chato 4 vias;
- g) Conectores e keystone RJ11.

Os programas foram escritos na linguagem Python. Os scripts são iniciados automaticamente na inicialização do Raspberry Pi, através de um agendamento de tarefas do sistema operacional Linux. Para a visualização e monitoramento instantâneo foi integrado um Display para facilitar o processo de operação (Figura 29 -item a). Considerando as especificidades da utilização em transecto móvel, os sensores são conectados ao *datalogger* por meio de conectores RJ11 (Figura 29 - item b).

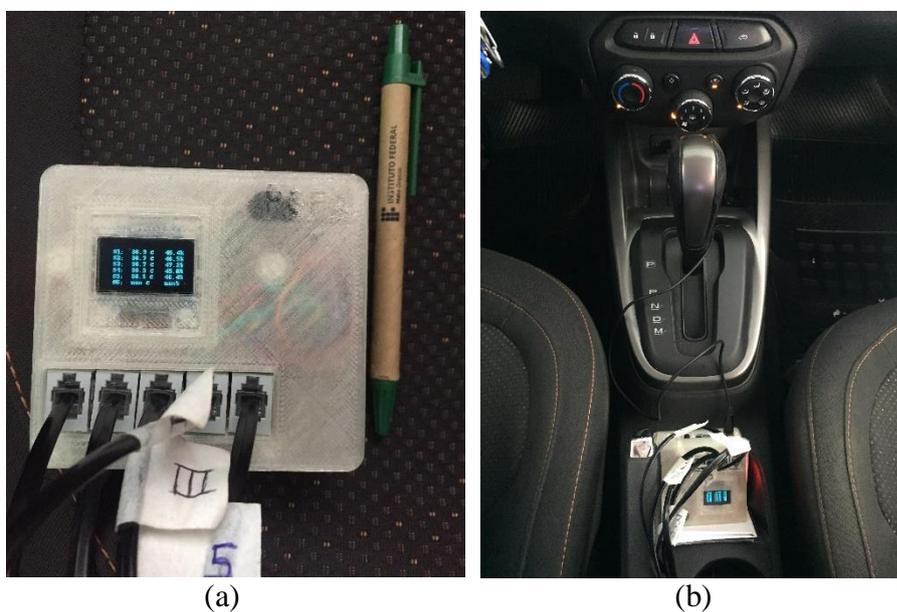


Figura 29 - Datalogger: (a) detalhe do visor; (b) Posicionamento no veículo com alimentação na porta USB

3.2.2.1 Calibração dos sensores

Os sensores foram calibrados para conferência das medidas, sendo que foram ligados nas mesmas configurações e condições ambientais com um sensor padrão calibrado, o do modelo HOBO U12-012, de fabricação da Onset Compter Corporation.

O gráfico da Figura 30 apresenta os valores obtidos na leitura inicial de Temperatura do ar (antes da calibração), demonstrando que todos os sensores divergem do sensor padrão.

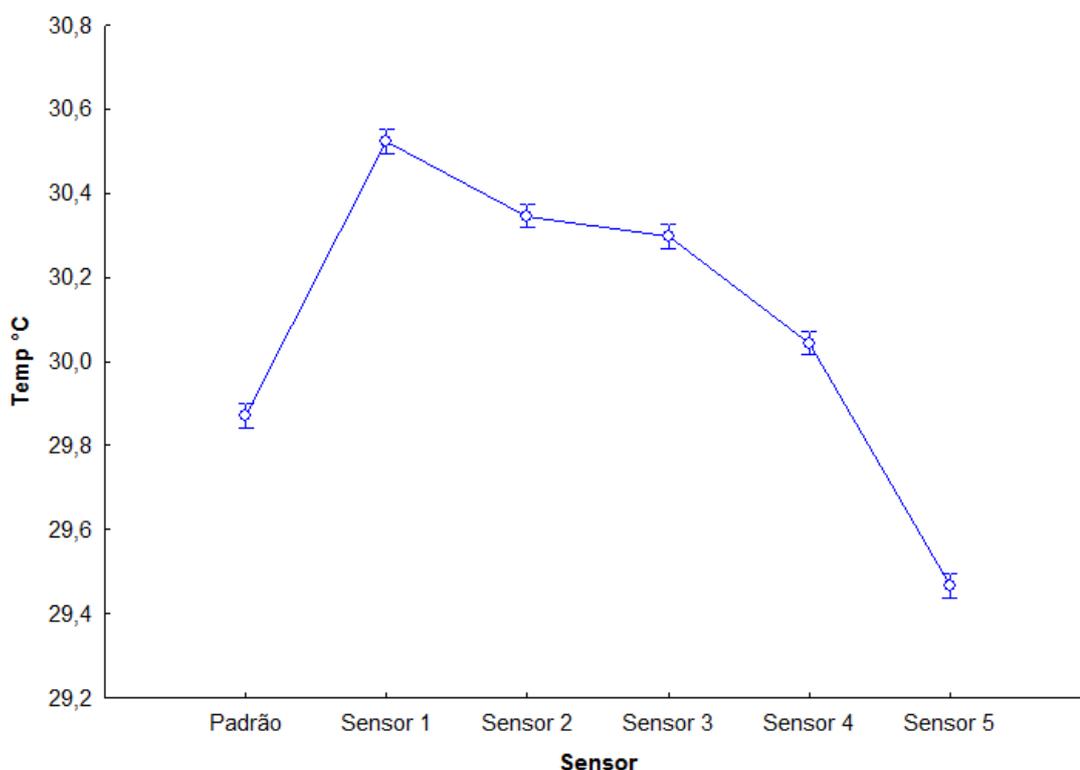


Figura 30 - Intervalo de confiança dos sensores para Temperatura

Em números o gráfico fica como apresentado na Tabela 4. As colunas apresentam da esquerda para direita: identificação do sensor, temperatura média, erro padrão, limites inferior e superior dos intervalos de confiança e quantidade de dados para cada estimativa.

Tabela 4 - Intervalo de confiança dos sensores para temperatura

Sensor	Temp. °C Média	Temp. °C Erro Padrão	Temp. °C (- 95,00%)	Temp. °C (+95,00%)	N
Padrão	29,87	0,015	29,84	29,90	1850
Sensor 1	30,52	0,015	30,50	30,55	1850
Sensor 2	30,35	0,015	30,32	30,37	1850
Sensor 3	30,30	0,015	30,27	30,33	1850
Sensor 4	30,04	0,015	30,02	30,07	1850
Sensor 5	29,47	0,015	29,44	29,49	1850

O sensor 1 é o que mais diferiu do sensor padrão e o sensor 4 é o que está mais próximo (apenas 0,17 graus Celsius de diferença).

O erro padrão apresentado é puramente o desvio padrão (métrica de dispersão dos dados em torno da média) dividido pela raiz quadrada do N amostral, ou seja, é uma relação: dispersão de dados / tamanho da amostra. Em estatística há o pressuposto de que existe uma média real na população, e as amostras coletadas tentam inferir essa média. No caso, evidencia que a média na amostra por sensor, está próxima da média "real" da população, sendo um erro padrão baixo como o de 0,015 indica que as médias dos sensores são muitíssimo próximas da média "real".

Para verificar a significância das diferenças entre os sensores, foi então aplicado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, apresentado na Tabela 5, sendo comprovado que as diferenças eram significativas ($p < 0,001$), porém esse teste só mostra que há diferenças, mas não aponta onde está a diferença.

Tabela 5 - Teste de Kruskal Wallis para Temperatura

Sensor Kruskal-Wallis test: $H(5, N=11100) = 2342,616$ $p < 0,001$			
	Code	Valid - N	Sum of - Ranks
Padrão	101	1850	8378927
Sensor 1	102	1850	13740885
Sensor 2	103	1850	12296820
Sensor 3	104	1850	11841186
Sensor 4	105	1850	9774132
Sensor 5	106	1850	5578601

Para ver exatamente quais sensores diferem e quais são iguais (só se faz quando o primeiro teste for significativo para apontar onde estão as diferenças encontradas pelo primeiro teste) foi realizado o teste de Comparações Múltiplas, que mostra que apenas o sensor 2 e o sensor 3 concordavam entre si (não diferem

estatisticamente entre si) todos os demais diferem uns dos outros conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparações múltiplas após Teste de Kruskal Wallis para Temperatura
Multiple Comparisons p values (2-tailed); $H(5, N=11100) = 2342,616$ $p = 0,000$

	Padrão - R:4529,1	Sensor 1 - R:7427,5	Sensor 2 - R:6646,9	Sensor 3 - R:6400,6	Sensor 4 - R:5283,3	Sensor 5 - R:3015,5
Padrão	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sensor 1	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sensor 2	<0,0001	<0,0001	-	0,2911	<0,0001	<0,0001
Sensor 3	<0,0001	<0,0001	0,2911	-	<0,0001	<0,0001
Sensor 4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001
Sensor 5	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-

Com base nos testes realizados, ficou comprovada a necessidade da calibração para os dados da temperatura, constando na Tabela 7 a avaliação dos valores médios dos sensores, assim temos na diferença do sensor padrão para os demais a calibração de cada um no que concerne à temperatura.

Tabela 7 - Calibração dos valores de Temperatura

Sensor	Temp (°C) Média	Diferença do Sensor Padrão
Padrão	29,87	0
Sensor 1	30,52	- 0,65
Sensor 2	30,35	- 0,48
Sensor 3	30,30	- 0,43
Sensor 4	30,04	- 0,17
Sensor 5	29,47	+ 0,40

Assim, o Sensor 1 deve ser calibrado com a subtração de 0,65 aos valores, o Sensor 2 de 0,48, o Sensor 3 de 0,43, o Sensor 4 de 0,17 e para Sensor 5 deve-se somar 0,4 nas medidas.

3.2.2.2 Calibração dos sensores – Umidade relativa (%)

O gráfico da Figura 31 apresenta os valores obtidos na leitura inicial da Umidade Relativa do Ar (antes da calibração), demonstrando que todos os sensores divergem do sensor padrão.

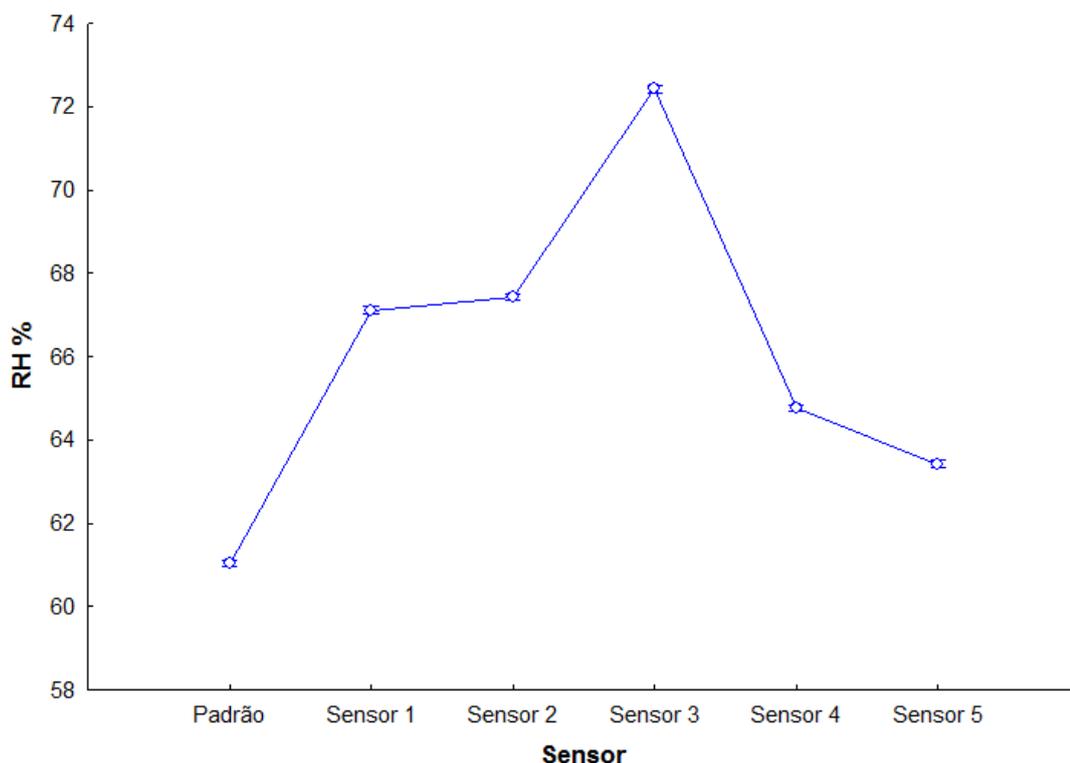


Figura 31 - Intervalo de confiança dos sensores para Umidade Relativa

Em números, o gráfico fica como apresentado na Tabela 8. As colunas apresentam da esquerda para direita: identificação do sensor, temperatura média, erro padrão, limites inferior e superior dos intervalos de confiança e quantidade de dados para cada estimativa.

Tabela 8 - Intervalo de confiança

Sensor	HR % - Média	HR % Erro Padrão	HR % (-95,00%)	HR % (+95,00%)	N
1 Padrão	61,03	0,043	60,94	61,11	1850
2 Sensor 1	67,11	0,043	67,03	67,20	1850
3 Sensor 2	67,43	0,043	67,35	67,51	1850
4 Sensor 3	72,42	0,043	72,34	72,50	1850
5 Sensor 4	64,76	0,043	64,68	64,85	1850
6 Sensor 5	63,42	0,043	63,33	63,50	1850

Para umidade relativa, o Sensor 3 é o que mais difere do sensor padrão, sendo o Sensor 5 o mais próximo.

O teste de Kruskal Wallis, Tabela 9, mostra que as diferenças entre os valores de umidade são significativas ($p < 0,001$).

Tabela 9 - Teste de Kruskal Wallis para Umidade Relativa
 Sensor Kruskal-Wallis test: $H(5, N=11100) = 8714,587$ $p < 0,001$

	Code	Valid - N	Sum of - Ranks
Padrão	101	1850	2631502
Sensor 1	102	1850	12585925
Sensor 2	103	1850	13154833
Sensor 3	104	1850	18739134
Sensor 4	105	1850	8578467
Sensor 5	106	1850	5920691

O teste a posteriori de Comparações Múltiplas mostra que apenas o sensor 1 e o sensor 2 concordam entre si, todos os demais diferem uns dos outros conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Comparações múltiplas após Teste de Kruskal Wallis para Umidade Relativa

Multiple Comparisons p values (2-tailed); $H(5, N=11100) = 8714,587$ $p < 0,001$						
	Padrão R:1422,4	Sensor 1 R:6803,2	Sensor 2 R:7110,7	Sensor 3 R:10129,0	Sensor 4 R:4637,0	Sensor 5 R:3200,4
Padrão	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sensor 1	<0,0001	-	0,05272	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sensor 2	<0,0001	0,0527	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sensor 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001
Sensor 4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001
Sensor 5	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-

Com base nos testes realizados ficou comprovada a necessidade da calibração para os dados da umidade relativa, sendo na Tabela 11 a avaliação dos valores médios dos sensores, assim temos na diferença do sensor padrão para os demais a calibração de cada um no que concerne à Umidade Relativa.

Tabela 11 - Calibração dos valores de Umidade Relativa

Sensor	HR % - Média	Diferença para o Sensor Padrão
Padrão	61,03	0
Sensor 1	67,11	- 6,08
Sensor 2	67,43	- 6,40
Sensor 3	72,42	- 11,39
Sensor 4	64,76	- 3,73
Sensor 5	63,42	- 2,39

Portanto, o Sensor 1 deve ser calibrado com a subtração de 6,08 aos valores, o Sensor 2 de 6,40, o Sensor 3 de 11,39, o Sensor 4 de 3,73 e para sensor 5 de 2,39 nas medidas.

3.2.3. Instalação dos abrigos

Os abrigos confeccionados (Figura 32) foram fixados em uma régua metálica e posicionados em cima do carro com o auxílio de suportes. A distância entre eixos dos abrigos é de 0,3m conforme Figura 33 e Figura 34.

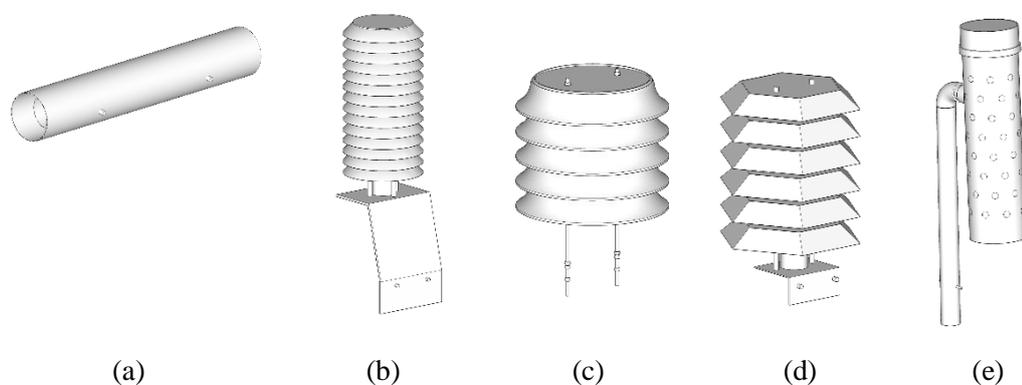


Figura 32- Abrigos utilizados: horizontal (a), comercial (b), pratos plásticos (c), impressora 3D (d) e vertical (e)

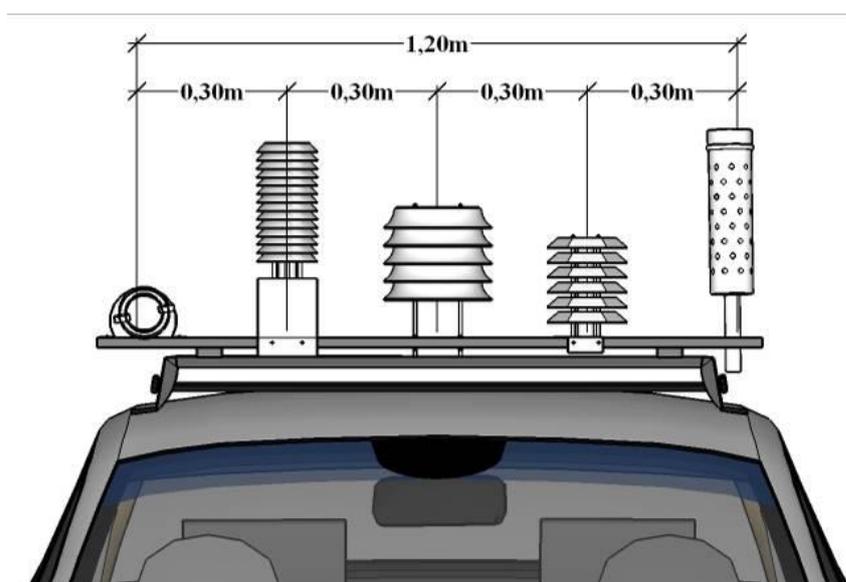


Figura 33 - Posicionamento dos abrigos no veículo - frontal



Figura 34- Posicionamento dos abrigos no veículo - lateral

Os abrigos fixos na régua possibilitam a fácil colocação e remoção para a realização dos transectos (Figura 35).



(a)

(b)

Figura 35 - Colocação da régua no rack

A régua com os abrigos é fixada no rack de teto (bagageiro tipo travessa) do veículo com o auxílio de grampos tipo C, também chamados de “sargento”, ferramenta comum em marcenaria (Figura 36).

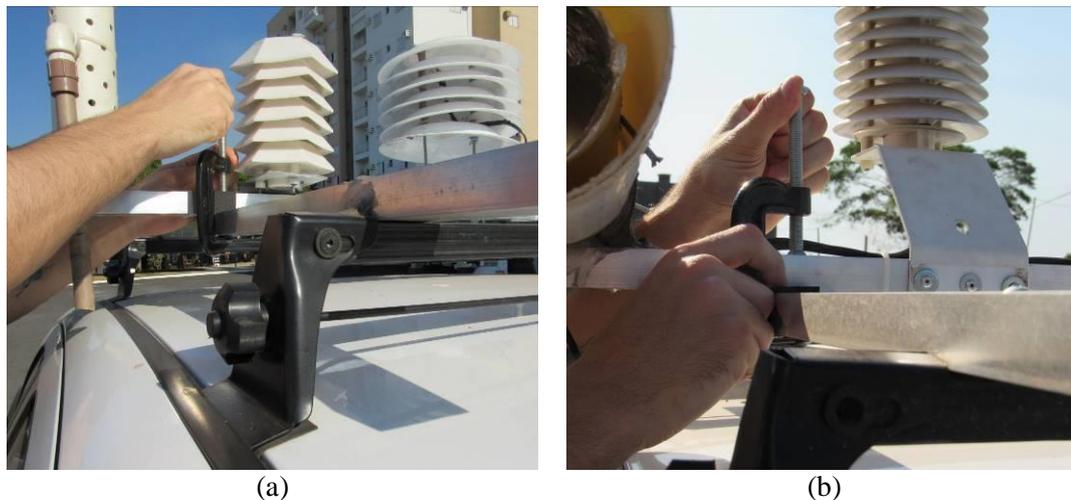


Figura 36- Fixação da régua com auxílio de grampo sargento

A velocidade do veículo durante o percurso foi constante na maior parte do tempo em 30km/h (Figura 37), com variações em curvas, semáforos, faixas de pedestres, trânsito intenso ou outras situações, porém nunca ultrapassando o limite de 30 km/h.



Figura 37 - Velocidade constante de 30km/h

Sabendo que 30km/h é uma velocidade baixa para avenidas e ainda que os equipamentos chamam a atenção de populares durante o trajeto, para evitar qualquer

tipo de aborrecimento que pudesse atrapalhar o andamento da pesquisa, optou-se em realizar a identificação do veículo nos horários dos transectos através de manta magnética adesivada* nas portas e na traseira (Figura 38– item a) com a identificação da pesquisa e logomarcas da Universidade e do Programa de Pós-graduação (Figura 38– item b).



Figura 38 – (a) Identificação do veículo com adesivo e (b) detalhe da manta magnética adesivada

3.2.4. Área de estudo do transecto

O estudo foi desenvolvido no município de Cuiabá-MT, situado na região Centro-Oeste do Brasil a 15°35'46", latitude Sul e 56°05'48" de longitude Oeste, com altitude média inferior a 200 m acima do nível do mar. Possui uma área de 3.538,17km², correspondendo 254,57km² à macrozona urbana e 3.283,60km² à área rural.

O perfil climático é o tropical continental semi-úmido do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com quatro a cinco meses secos (maio a setembro) e máximas diárias de temperatura que oscilam entre 30°C e 36°C, apresentando duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão) (Santos, 2012).

A área do estudo está ilustrada na Figura 39.

* A impressão foi realizada em vinil adesivo de alta durabilidade, resistente a água, sol, chuva, aplicada em manta magnética de espessura 0,08 mm específica para veículos.

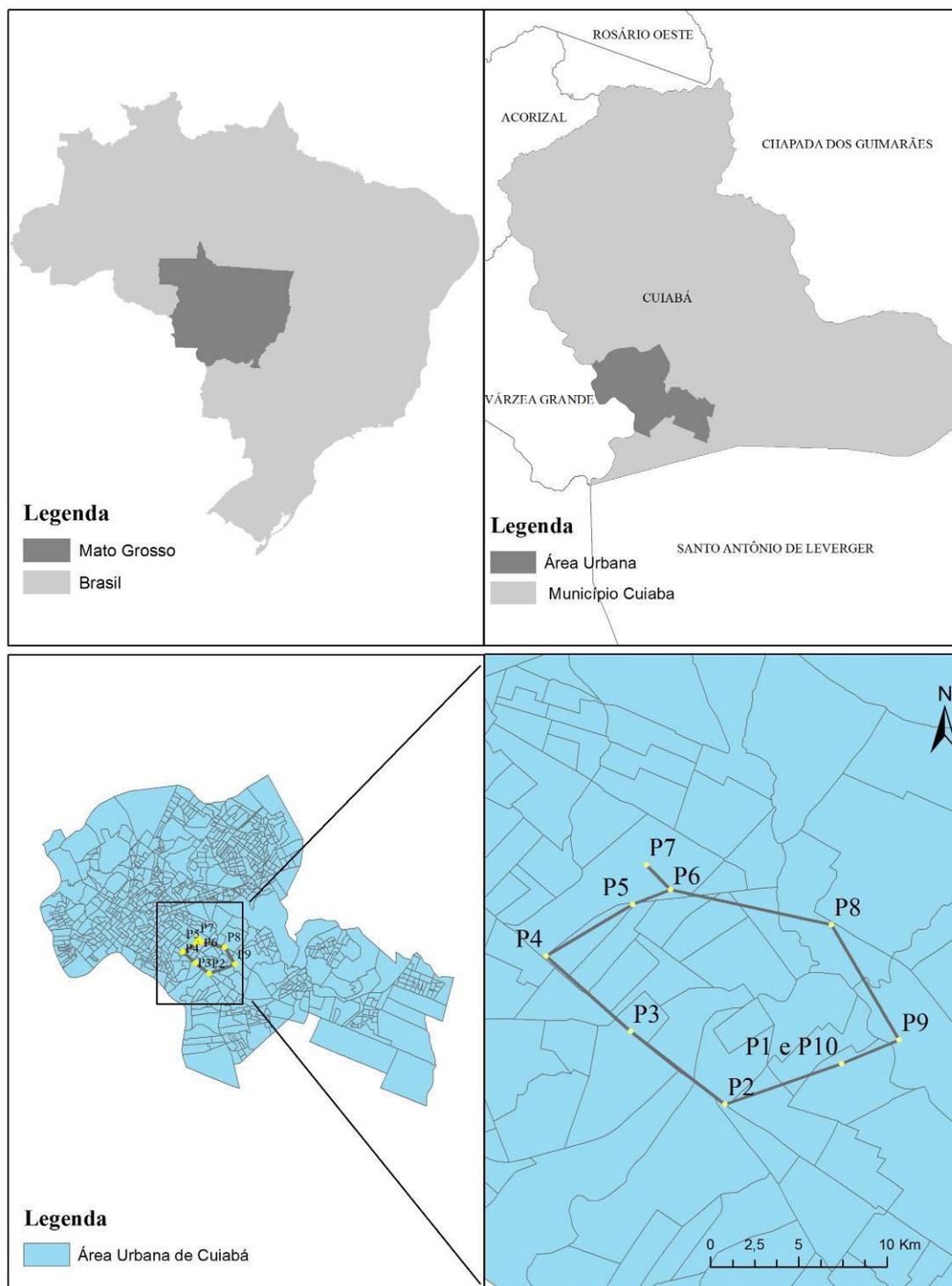


Figura 39 - Mapa de localização da área de estudo

3.2.5. Realização das medições / transectos

A metodologia para a coleta de temperatura e umidade relativa do ar consistiu na utilização de transectos móveis nos horários das 08h, 14h e 20h (e no horário brasileiro de verão as 09h, 15h e 21h) em veículo automotor, que realizados 3 dias por mês (para cada período, mas não necessariamente as 3 medições no mesmo dia) durante 1 ano, conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Período de medição

Mês	Dias	Estação	Período
Novembro / 2017	15, 20 e 23	Primavera	Quente-úmido
Dezembro / 2017	12	Primavera	Quente-úmido
Dezembro / 2017	27 e 28	Verão	Quente-úmido
Janeiro / 2018	16, 18, 23, 24, 25 e 26	Verão	Quente-úmido
Fevereiro / 2018	05, 06, 14, 16, 21, 26 e 28	Verão	Quente-úmido
Março / 2018	2, 6, 9 e 12	Verão	Quente-úmido
Abril / 2018	9, 10, 23, 24 e 25	Outono	Quente-seco
Mai / 2018	8, 9, 10, 14, 15, 25 e 30	Outono	Quente-seco
Junho / 2018	11, 12 e 19	Outono	Quente-seco
Junho / 2018	20	Inverno	Quente-seco
Julho / 2018	2, 3, 4, 6 e 7	Inverno	Quente-seco
Agosto / 2018	7, 8, 10, 13, 14 e 15	Inverno	Quente-seco
Setembro / 2018	3, 4, 5, 10 e 11	Inverno	Quente-seco
Outubro / 2018	1, 2, 3, 4 e 5	Primavera	Quente-úmido

Foram definidos 10 pontos pré-fixados, conforme Figura 40 e Tabela 13, de maneira a selecionar locais com urbanização média ocupação (bairros com praças), alta ocupação (avenida movimentada) e sem ocupação na vegetação.

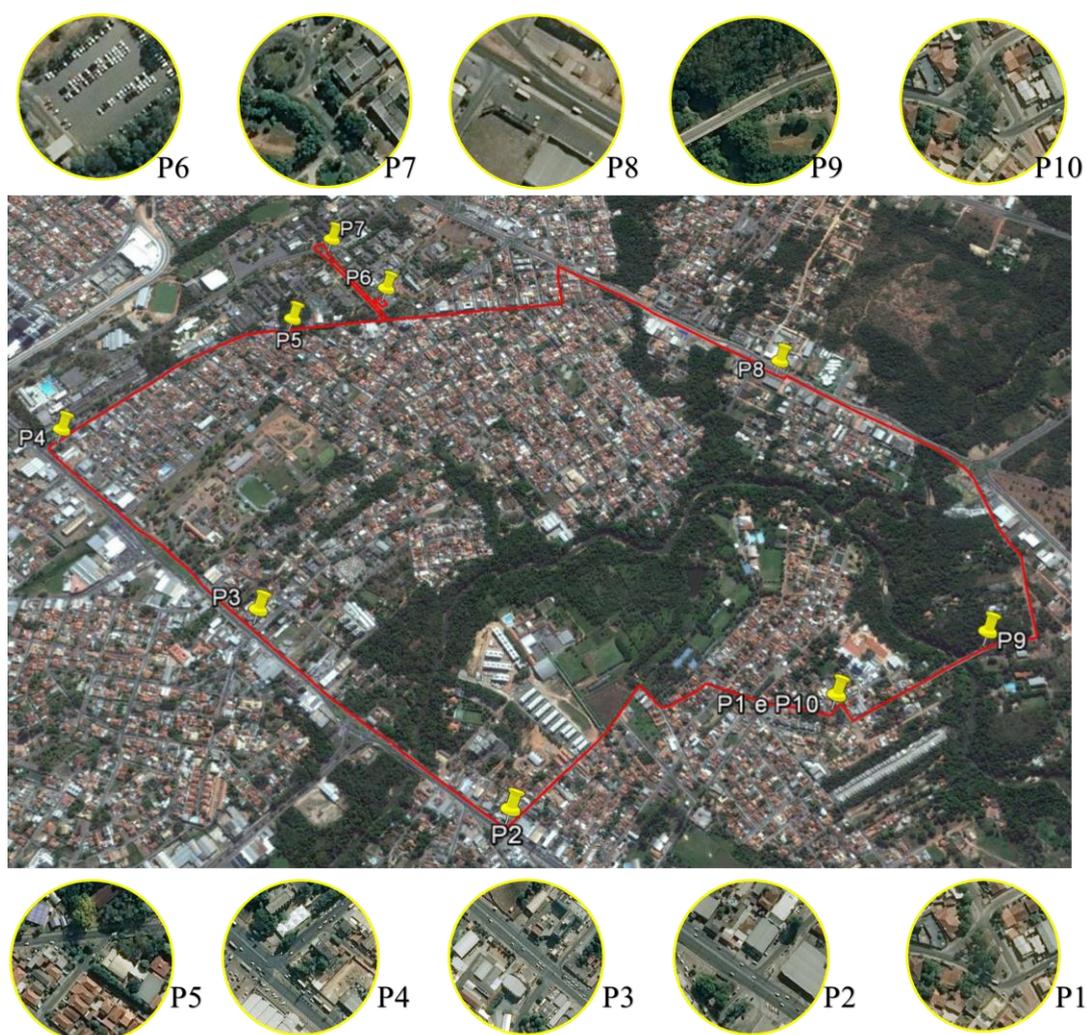


Figura 40 - Mapa com os pontos do transecto

O trajeto entre o ponto inicial e o final, que são o mesmo local, teve um perímetro de 8,9km

Tabela 13 - Pontos fixos de análise

Pontos	Descrição	Latitude	Longitude
P1 e P10	Praça – Rua dos Buritis, Bairro Jardim das Palmeiras	-15.623721°	-56.048547°
P2	Farmácia – Rua Alexandre Barros esquina com Av. Fernando Correa da Costa	-15.626987°	56.057352°
P3	Hotel na Av. Fernando Correa da Costa	-15.621572°	-56.064993°
P4	Floricultura – Rua 1 esquina com Av. Fernando Correa da Costa, Bairro Boa Esperança	-15.616044°	-56.070905°
P5	Praça do Colégio Particular – Bairro Boa Esperança	-15.611993°	-56.064587°

Pontos	Descrição	Latitude	Longitude
P6	Estacionamento da Faculdade de Direito - UFMT	-15.610796°	-56.061715°
P7	Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – UFMT	-15.608916°	-56.063545°
P8	Loja de Eletrodomésticos – Estrada do Moinho	-15.613467°	-56.049612°
P9	Cabeceira da Ponte Eucaliptos – Rua dos Eucaliptos	-15.622185°	-56.044529°

As leituras dos sensores e da localização do GPS foram configuradas para serem registradas de maneira contínua e automatizada no *datalogger* a cada 10 segundos, sendo então que o veículo ficava parado em cada ponto fixo por 2 minutos e os dados do primeiro minuto de cada ponto descartados (tempo prudente para estabilização) para evitar possíveis interferências da ventilação forçada do carro em movimento.

Também foram coletados dados com o veículo em movimento entre os pontos fixos, os trajeto, representados conforme Tabela 14.

Tabela 14 – Trajeto entre Pontos

Trajeto	Ponto de Origem	Ponto de Destino
P1P2	P1	P2
P2P3	P2	P3
P3P4	P3	P4
P4P5	P4	P5
P5P6	P5	P6
P6P7	P6	P7
P7P8	P7	P8
P8P9	P8	P9
P9P10	P9	P10

Para melhor entender os resultados da temperatura e umidade relativa do ar, tem-se os mapas temáticos com a quantificação da cobertura do solo, juntamente com a legenda de cores utilizadas na seleção das categorias de cobertura de área, demonstrando que os pontos são locais bem distintos entre eles.

O ponto 1 – “P1” (Figura 41 e Figura 42) está localizado na rua dos Buritis, entre uma praça arborizada e residências, no bairro denominado Jardim das Palmeiras, e em direção ao ponto 2 o trajeto “P1P2” passa pelo bairro Chácara dos

Pinheiros, também ocupado por residências, um clube e um colégio particular, ambos com grande área de mata ciliar.



Figura 41 - Carro parado no Ponto 1: (a) vista traseira; (b) vista lateral

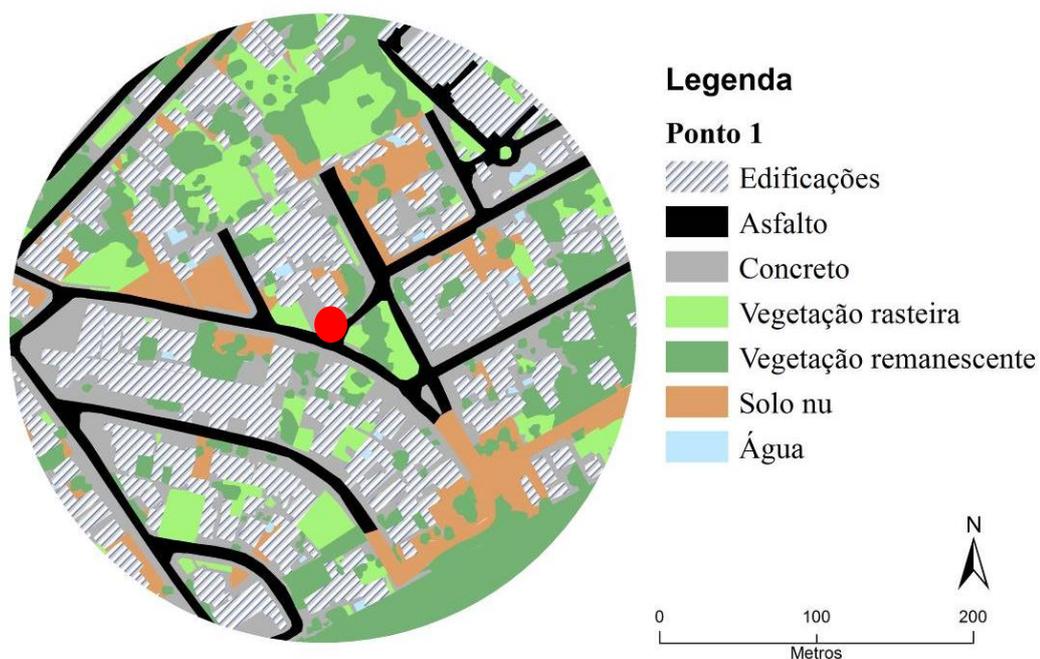


Figura 42 - Classificação da cobertura do solo no ponto 1

O ponto 2 – “P2” (Figura 43 e Figura 44), distante 1,20Km do anterior, está localizado na Av. Fernando Corrêa da Costa, esquina com a Rua Alexandre Barros. Caracteriza-se por uma avenida muito movimentada, sendo que o veículo era estacionado na calçada de um comércio.



Figura 43- Carro parado no Ponto 2: (a) vista traseira; (b) vista lateral

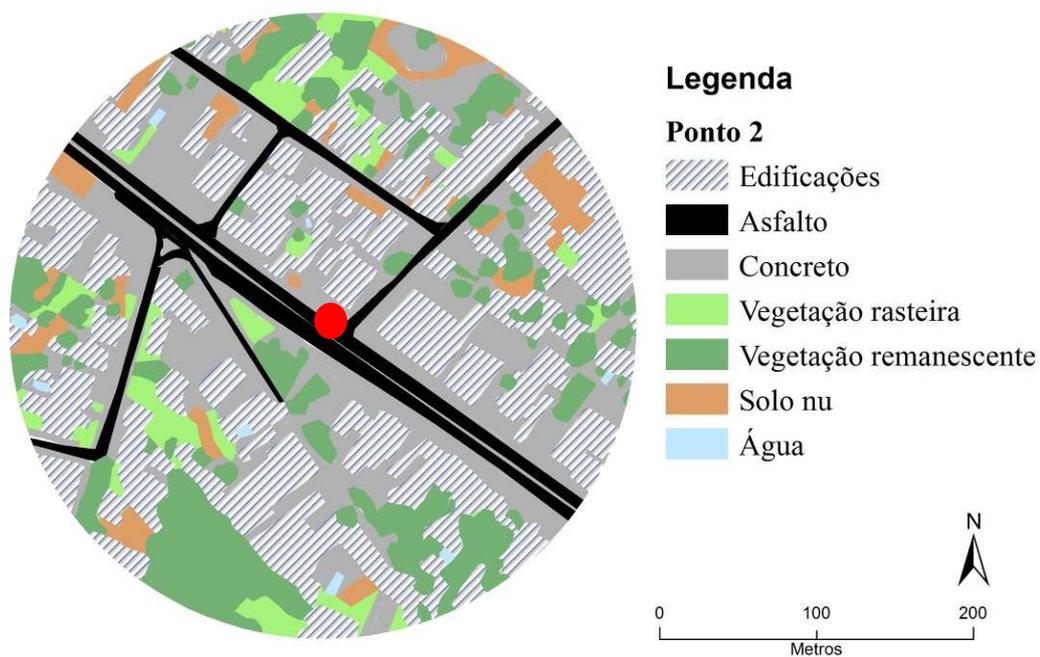


Figura 44 -Classificação da cobertura do solo no ponto 2

O Ponto 3 – “P3” (Figura 45 e Figura 46) está localizado na mesma avenida, distante 1km do ponto anterior. O trajeto “P2P3” atravessa uma ponte sobre o Rio Coxipó com área de mata ciliar. O carro ficava estacionado na calçada de um hotel, em frente à Paróquia Nossa Senhora da Guia.



Figura 45- Carro parado no Ponto 3: (a) vista traseira; (b) vista lateral

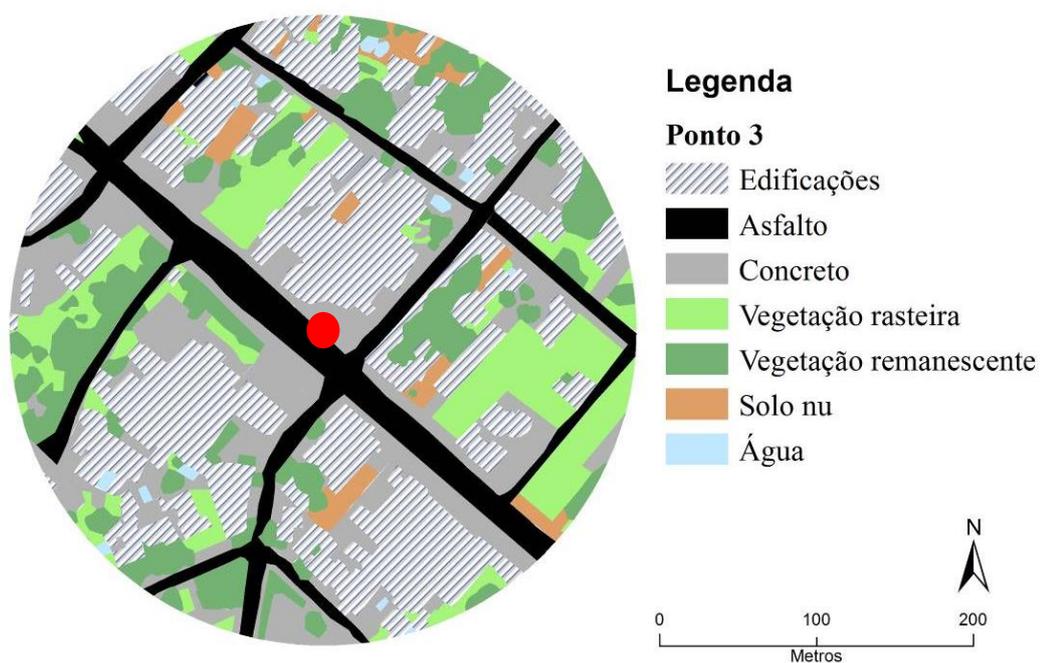


Figura 46 - Classificação da cobertura do solo no ponto 3

O Trajeto “P3P4” seguiu em linha reta pela Avenida. O Ponto 4 – “P4” (Figura 47 e Figura 48), distante 1km do anterior, fica localizado na Rua 1, esquina com a Avenida Fernando Corrêa da Costa, no Bairro Boa Esperança. O local é ocupado de comércio e na outra margem pela UFMT, sendo um cruzamento de trânsito intenso.



Figura 47- Carro parado no Ponto 4: (a) vista traseira; (b) vista lateral

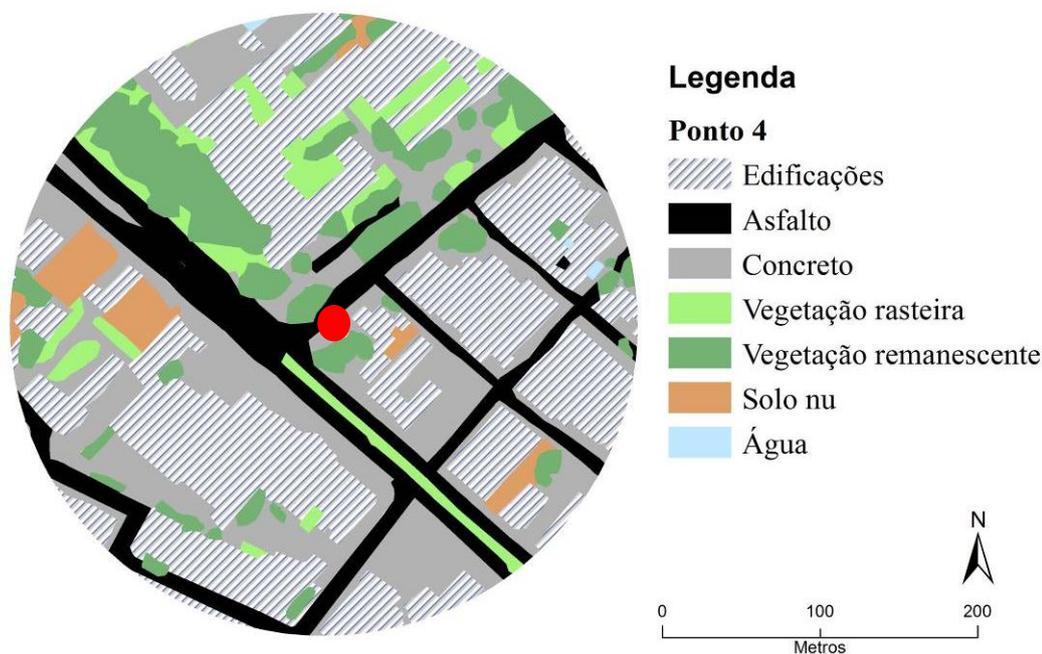


Figura 48 - Classificação da cobertura do solo no ponto 4

O Ponto 5 – “P5” (Figura 49 e Figura 50) fica localizado na Rua 3 do Bairro Boa Esperança, em frente a um colégio particular de educação infantil e uma praça, ficando há 0,9km do ponto anterior.

Os trajetos “P4P5” e o “P5P6” na margem esquerda ocupados pela UFMT e na direita por algumas residências e predominantemente comércios que atendem ao público da universidade (papelarias, restaurantes e bares).



Figura 49- Carro parado no Ponto 5: (a) vista traseira; (b) vista lateral

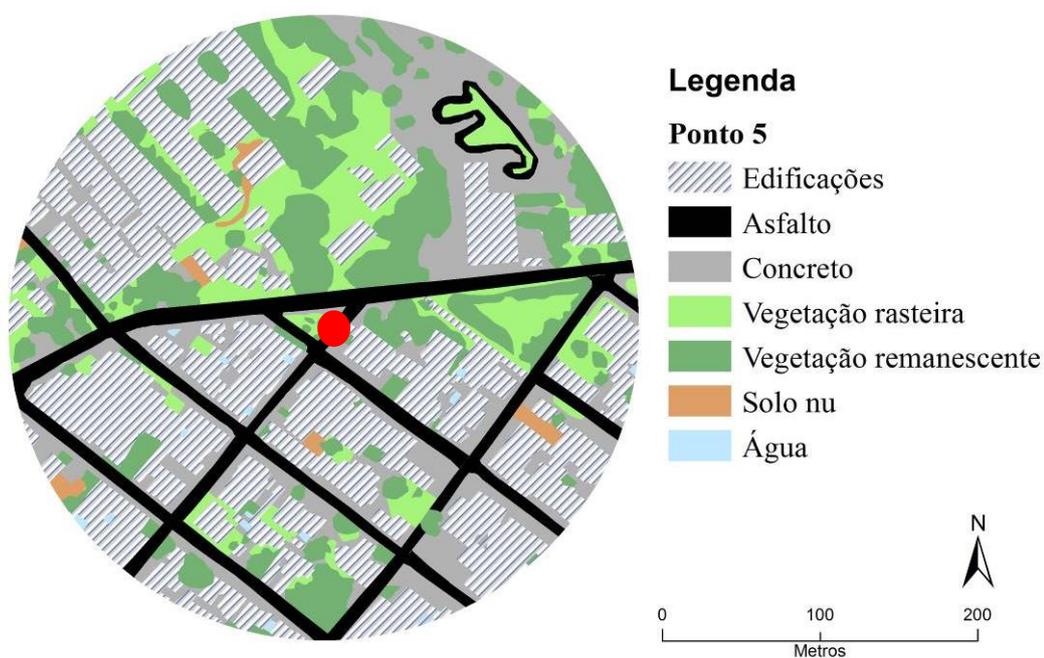


Figura 50 - Classificação da cobertura do solo no ponto 5

O ponto 6 – “P6” (Figura 51 e Figura 52) está localizado dentro da UFMT, no estacionamento existente ao lado da Guarita de entrada pelo bairro Boa Esperança, distante 0,5km do anterior.



(a) (b)
Figura 51- Carro parado no Ponto 6: (a) vista traseira; (b) vista lateral

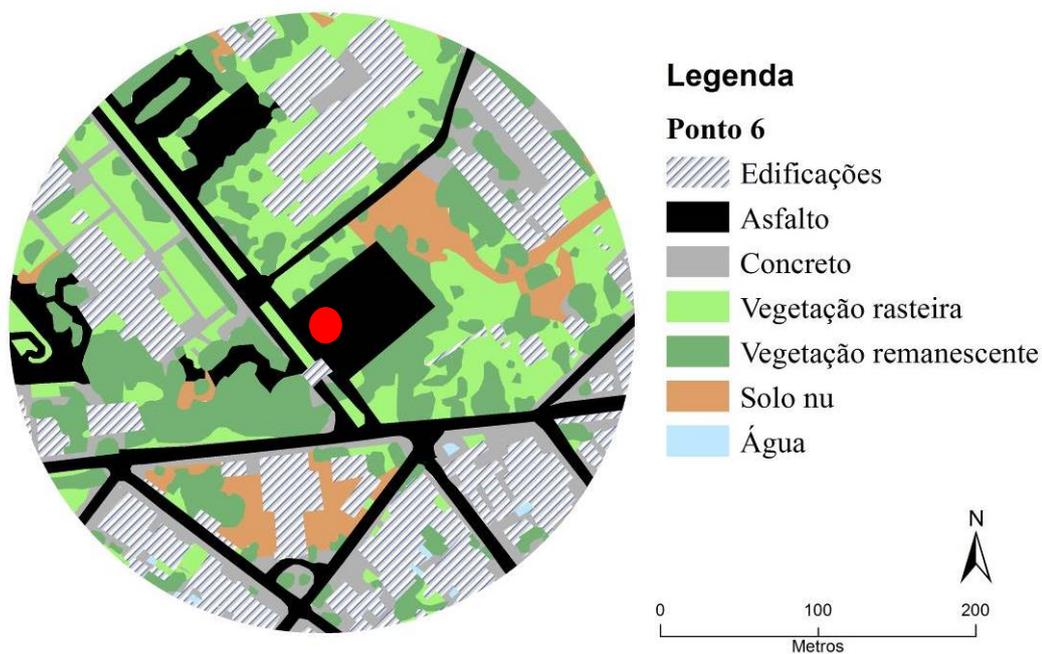


Figura 52 - Classificação da cobertura do solo no ponto 6

O trajeto “P6P7” passa por área dentro da UFMT ocupado pela Biblioteca central, faculdade de Direito e estacionamentos. O ponto 7 – “P7” (Figura 53 e Figura 54) está localizado a 0,3km do anterior, sendo este em frente ao bloco do PGFA, local onde está instalado a estação fixa de referência deste estudo. No local a avenida possui canteiro central com grama e no outro lado o prédio do Teatro da UFMT.



(a) (b)
Figura 53- Carro parado no Ponto 7: (a) vista traseira; (b) vista lateral

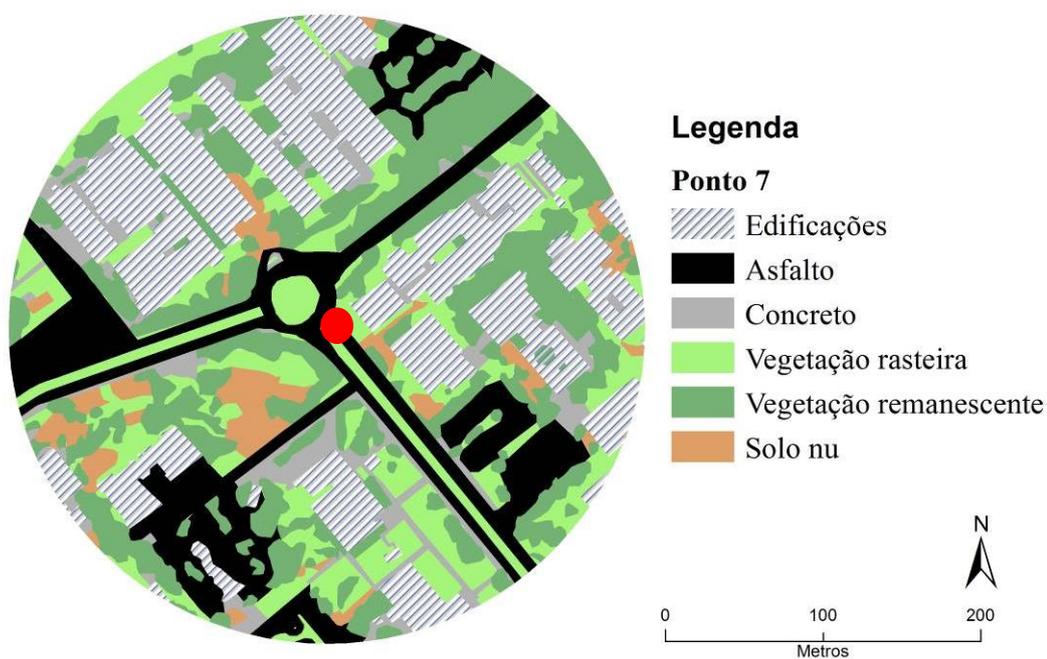
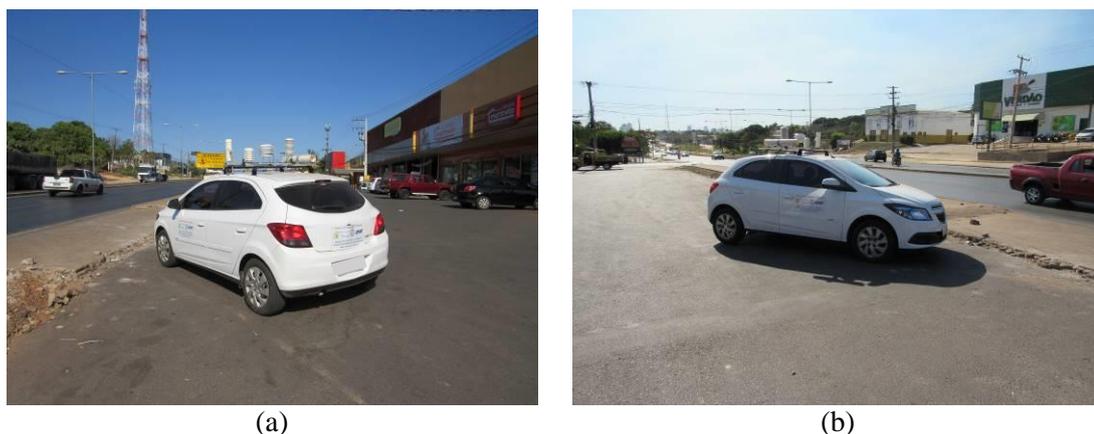


Figura 54 - Classificação da cobertura do solo no ponto 7

O ponto 8 – “P8” (Figura 55 e Figura 56) está localizado no estacionamento de uma Loja de eletrodomésticos, na Av. Jornalista Arquimedes Pereira Lima, conhecida entre os moradores da cidade como Avenida do Moinho, distante 2,1km do anterior, sendo que o trajeto “P7P8” ao sair da UFMT era ocupado majoritariamente por residências no bairro Boa Esperança.



(a) (b)
Figura 55- Carro parado no Ponto 8: (a) vista traseira; (b) vista lateral

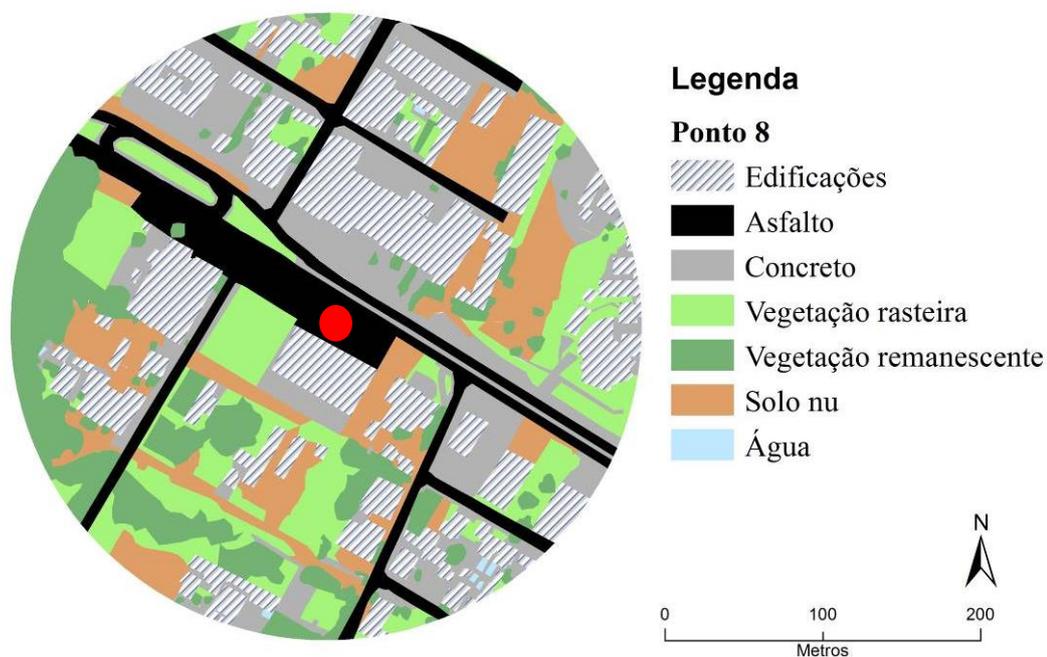


Figura 56 - Classificação da cobertura do solo no ponto 8

O ponto 9 – “P9” (Figura 57 e Figura 58) está localizado na Rua dos Eucaliptos no Jardim das Palmeiras, na cabeceira da ponte sobre o Rio Coxipó, distante 1,45km do anterior, passando neste trajeto “P8P9” pela avenida larga, com comércio distantes uns dos outros, sendo que além do rio também existe densa área de mata ciliar no local com algumas chácaras.



Figura 57- Carro parado no Ponto 9: (a) vista traseira; (b) vista lateral

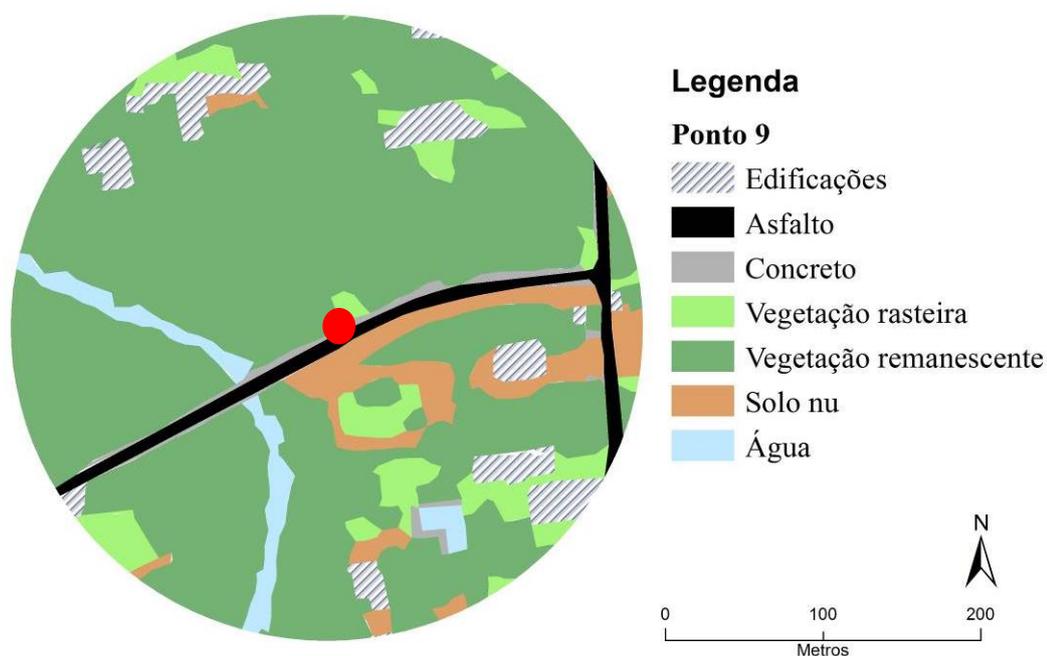
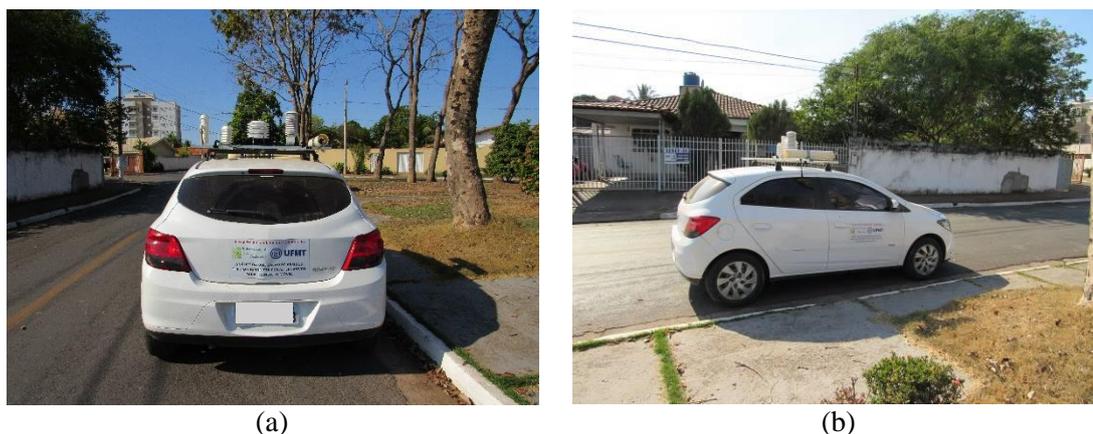


Figura 58 - Classificação da cobertura do solo no ponto 9

O trajeto “P9P10” até o último ponto “P10” além da área de mata ciliar possui algumas residências, porém com trânsito intenso, visto que é uma rota alternativa das avenidas mais movimentadas. O “P10” (Figura 59 e Figura 60) é mesmo local do ponto inicial, mas devido às leis de trânsito o carro ficava no lado oposto da pista.



(a) (b)
Figura 59- Carro parado no Ponto 10: (a) vista traseira; (b) vista lateral

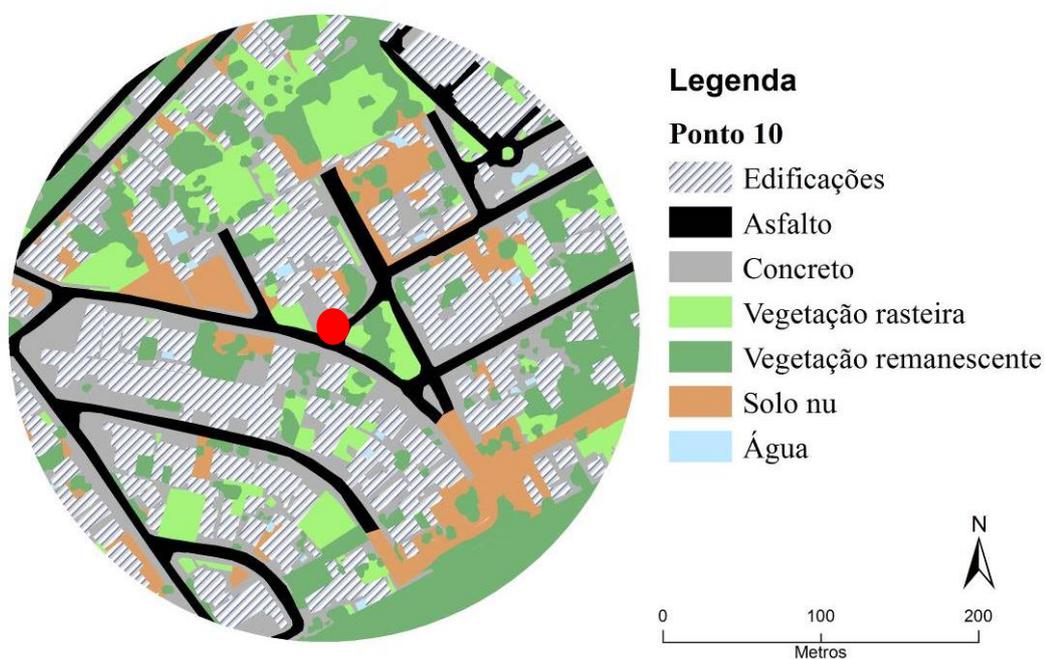


Figura 60 - Classificação da cobertura do solo no ponto 10

Com a classificação da cobertura do solo urbano em cada ponto realizada com base em imagens de satélite com alta resolução, disponibilizadas pelo software Google Earth, estabelecendo um raio de influência de 200 m no entorno de cada ponto, fazendo a classificação supervisionada, utilizando a técnica MAXVER (máxima semelhança), foram elaborados mapas temáticos de acordo com as classes a serem analisadas, sendo que para apresentação dos resultados comparando o desempenho dos abrigos, relacionando os dados de temperatura e umidade relativa

do ar cada ponto fixo, obtém-se o percentual referente a cada classe por pontos, mesma metodologia executada por Paula (2017).

3.2.6. Estação de referência

Como referência de comparação dos dados do transecto, optou-se por uma estação automatizada, sendo o modelo Vantage Pro 2™ da marca Davis (Figura 61), que é composta por conjunto de sensores que reúnem pluviômetro, sensores de temperatura/umidade, velocidade e direção do vento e pressão barométrica.



Figura 61 - Estação automatizada - modelo Vantage Pro 2™
Fonte: Davis Instruments (2018)

A umidade e temperatura do ar foram medidas por um termo-higroanemômetro (mod. 6382, Davis Instruments, USA) operando em intervalos de medição, conforme Tabela 15.

Tabela 15 – Dados de precisão dos sensores da estação automatizada

Sensor:	Vantage Pro 2™
Faixa de medição:	Temperatura do ar: - 40° a 65°C Umidade relativa do ar: 1% a 100%
Acurácia:	Temperatura do ar: ± 0,4°C Umidade relativa do ar: ± 3%
Resolução:	Temperatura do ar: 0,1°C Umidade relativa do ar: 0,5%

A estação automatizada de referência foi instalada próximo ao Ponto 7 do transecto (Figura 62), no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – PGFA, da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT.



Figura 62 - Estação automatizada instalada no Ponto 7 do transecto

3.2.7. Validações

3.2.7.1 Validação da Estação de referência

Para validação da estação de referência PGFA/UFMT, tal como indicado por Paula (2017) foram utilizados os registros obtidos pela Estação Meteorológica Automática do INMET (disponibilizados gratuitamente em tempo real: http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php), sendo os dados da estação “Cuiabá-A901”, código OMM “86705.

Para tal comparação utilizou-se o teste de qui-quadrado de aderência, que compara se os números de ambas as estações de fato diferem estatisticamente, ou se são mensurações similares.

A comparação mostrou que as mensurações concordam entre si para a temperatura e a umidade relativa do ar, ou seja, as estações não diferem estatisticamente quanto as mensurações, conforme Tabela 16.

Tabela 16 - Teste de qui-quadrado de aderência da estação de referência com o INMET

	Chi-Square	df	p
Temperatura	80,92	699	1,00
Umidade	181,39	699	1,00

A afirmação de que as estações não diferem estatisticamente quanto as mensurações é feita de acordo com o p estatístico, sendo que o qui-quadrado é técnica que gerou o p estatístico.

A função deste teste estatístico é mostrar qual a probabilidade de um dado efeito que se manifesta na forma de correlação entre variáveis ou das diferenças serem fruto do acaso, esse valor é o p estatístico. Dito de outra maneira, qual seria a probabilidade da diferença em comparação com os valores de referência serem simplesmente fruto do acaso; se essa probabilidade for grande, quer dizer que na realidade é muito provável que não existam diferenças, elas aparecem apenas na amostra, mas não são reais.

Se o p é maior que 0,05, não há diferenças estatísticas significativas. O qui-quadrado é calculado somando as todas as diferenças, na verdade ele é a somatória de (valor observado - valor de referência) / valor de referência. O qui-quadrado não significa nada sozinho, no entanto, a partir dos graus de liberdade da análise se encontra um p estatístico para ele, e esse p permite concluir categoricamente que não há diferenças significativas, veja que o p não foi apenas um pouco maior que 0,05, ele foi igual a 1, ou seja, há praticamente 100% de chances de as diferenças observadas não refletirem diferenças reais, e sim serem meros artefatos do acaso.

3.2.7.2 Validação dos sensores do Transecto com a Estação de referência

Para validação dos sensores do Transecto, foi utilizado apenas dos dados do Ponto 7 (Figura 62), com os registros da Estação de Referência PGFA/UFMT.

Para tal comparação utilizou-se o teste de qui-quadrado de aderência, que compara se os números dos sensores e da estação de fato diferem estatisticamente, ou se são mensurações similares.

A comparação mostrou que as mensurações concordam entre si para a temperatura e a umidade relativa do ar em todos os sensores, ou seja, os sensores não diferem estatisticamente quanto as mensurações da estação, conforme Tabela 17.

Tabela 17 - Teste de qui-quadrado de aderência dos sensores com a estação de referência

Sensor	Chi-Square Temp.	Chi-Square U.R.	df	p
Sensor 1	11,31	49,42	316	1,00
Sensor 2	8,23	57,27	316	1,00
Sensor 3	10,21	193,33	316	1,00
Sensor 4	15,74	63,89	316	1,00
Sensor 5	21,63	59,80	316	1,00

Vale destacar que nesta fase de validação quando se afirma que os sensores não diferem estatisticamente quanto as mensurações da estação, o que está admitindo é que os dados são homogêneos, ou seja, que se comportam da mesma maneira.

3.2.7. Análise dos dados do transecto

3.2.7.1. Análises estatísticas

Para as análises dos dados obtidos nos sensores procedeu-se com a técnica de Anova Fatorial através de um procedimento de modelo linear geral testando sempre 2 fatores por vez.

Todas as análises foram realizadas considerando os sensores já calibrados.

Os testes foram realizados utilizando-se o software SPSS Statistics versão 22.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados e discussões da pesquisa. As etapas foram assim organizadas:

- a) Identificação de abrigos e procedimentos metodológicos para transectos, realizados com base na revisão bibliográfica;
- b) Análises estatística dos valores de temperatura e umidade nos diferentes abrigos durante o transecto, que para uma melhor leitura e análise, foram subdivididas em:
 - Análises para dados de temperatura do ar;
 - Análises para dados gerais de umidade relativa do ar;
 - Análises pelos pontos do transecto;
- c) Recomendações para padronização de transectos.

4.1. IDENTIFICAÇÃO DE ABRIGOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA TRANSECTOS

Foi apresentado um levantamento sobre pesquisas de clima urbano realizadas com a utilização de transectos móveis na Tabela 1–, no item da Revisão Bibliográfica, onde se observam diferenças nos abrigos, instrumentos, quantidade de dados, horários das coletas e velocidade de locomoção. Esses dados estão sintetizados na Tabela 18, onde demonstram a não padronização dos procedimentos metodológicos nos estudos de clima urbano com a utilização de transectos.

A quantidade de dias das coletas vai influenciar na qualidade das análises estatísticas, na significância e representatividade dos dados frente ao que se estuda, porém 12% dos trabalhos analisados não apresentou essa informação; 24% realizou apenas 1 dia de coleta; 32% de 2 a 6 dias; 12% de 7 a 14 dias; 16% de 15 a 30 dias; e apenas 4% realizou mais de 30 dias. Diretamente relacionada com a quantidade de

dias está a distribuição desses, sendo que 64% realizou a coleta dos dados e fez as análises por mês e 36% distribuídos ao longo do ano (por estação ou período).

Como preceito da WMO (2014) o período de duração das coletas de dados deve ter sua duração cobrindo um período de um ano, de tal modo que todas as variações sazonais possam ser registradas, porém como já observado por Sanches (2015) no caso dos transectos móveis, tal procedimento muitas vezes se torna inviável e vários autores têm realizado as medições em períodos representativos para o clima regional e acabam trabalhando com um mês específico (normalmente buscando representar as condições de verão), outros procuram representar condições de todas, algumas ou ainda de uma determinada estação do ano.

A falta de informações também ocorre quanto a velocidade do percurso em 28% dos trabalhos pesquisados; 8% realizaram a pé; 4% até 20km/h; 28% até 30km/h e 32% até 40km/h.

Em relação aos horários dos transectos, a maioria (80%) realizou às 00h GMT, pois o horário noturno é o indicado para os estudos de identificação de ilhas de calor urbano; sendo que 56% dos trabalhos também realizaram transectos às 12h e 18h GMT; 60% realizaram em horários diferentes dos indicados pela OMM; Nenhum estudo foi realizado no horário das 06h GMT que também é recomendado como horário padrão pela OMM, porém um horário na madrugada do Brasil (04h no -2GMT, 03h no -3GMT, 02h no GMT -4GMT e 01h no -5GMT) sendo este fato possivelmente atribuído por questões de segurança dos pesquisadores.

Já em relação aos abrigos, 48% dos trabalhos não informa se utilizou ou quando utilizou não o descreve; 20% utilizaram o modelo de PVC Vertical; 8% o de PVC horizontal; 20% utilizaram outros tipos variados; e 4% não utilizaram.

Tabela 18 - Síntese do levantamento bibliográfico sobre transectos

Quantidade de dias de coleta	Percentual
Não informa	12%
1 dia	24%
de 2 a 6 dias	32%
de 7 a 14 dias	12%
de 15 a 30 dias	16%
Mais de 30 dias	4%
Distribuição dos dias de coleta	
por mês	64%
por estação	20%
por período (seco / úmido)	16%
Velocidade	
Não detalha	28%
Caminhada a pé	8%
Até 20 Km/h	4%
Até 30 Km/h	28%
Até 40 Km/h	32%
Horários GMT*	
00h	80%
06h	0%
12h	56%
18h	56%
Outros	60%
Tipo de Abrigo	
Não descreve ou de maneira insuficiente	48%
Não utilizou	4%
PVC Vertical	20%
PVC Horizontal	8%
Guarda Sol	4%
Semicircunferência	4%
Madeira	4%
Outros	8%

Os resultados apresentados até este ponto do trabalho tornam possível concluir o empirismo predominante nas metodologias dos estudos de clima urbano, em especial com a utilização do transecto móvel. Portanto, foi possível seguir para as próximas etapas da pesquisa, considerando ainda maior a relevância deste estudo.

* Soma superior a 100% pois uma mesma pesquisa com transecto pode ser realizada mais de um horário.

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VALORES DE TEMPERATURA E UMIDADE NOS DIFERENTES ABRIGOS DURANTE O TRANSECTO

Foram realizados testes de efeito entre as variáveis (Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar) obtidas nos 5 sensores/abrigos em relação ao Turno, Mês, Estação, Período e Ponto, sendo apresentados de maneira resumida na Tabela 19.

Tabela 19 - Resumo dos Testes de Efeito

Variável		Turno (Matutino, Vespertino e Noturno)	Mês (Novembro/2017 a Outubro/2018)	Estação (Inverno, Outono, Primavera e Verão)	Período (Seco e Úmido)	Ponto (Pontos fixos e Trajetos)
Temperatura do Ar	“Sig” - P estatístico	<0,0001	0,870	0,342	0,034	1,00
	F	143,36	0,76	1,11	2,60	0,45
	Interação	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Umidade relativa do Ar	“Sig” - P estatístico	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,00
	F	65,12	6,37	8,89	12,95	0,26
	Interação	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO

O valor de “Sig” que representa o “P estatístico”, e espera-se que seja menor que 1 para que seja considerado significativo, e é tanto mais significativo quanto menor for seu valor.

De acordo com Beiguelman (1996), a significância é o limite que se toma como base para afirmar que um certo desvio é decorrente do acaso ou não. São aceitos como estatisticamente significativos os níveis $p = 0,05$ e $p = 0,01$, ou seja, 5% e 1% respectivamente. Considera-se satisfatório o limite de 5% de probabilidade de erro, não sendo significativas as diferenças que tiverem uma probabilidade acima desse limite.

No caso apresentado na Tabela 19 foram considerados significativos as interações: Temperatura e Turno; Temperatura e Período; Umidade e Turno; Umidade e Mês; Umidade e Estação; Umidade e Período.

Já as interações não significativas, ou seja, quando o valor de “Sig” que representa “P estatístico” for maior que 1 os fatores analisados não tem interferência, no caso em questão são: Temperatura e Mês; Temperatura e Estação; Temperatura e Ponto; Umidade e Ponto.

O “F” apresentado na tabela é a estatística de Fisher da ANOVA que representa um número abstrato, mas quanto maior ele é, maior o efeito.

Nos itens seguintes serão apresentados os dados detalhados das análises para Temperatura do Ar, Umidade Relativa do Ar e Pontos do Transecto.

4.2.1. Análises para dados de Temperatura do Ar

Na análise quanto ao turno (Matutino, Vespertino e Noturno) o teste de efeito entre sujeitos indicou que há interação entre sensor de temperatura do ar e turno, Tabela 20, pois o valor de “Sig” que representa o “P estatístico” foi menor que 0,1% (altamente significativo).

Tabela 20 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Turno

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig. (p)
Corrected Model	1297868,99*	14	92704,92	14359,36	<0,0001
Intercept	97062068,10	1	97062068,10	15034257,05	<0,0001
Sensor	9250,89	4	2312,72	358,22	<0,0001
Período	1281158,59	2	640579,29	99221,39	<0,0001
Sensor * Turno	7404,78	8	925,59	143,36	<0,0001
Error	692961,21	107335	6,45		
Total	99042173,76	107350			
Corrected Total	1990830,20	107349			

Isto é, ao pensar nas médias de temperatura entre os sensores, o turno deve ser considerado para uma interpretação adequada, o resultado se traduz no gráfico da Figura 63, sendo que os sensores divergem entre si nos períodos matutino e vespertino, mas não no período noturno.

* R Squared = ,652 (Adjusted R Squared = ,652)

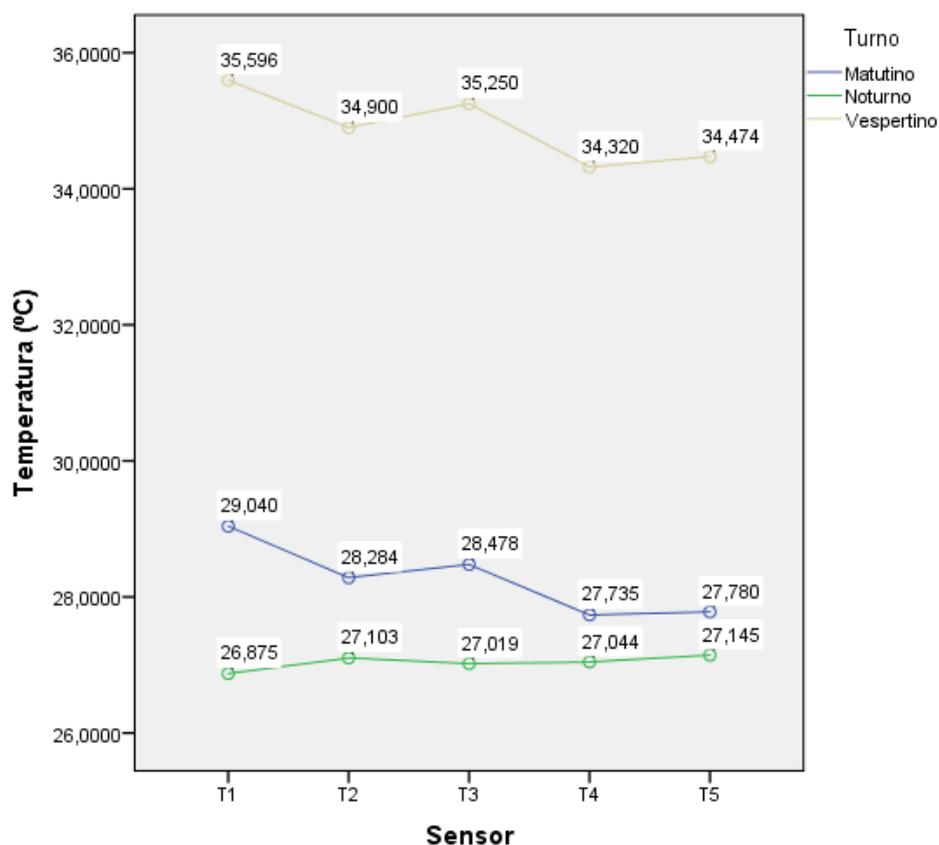


Figura 63 – Temperatura média anual por turno

A análise mês a mês dos dados (Novembro/2017 a Outubro/2018) pelo teste de efeito entre as interações dos dados indicou que não há interação entre sensor e o mês, conforme Tabela 21, pois o valor de “Sig” que representa o “P estatístico” foi de 0,870.

Tabela 21- Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Mês

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	189856,76*	59	3217,91	191,70	<0,0001
Intercept	94453735,42	1	94453735,42	5626924,31	<0,0001
Sensor	8545,65	4	2136,41	127,27	<0,0001
Mês	179985,50	11	16362,31	974,75	<0,0001
Sensor * Mês	565,64	44	12,85	0,76	0,87
Error	1800973,44	107290	16,78		
Total	99042173,76	107350			
Corrected Total	1990830,20	107349			

* R Squared = ,095 (Adjusted R Squared = ,095)

Ou seja, a diferença entre os sensores não é influenciada pelo mês, e independente do mês o comportamento ocorreu da mesma maneira, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 64.

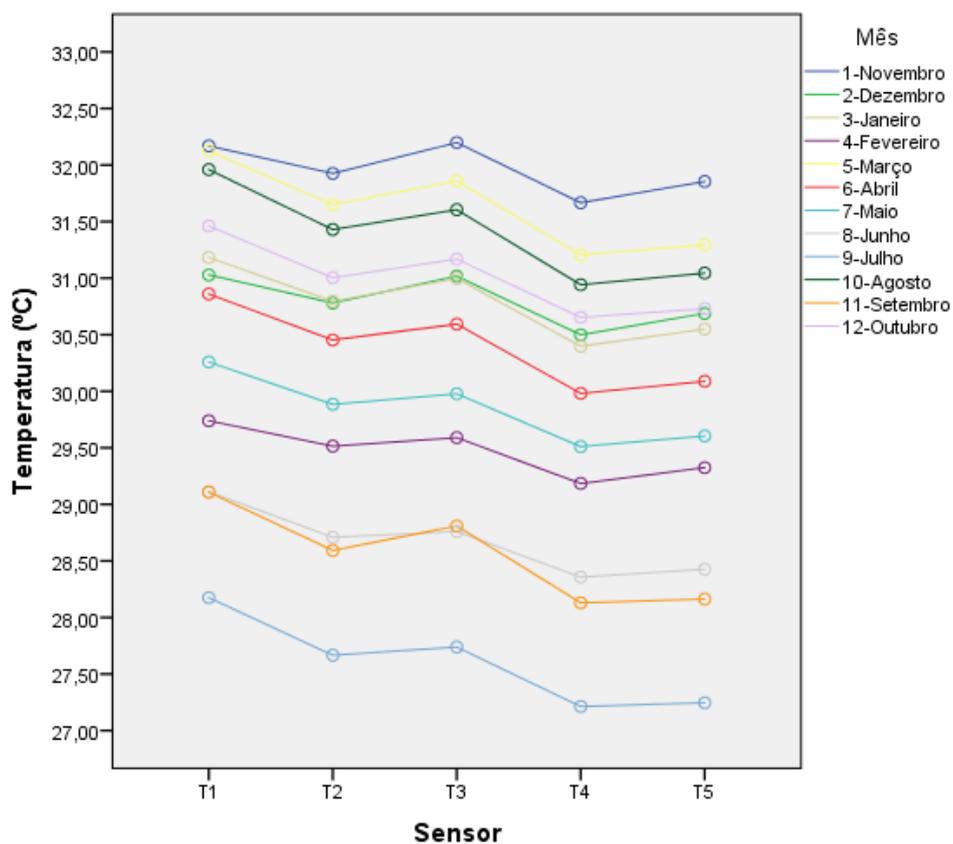


Figura 64 – Temperatura média por mês

A análise dos dados por estação do ano pelo teste de efeito entre as interações dos dados indicou que não há interação entre sensor e a estação, conforme Tabela 22.

Tabela 22 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Estação

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	84242,84*	19	4433,83	249,60	<0,0001
Intercept	91992326,60	1	91992326,60	5178643,59	<0,0001
Sensor	8411,17	4	2102,79	118,37	<0,0001
Estação do ano	74699,46	3	24899,82	1401,71	<0,0001
Sensor * Estação	237,77	12	19,81	1,11	0,34
Error	1906587,35	107330	17,76		
Total	99042173,76	107350			
Corrected Total	1990830,20	107349			

Em outras palavras, a diferença entre os sensores não é influenciada pela estação, independente da estação do ano o comportamento ocorreu da mesma maneira, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 65.

* R Squared = ,042 (Adjusted R Squared = ,042)

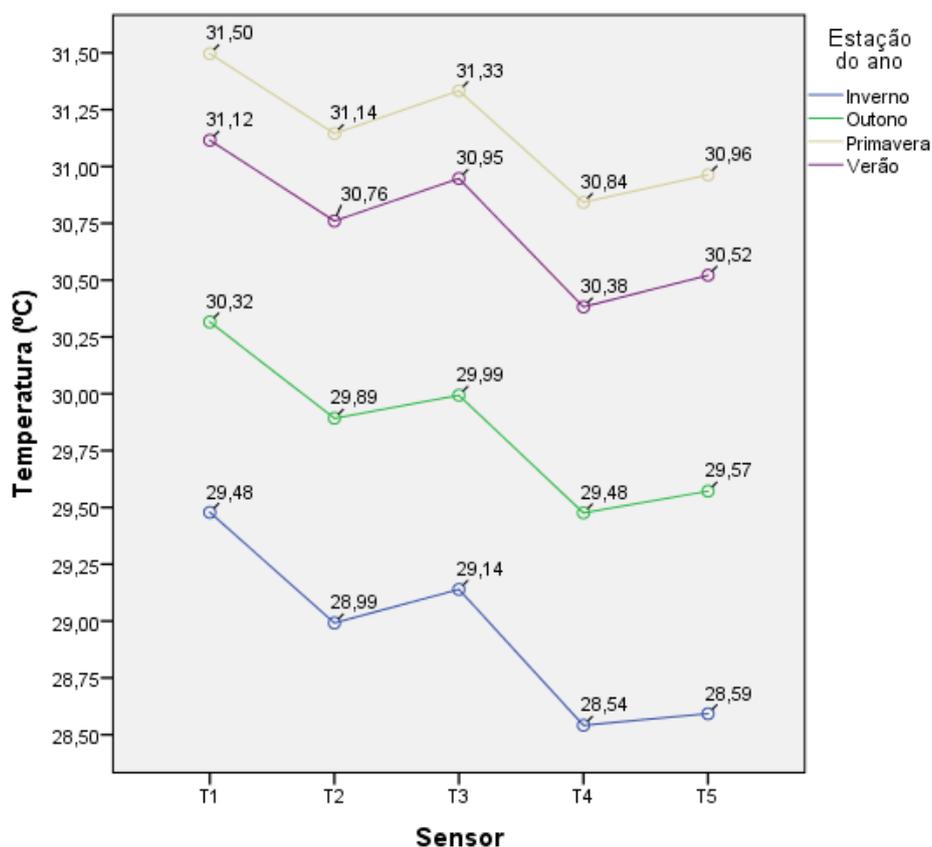


Figura 65 – Temperatura média por estação

Já na análise dos dados por período climático (quente-seco e quente-úmido) pelo teste de efeito entre as interações dos dados indicou que há interação entre sensor e o período, conforme Tabela 23.

Tabela 23 - Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Estação

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	70510,90*	9	7834,54	437,92	<0,0001
Intercept	96756754,75	1	96756754,75	5408407,89	<0,0001
Sensor	9050,94	4	2262,73	126,48	<0,0001
Período_A	61019,25	1	61019,25	3410,79	<0,0001
Sensor * Período	186,04	4	46,51	2,60	0,03
Error	1920319,29	107340	17,89		
Total	99042173,76	107350			
Corrected Total	1990830,20	107349			

* R Squared = ,035 (Adjusted R Squared = ,035)

Portanto, há interação entre sensor e período, quer dizer, a diferença entre os sensores depende do período do ano, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 66.

O fato das interações entre a Temperatura com os dados mensais e também das interações entre Temperatura e as Estações climáticas, ratifica o afirmado por Ribeiro et al. (2018) que a sazonalidade presente na região de Cuiabá é marcada por um período chuvoso e por um período seco.

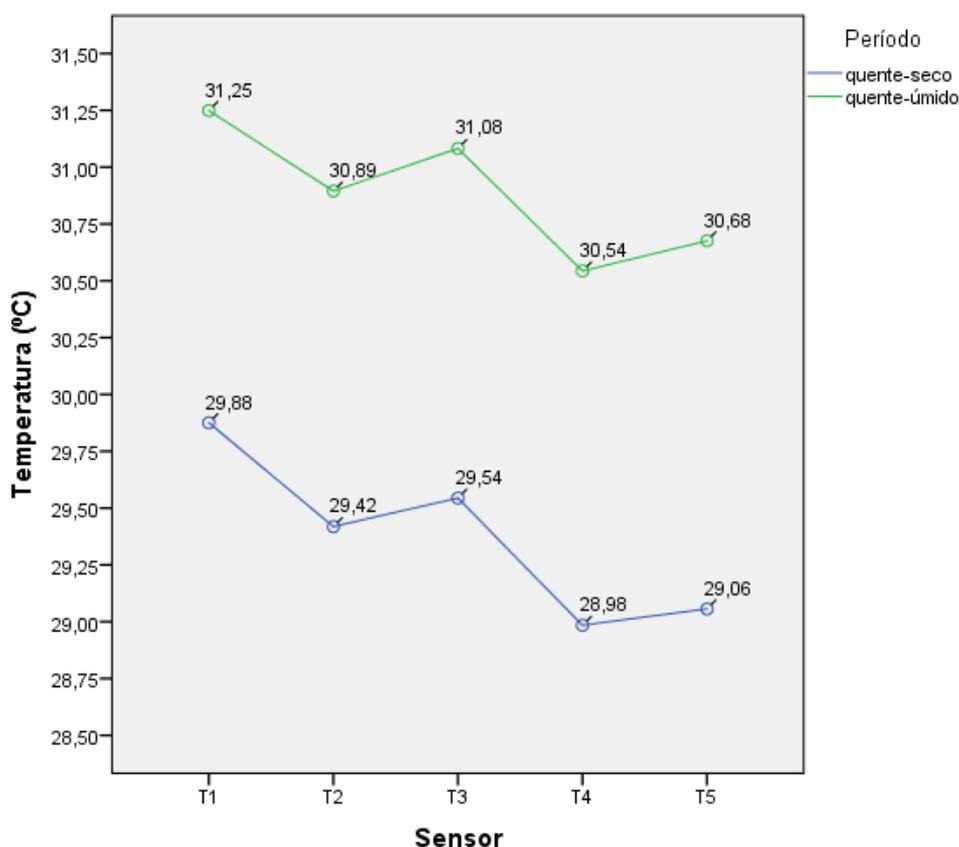


Figura 66 – Temperatura média por período do ano

Adotando o abrigo comercial (T4) como referência, tem-se na Tabela 24 os valores da temperatura média obtida nos abrigos, subtraído do valor obtido no abrigo comercial. Vale aqui destacar que conforme detalhado na metodologia os sensores foram calibrados antes do uso e que a precisão do sensor de temperatura é de 0,20°C, sendo assim constata-se que: para o período noturno todos os abrigos/sensores mediram a mesma coisa, pois as variações são inferiores à precisão do sensor. No

período matutino e vespertino o único dentro da precisão foi o abrigo horizontal, sendo então que ele ficou dentro da margem de erro do sensor em todos os turnos; Entre os outros três abrigos fora da margem de erro do sensor, em todas as situações de análise, o erro mais próximo (menor) foi o abrigo produzido na impressora 3D, seguido pelo de pratos plásticos e o de PVC vertical com mais de 1°C de diferença.

Tabela 24 – Diferença da temperatura entre abrigos

		T1 – Vertical 	T2 – 3D 	T3 - Prato Plástico 	T4 – Comercial 	T5 – Horizontal 
Turno	Matutino	1,30	0,55	0,74	27,73	0,05
	Vespertino	1,27	0,58	0,93	34,32	0,15
	Noturno	-0,17	0,06	-0,02	27,04	0,10
	Média	0,80	0,40	0,55	29,70	0,10
Mês	Nov/17	0,50	0,26	0,53	31,67	0,19
	Dez/17	0,53	0,28	0,52	30,49	0,19
	Jan/18	0,78	0,40	0,60	30,40	0,15
	Fev/18	0,55	0,33	0,40	29,18	0,14
	Mar/18	0,92	0,44	0,65	31,20	0,09
	Abr/18	0,88	0,47	0,61	29,98	0,11
	Mai/18	0,75	0,37	0,47	29,51	0,09
	Jun/18	0,75	0,35	0,40	28,36	0,07
	Jul/18	0,96	0,45	0,53	27,21	0,03
	Ago/18	1,02	0,49	0,66	30,94	0,10
	Set/18	0,98	0,46	0,68	28,13	0,03
	Out/18	0,81	0,35	0,51	30,65	0,07
Média	0,79	0,39	0,55	29,81	0,11	
Estação	Inverno	0,94	0,45	0,60	28,54	0,05
	Outono	0,84	0,41	0,51	29,48	0,09
	Primavera	0,66	0,30	0,49	30,84	0,12
	Verão	0,74	0,38	0,57	30,38	0,14
	Média	0,80	0,39	0,54	29,81	0,10
Período	Quente-seco	0,90	0,44	0,56	28,98	0,08
	Quente-úmido	0,71	0,35	0,54	30,54	0,14
	Média	0,81	0,40	0,55	29,76	0,11

Interessante também destacar que os abrigos Vertical, 3D e de prato plástico apresentaram as maiores nos meses de agosto e setembro, que são ápices do período quente-seco.

4.2.2. Análises para dados gerais de Umidade Relativa do Ar

A análise quanto ao turno (Matutino, Vespertino e Noturno) o teste de efeito entre sujeitos indicou que há interação entre sensor de umidade relativa do ar e turno (Tabela 25), pois o valor de “Sig” que representa o “P estatístico” foi menor que 0,1% (altamente significativo).

Tabela 25 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Turno

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12588822,57*	14	899201,61	7514,99	<0,0001
Intercept	318859097,34	1	318859097,34	2664836,55	<0,0001
Sensor	290592,14	4	72648,03	607,15	<0,0001
Período	12235071,72	2	6117535,86	51126,76	<0,0001
Sensor * Turno	62343,25	8	7792,90	65,12	<0,0001
Error	12843092,05	107335	119,65		
Total	344360490,51	107350			
Corrected Total	25431914,62	107349			

Portanto, ao pensar nas médias de umidade relativa do ar entre os sensores, o turno deve ser considerado para uma interpretação adequada, o resultado se traduz no gráfico da Figura 67, sendo que os sensores divergem entre si nos períodos matutino e vespertino, mas não no período noturno.

* R Squared = ,495 (Adjusted R Squared = ,495)

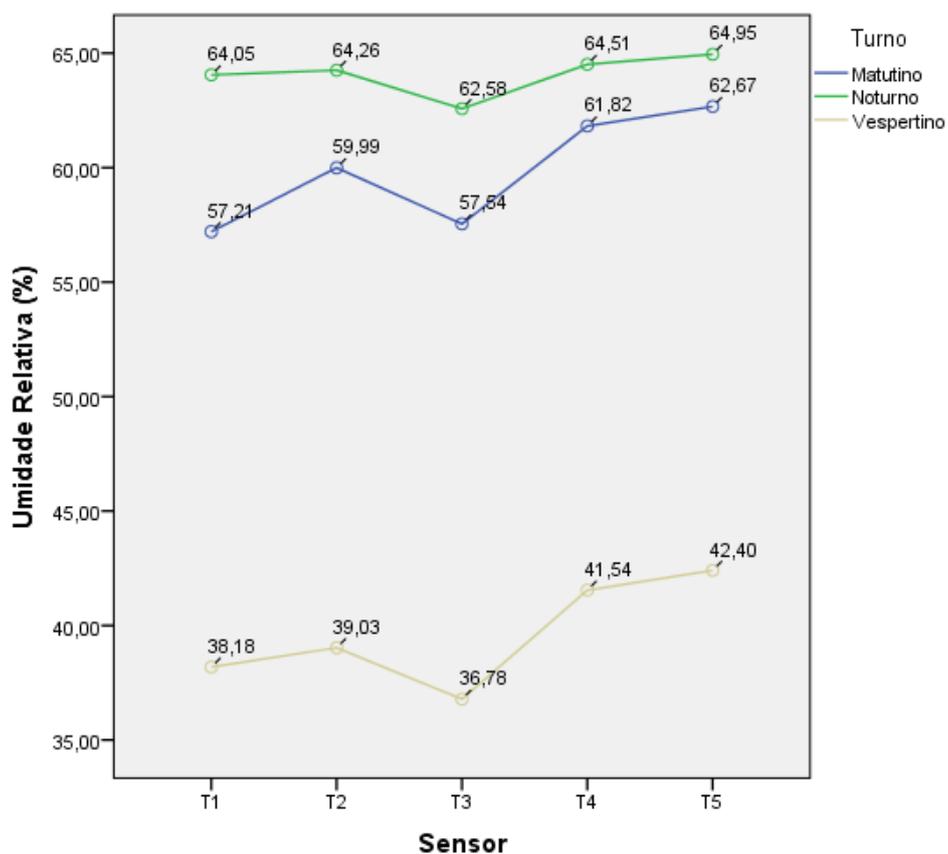


Figura 67 – Umidade relativa do ar média por turno

A análise mês a mês dos dados (Novembro/2017 a Outubro/2018) pelo teste de efeito entre as interações dos dados indicou que há interação entre sensor e mês, conforme Tabela 26, pois o valor de “Sig” que representa o “P estatístico” foi menor que 0,1% (altamente significativo).

Tabela 26 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Mês

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8751039,40*	59	148322,70	953,99	<0,0001
Intercept	311922610,50	1	311922610,50	2006260,24	<0,0001
Sensor	308792,18	4	77198,04	496,53	<0,0001
Mês	8416041,78	11	765094,70	4921,02	<0,0001
Sensor * Mês	43590,02	44	990,68	6,37	<0,0001
Error	16680875,22	107290	155,47		
Total	344360490,51	107350			
Corrected Total	25431914,62	107349			

* R Squared = ,344 (Adjusted R Squared = ,344)

Existem diferenças entre os sensores de umidade influenciados pelo mês (diferentemente da temperatura), sendo que meses como novembro e fevereiro denotam diferenças bruscas, já meses como julho, diferenças muito sutis, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 68.

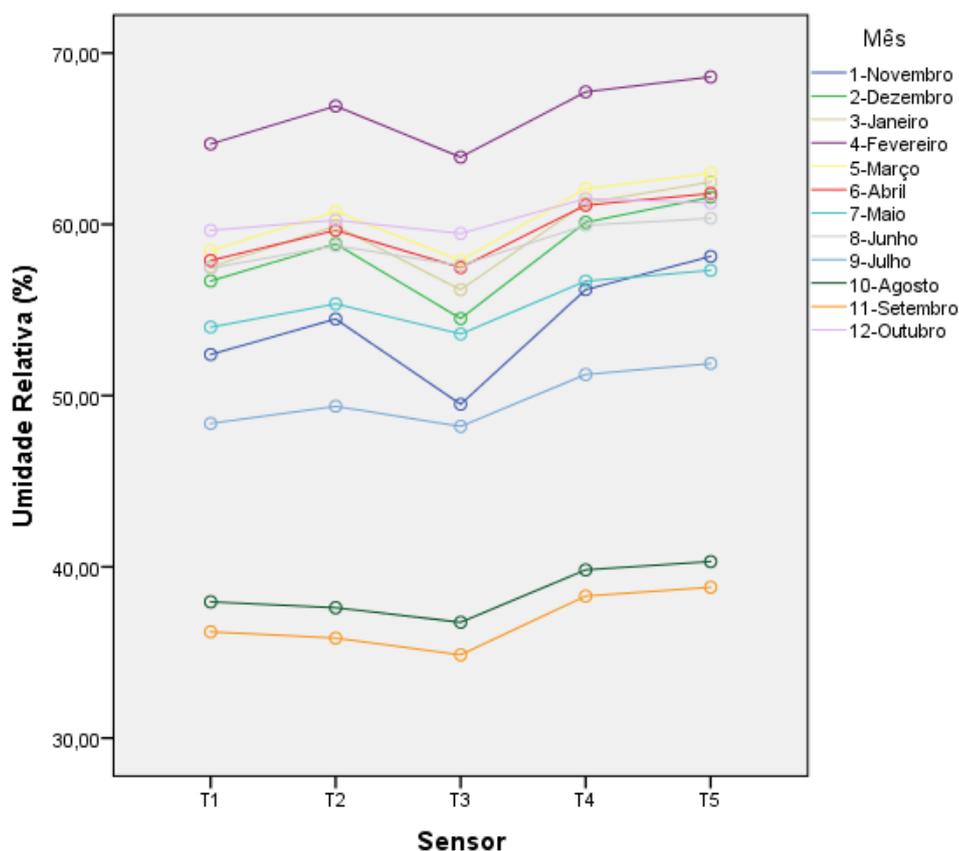


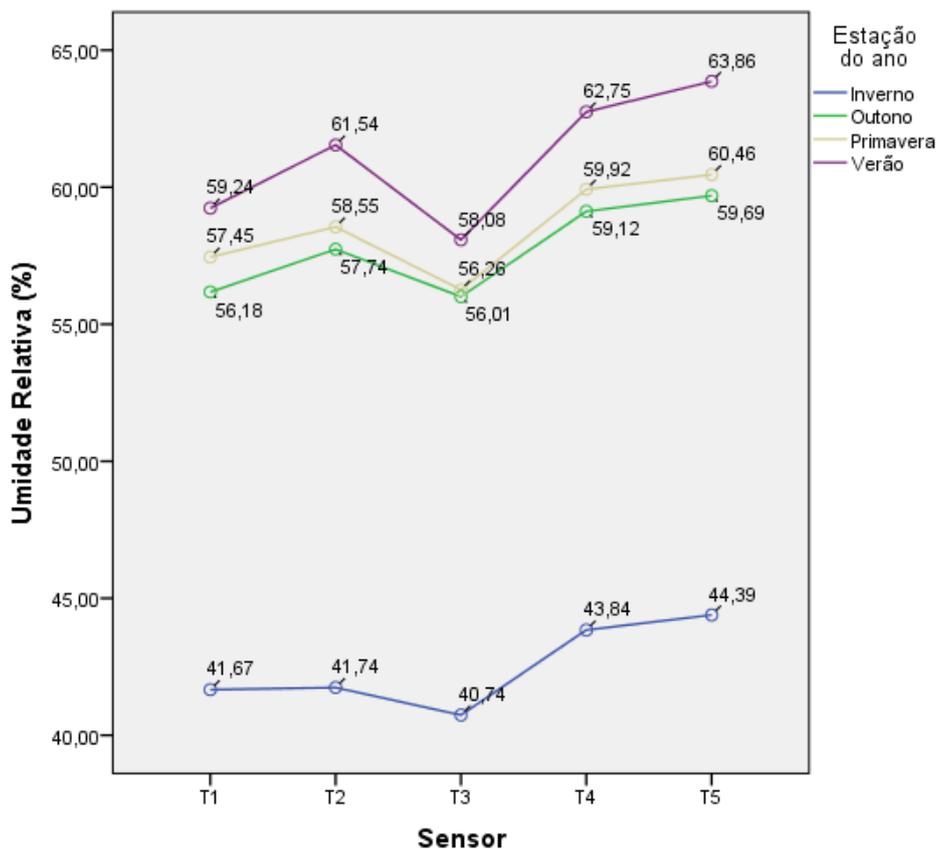
Figura 68 –Umidade relativa do ar média por mês

A análise dos dados por estação do ano pelo teste de efeito entre as interações dos dados também indicou que há interação entre sensor e a estação, conforme Tabela 27, pois o valor de “Sig” que representa o “P estatístico” foi menor que 0,1% (altamente significativo).

Tabela 27 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Estação

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6697606,58*	19	352505,61	2019,52	<0,0001
Intercept	305190647,31	1	305190647,31	1748455,93	<0,0001
Sensor	267405,97	4	66851,49	382,99	<0,0001
Estação	6387573,03	3	2129191,01	12198,26	<0,0001
Sensor * Estação	18625,94	12	1552,16	8,89	<0,0001
Error	18734308,04	107330	174,54		
Total	344360490,51	107350			
Corrected Total	25431914,62	107349			

Contata-se que há interação entre sensor e estação do ano, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 69.

**Figura 69** – Umidade relativa do ar média por estação

* R Squared = ,263 (Adjusted R Squared = ,263)

Na análise dos dados por período climático (quente-seco e quente-úmido) pelo teste de efeito entre as interações dos dados indicou que há interação entre sensor e o período, conforme Tabela 28, pois o valor de “Sig” que representa o “P estatístico” foi menor que 0,1% (altamente significativo).

Tabela 28 - Teste de efeito entre sujeitos: Umidade relativa do ar e Estação

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3229293,98*	9	358810,44	1734,69	<0,0001
Intercept	321824249,67	1	321824249,67	1555880,07	<0,0001
Sensor	297039,26	4	74259,81	359,01	<0,0001
Período	2927165,50	1	2927165,50	14151,57	<0,0001
Sensor * Período	10720,87	4	2680,21	12,95	<0,0001
Error	22202620,64	107340	206,84		
Total	344360490,51	107350			
Corrected Total	25431914,62	107349			

Dessa forma, há interação entre os fatores sensor e período, ou seja, a diferença na umidade relativa entre os sensores depende do período do ano, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 70, as diferenças são mais pronunciadas no período quente-úmido.

* R Squared = ,127 (Adjusted R Squared = ,127)

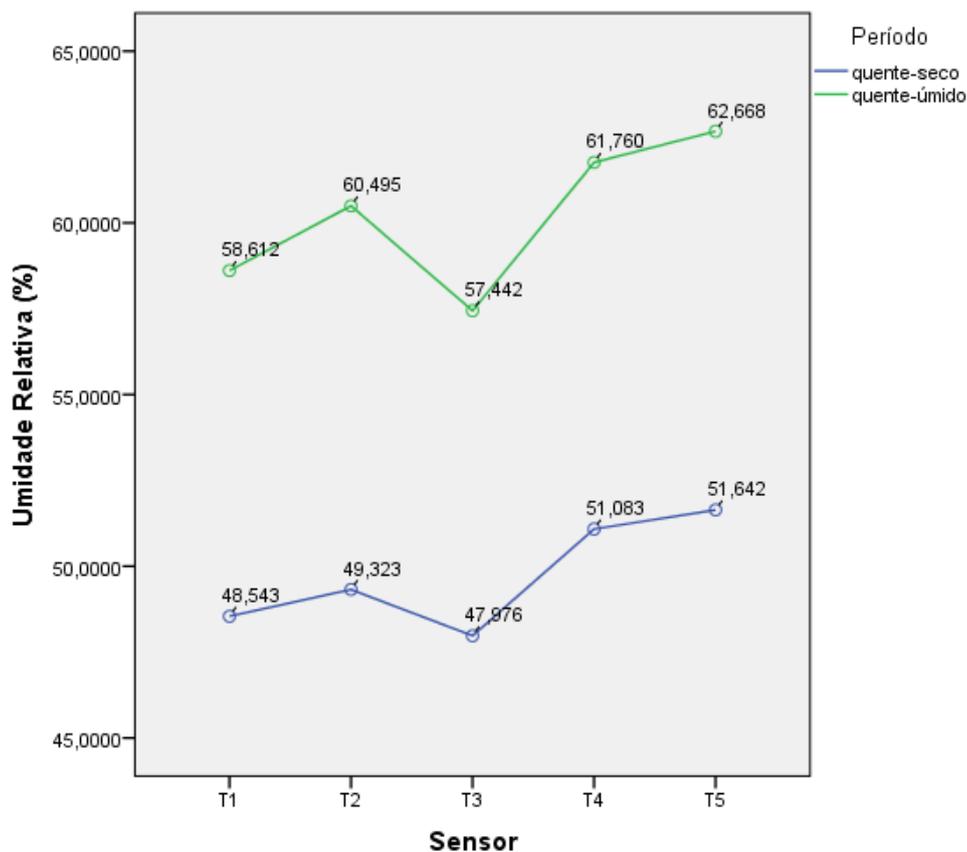


Figura 70 –Umidade relativa do ar média por período do ano

Adotando o abrigo comercial (T4) como referência tem-se na Tabela 29 os valores da temperatura média obtida nos abrigos subtraído do valor obtido no abrigo comercial. Insta mencionar que conforme detalhado na metodologia os sensores foram calibrados antes do uso e que a precisão do sensor de temperatura é de 2%, sendo assim constata-se como já observado nas interações detectadas nos testes estatísticos que a maioria das diferenças foram maiores do que o erro padrão do sensor no abrigo vertical e em todos com o prato plástico; sendo com poucas medições fora da margem com o abrigo 3D e totalmente dentro da margem o abrigo horizontal.

Tabela 29 - Diferença da umidade entre abrigos

		T1 – Vertical	T2 - 3D	T3 - Prato Plástico	T4 – Comercial	T5 – Horizontal
						
Turno	Matutino	-4,61	-1,83	-4,28	61,82	0,85
	Vespertino	-3,36	-2,51	-4,76	41,54	0,86
	Noturno	-4,61	-1,83	-4,28	61,82	0,85
	Média	-4,19	-2,05	-4,44	55,06	0,85
Mês	Nov/17	-3,79	-1,71	-6,7	56,19	1,93
	Dez/17	-3,25	-1,18	-5,44	59,94	1,55
	Jan/18	-3,74	-1,35	-5,07	61,25	1,23
	Fev/18	-3,03	-0,82	-3,81	67,73	0,87
	Mar/18	-3,60	-1,32	-4,20	62,08	0,91
	Abr/18	-3,23	-1,47	-3,65	61,12	0,68
	Mai/18	-2,69	-1,34	-3,09	56,69	0,62
	Jun/18	-2,51	-1,19	-2,35	59,95	0,40
	Jul/18	-2,85	-1,85	-3,03	51,23	0,64
	Ago/18	-1,86	-2,20	-3,05	39,82	0,48
	Set/18	-1,86	-2,21	-3,06	39,82	0,49
	Out/18	-1,85	-1,26	-2,03	61,50	-0,26
Média	-2,85	-1,49	-3,79	56,44	0,79	
Estação	Inverno	-2,17	-2,10	-3,10	43,84	0,55
	Outono	-2,94	-1,38	-3,11	59,12	0,57
	Primavera	-2,47	-1,37	-3,66	59,92	0,54
	Verão	-3,51	-1,21	-4,67	62,75	1,11
	Média	-2,77	-1,51	-3,63	56,40	0,69
Período	Quente-seco	-2,54	-1,76	-3,10	51,08	0,56
	Quente-úmido	-3,14	-1,26	-4,31	61,76	0,90
	Média	-2,84	-1,51	-3,71	56,42	0,73

4.2.3. Análises pelos pontos do transecto

Não há interação entre tensor de temperatura e pontos do transecto, ou seja, a diferença entre os sensores não depende dos pontos ($P=1,0$), Tabela 30.

Tabela 30- Teste de efeito entre sujeitos: Temperatura e Pontos

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	29425,94*	94	313,04	17,11	<0,0001
Intercept	75735106,69	1	75735106,69	4141404,71	<0,0001
Sensor	7561,17	4	1890,29	103,36	<0,0001
PONTOS	19521,47	18	1084,52	59,30	<0,0001
Sensor* Pontos	598,85	72	8,31	0,45	1,000
Error	1961404,26	107255	18,28		
Total	99042173,76	107350			
Corrected Total	1990830,20	107349			

Há clara diferença entre os pontos, alguns registrando notoriamente maiores temperaturas que outros. Pode parecer contraditório, mas são coisas distintas, a interação verifica se um dado sensor pode ter sido maior que outro apenas em algum ponto específico e o resultado mostra que não, ou seja, o mesmo padrão de diferenças entre os sensores se repete em todos os pontos (isso é o que é testado na interação), no entanto, claramente pontos como P5 tem temperaturas maiores que pontos como P1P2, por exemplo, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 71.

* R Squared = ,015 (Adjusted R Squared = ,014)

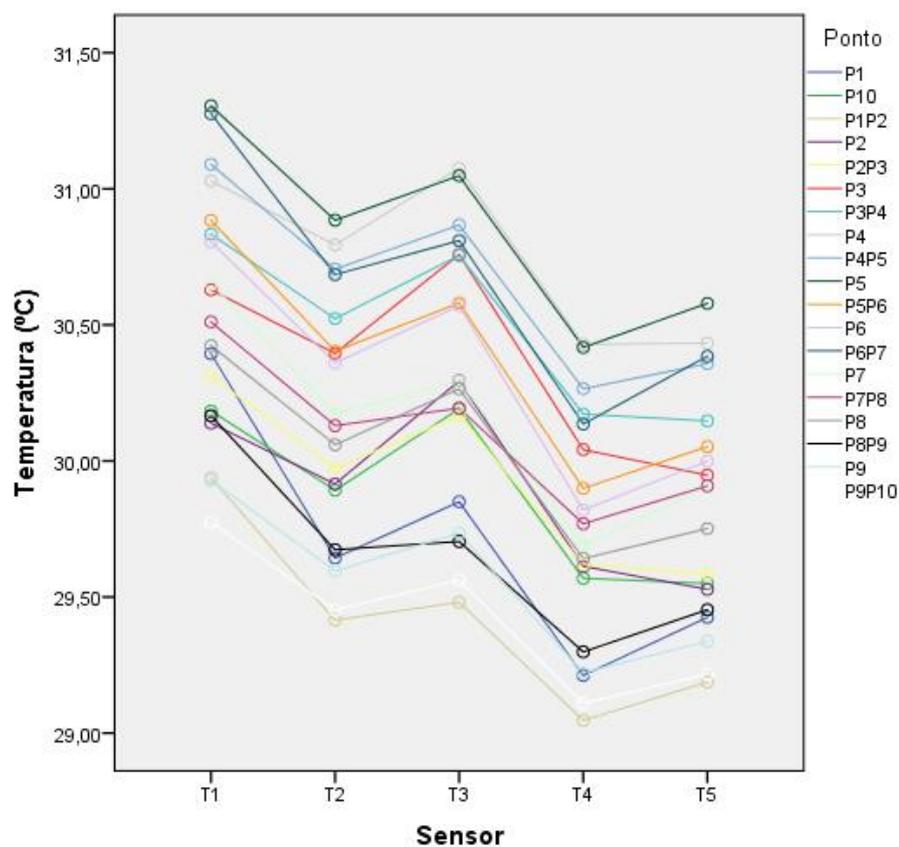


Figura 71 – Temperatura do ar média por ponto do transecto

De forma similar, não há interação entre Sensor de Umidade e Pontos do Transecto ($P=1,00$), conforme Tabela 31, porém nitidamente alguns pontos tem maior umidade relativa que outros (Figura 72).

Tabela 31- Teste de efeito entre sujeitos: Umidade e Pontos

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	670448,42*	94	7132,43	30,89	<0,0001
Intercept	246935475,00	1	246935475,00	1069608,08	<0,0001
Sensor	231049,27	4	57762,31	250,19	<0,0001
Pontos	374621,31	18	20812,29	90,14	<0,0001
Sensor * Pontos	4419,51	72	61,38	0,26	1,00
Error	24761466,20	107255	230,86		
Total	344360490,51	107350			
Corrected Total	25431914,62	107349			

* R Squared = ,026 (Adjusted R Squared = ,026)

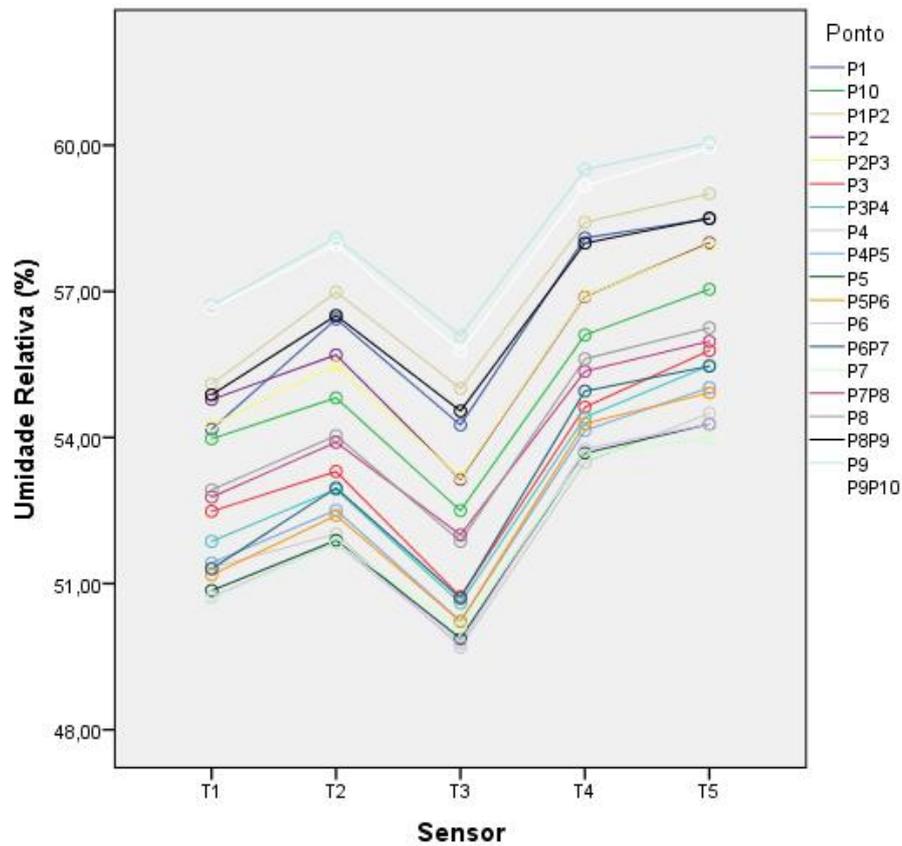


Figura 72 – Umidade relativa do ar por ponto do transecto

Apesar de não apresentar diferenças de significância entre os abrigos devido à influência do local dos pontos, ao calcular-se a média anual por ponto e trajeto foi possível identificar e quantificar as ilhas de calor, conforme Tabela 32.

Tabela 32 - Temperatura média por ponto e trajeto – média anual no período noturno

Ponto / Trajeto	T1	T2	T3	T4	T5
					
P1	26,46	26,55	26,39	26,48	26,89
P1P2	26,29	26,42	26,34	26,37	26,57
P2	26,44	26,73	26,84	26,81	26,68
P2P3	26,51	26,77	26,74	26,73	26,71
P3	26,69	27,10	27,20	27,19	26,98
P3P4	27,31	27,77	27,83	27,80	27,63
P4	27,65	28,05	28,05	28,06	27,96
P4P5	27,66	28,00	27,93	27,94	27,96
P5	27,63	27,80	27,57	27,65	27,84
P5P6	27,39	27,60	27,46	27,51	27,67
P6	27,11	27,35	27,24	27,31	27,42
P6P7	27,47	27,70	27,56	27,63	27,78
P7	27,50	27,76	27,56	27,69	27,85
P7P8	27,07	27,25	27,12	27,15	27,30
P8	26,09	26,23	26,14	26,14	26,27
P8P9	25,92	25,99	25,81	25,84	26,04
P9	25,38	25,51	25,38	25,42	25,51
P9P10	25,31	25,45	25,33	25,30	25,45
P10	25,60	25,93	26,00	25,97	25,86
Diferença entre maior e menor temperatura nos Pontos	2,26	2,55	2,68	2,64	2,45
Diferença entre maior e menor temperatura no Trajeto	2,36	2,55	2,60	2,65	2,51

Identificou-se a menor média de temperatura de ponto fixo e de trajeto respectivamente no P9 e P9P10 e a maior temperatura de ponto fixo e trajeto respectivamente no P4 e P4P5.

A mesma análise realizada para os dados de umidade (Tabela 33), indicou os maiores valores de umidade relativa do ar em ponto fixo e de trajeto respectivamente no P9 e P9P10, inversamente proporcional as menores temperaturas como esperado, mas já para a menor umidade relativa do ar em ponto fixo e de trajeto foram respectivamente no P7 e P5P6 não coincidindo com as maiores temperaturas como era esperado.

Tabela 33 – Umidade relativa do ar média por ponto e trajeto – média anual no período noturno

Ponto / Trajeto	UR1	UR2	UR3	UR4	UR5
					
P1	65,92	66,68	65,42	66,86	65,95
P1P2	66,91	67,64	65,92	67,72	67,65
P2	65,92	65,84	63,75	65,53	66,44
P2P3	66,32	66,43	64,62	66,48	67,24
P3	63,39	62,95	60,84	62,80	63,85
P3P4	62,01	61,44	59,60	61,53	62,71
P4	60,13	59,58	57,88	59,87	60,85
P4P5	61,73	61,50	59,78	61,85	62,55
P5	61,03	61,16	59,97	61,82	62,11
P5P6	60,76	60,81	59,48	61,27	61,58
P6	60,52	60,40	59,06	60,82	61,21
P6P7	61,81	61,99	60,45	62,39	62,79
P7	57,15	56,80	55,74	57,47	57,74
P7P8	63,07	63,26	61,88	63,66	63,94
P8	64,96	65,34	63,94	65,66	65,85
P8P9	68,26	69,08	67,77	69,43	69,35
P9	71,09	71,72	70,27	71,74	72,03
P9P10	71,74	72,39	70,86	72,25	72,60
P10	69,41	69,32	67,18	69,04	69,99
Diferença entre maior e menor temperatura nos Pontos	13,93	14,93	14,53	14,27	14,28
Diferença entre maior e menor temperatura no Trajeto	10,98	11,59	11,39	10,72	9,89

O ponto de maior temperatura do ar foi o P4, que é o que possui a maior área com edificações e também de concreto (calçadas), a segunda menor área de vegetação rasteira e menor área de vegetação remanescente.

O menor valor da umidade relativa do ar para os trajetos foi no do Ponto 5 (Praça do Colégio Particular – Bairro Boa Esperança) ao Ponto 6 (Estacionamento da Faculdade de Direito – UFMT), sendo a área do P6 com 37,36% ocupada por edificações, ficando atrás neste quesito apenas do P4 que é ocupado por 38,48% de edificações e apresentou a maior média de temperatura do ar.

Entre os pontos fixos, o menor valor da umidade relativa do ar foi o P7 (em frente ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – UFMT), único ponto com 0,00% de água na cobertura do solo, e a área de influência do ponto ocupada em 18,82% por pavimento asfáltico, ficando atrás somente do P5 com 20,58% neste quesito.

Deste modo registra-se o alerta nos dados microclimáticos observados na UFMT, que estão relacionados ao planejamento urbanístico da instituição (substituição de áreas verdes por construções de edifícios e estacionamentos).

O fato do Ponto 9 apresentar a menor média de temperatura do ar e maior umidade relativa do ar é justificada por ser a região com maior presença de água e de vegetação remanescente.

Na Tabela 34 apresenta-se o resumo das categorias de cobertura de área dos pontos que ao serem relacionadas aos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, deve-se atentar para o que foi dito por Franco (2013) de que em um ambiente urbano considera-se que os fatores mais significativos para o resfriamento são a presença de vegetação, água e áreas permeáveis, em contrapartida os fatores que causam o aumento das temperaturas são área construída e superfície impermeabilizada.

Tabela 34 – Cobertura do solo nas áreas dos pontos fixos do transecto

	Edificações (%)	Asfalto (%)	Concreto (%)	Vegetação Rasteira (%)	Vegetação remanescente (%)	Solo Nu (%)	Água (%)
							
Ponto 1	29,27	11,10	18,95	10,52	20,46	9,20	0,51
Ponto 2	34,87	8,49	28,84	5,27	17,24	4,92	0,38
Ponto 3	32,91	14,08	22,56	12,28	14,82	2,76	0,59
Ponto 4	38,48	15,57	24,88	6,05	11,74	3,13	0,16
Ponto 5	23,47	20,58	8,89	18,38	22,73	5,73	0,21
Ponto 6	37,36	12,14	19,15	10,98	19,11	0,93	0,33
Ponto 7	25,72	18,82	6,76	16,98	27,18	4,53	0,00
Ponto 8	23,66	13,07	18,96	15,39	14,60	14,17	0,15
Ponto 9	5,82	3,40	1,48	6,66	72,89	6,58	3,16
Ponto 10	29,27	11,10	18,95	10,52	20,46	9,20	0,51

Sobressai entre os dados da tabela que a área do ponto 9 está sob influência de grandes massas de vegetação (72,89%) onde ocorre perda de energia para o meio nos processos de fotossíntese, evapotranspiração e trocas térmicas por convecção, enquanto que outros pontos do transecto, como no ponto 4 onde existe grande área construída (38,48% de edificações e 24,88% de concreto na superfície).

Silva (2016) assegurou que as diferenciações térmicas de áreas vegetadas e áreas antropizadas indicam a importância da vegetação na regulação da temperatura da superfície e a magnitude do impacto causado pela substituição de áreas nativas por áreas antropizadas, que também vão ser influenciadas, de acordo com Ribeiro et al. (2018) pelo tipo de revestimento, sendo o asfalto com maior tendência de aquecimento, seguido do concreto e solo exposto, e isso se deve as propriedades térmicas dos materiais que compõem o revestimento, intrinsicamente ligados à sua emissividade.

4.3. RECOMENDAÇÕES PARA PADRONIZAÇÃO DE TRANSECTOS

As vantagens dos estudos com transectos constituem-se em poder permitir a flexibilidade e maior abrangência na área de estudo, agilidade no monitoramento e menor quantidade de equipamentos necessários.

Para garantir a padronização e qualidade dos dados coletados com a metodologia do transecto móvel tem-se na sequência indicações de procedimentos a serem adotados.

4.3.1. Velocidade

Com base nos estudos bibliográficos e na pesquisa experimental realizada, tem-se a recomendação para que a velocidade deve variar entre 20 e 30 km/h quando realizada em veículos ou motocicletas e os dados do trajeto forem coletados / analisados com o veículo em movimento.

Para situações em que os dados são coletados apenas nos pontos fixos previamente definidos pode-se adotar a velocidades superiores a 30 km/h, com a ressalva de considerar o tempo de estabilização do sensor.

4.3.2. Horários

A OMM recomenda que as principais observações meteorológicas de um dia típico devam acontecer às 00 h, 06h, 12 h e 18 h GMT (*Greenwich Meridian Time*) que conforme Dantas et al. (2012) esses horários referem-se ao “Tempo Médio de Greenwich” (TMG) ou (UTC) do termo em inglês “*Coordinated Universal Time*”.

O objetivo é de que em cada horário sejam feitas leituras simultâneas em toda a superfície do globo terrestre. Como Lavras se encontra a uma longitude de 45°00'W, ou seja, à 45°00' a oeste de Greenwich (meridiano referencial) e o planeta Terra completa um giro de 360° a cada 24 horas (movimento de rotação – oeste para leste), ou seja 15° por hora, isto evidencia que o fuso horário de Lavras possui um atraso de 3 horas (45°/15°/hora), sendo portanto, 3:00, 9:00, 15:00 e 21:00, os correspondentes horários de leituras para Lavras. (Dantas, et al.. 2012).

Dispõem-se na Figura 73 os horários correspondentes para o Brasil de acordo com cada o fuso.

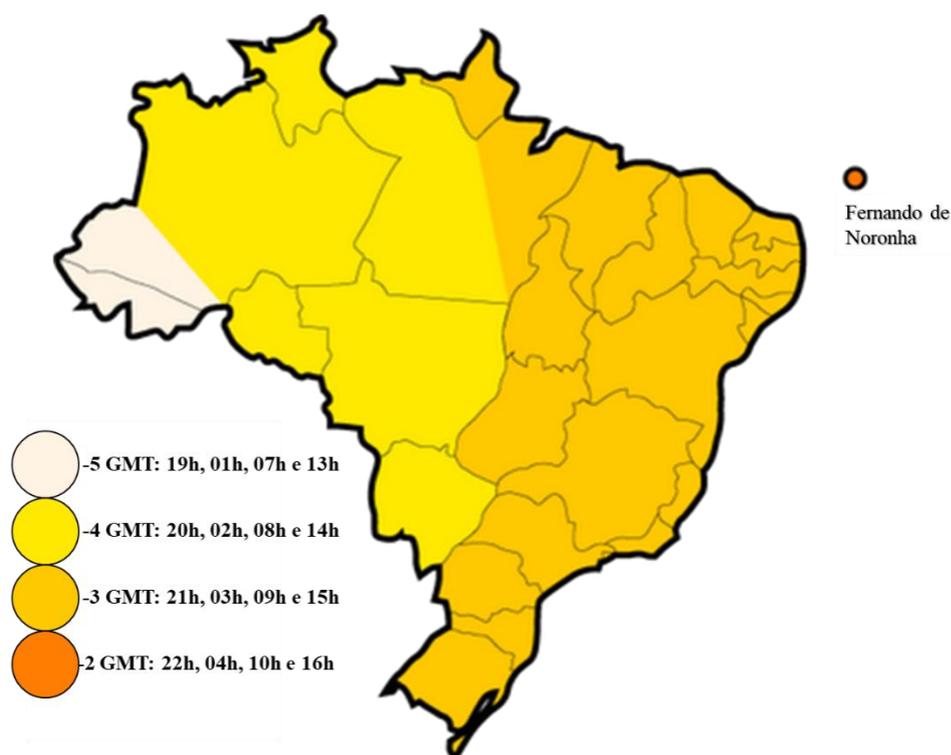


Figura 73 - Horários para transecto móvel de acordo com o fuso horário brasileiro

No Brasil o primeiro fuso horário (-2 GMT) estão situadas somente as nossas ilhas oceânicas (Fernando de Noronha, Penedos de São Pedro e São Paulo, Trindade, Martim Vaz e Atol das Rocas), sendo então os horários correspondentes aos transectos: 22h, 04h, 10h e 16h.

O segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) compreende a porção com maior concentração de população, constitui a hora oficial do Brasil (horário de Brasília) e nele estão situados todos os Estados brasileiros litorâneos e também Minas Gerais, Goiás, Tocantins e o Pará, sendo então os horários correspondentes aos transectos: 21h, 03h, 09h e 15h.

O terceiro fuso horário brasileiro (-4 GMT) compreende os Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Amazonas (exceto seu extremo oeste) e Roraima, sendo então os horários correspondentes aos transectos: 20h, 02h, 08h e 14h.

O quarto fuso horário brasileiro (-5 GMT) compreende o Acre e o extremo oeste do Estado do Amazonas, sendo então os horários correspondentes aos transectos: 19h, 01h, 07h e 13h.

Importante destacar que o Brasil adota o horário de verão, período que ocorre a alteração adiantando-se em geral uma hora no fuso horário oficial local, portanto os horários das medições também devem ser ajustados, atentando que as datas do início e fim do período e também as regiões compreendidas variam anualmente, seguindo critérios políticos.

Apesar da recomendação da OMM, em realizar os transectos nos horários de 00h, 06h, 12 h e 18 h GMT (*Greenwich Meridian Time*), é comum no Brasil não realizar a medição das 06h GMT que corresponde à madrugada (04h no -2GMT, 03h no -3GMT, 02h no GMT -4GMT e 01h no -5GMT) por motivo de segurança, visto que transitar com equipamentos a uma velocidade baixa seria sujeitar-se à possibilidade de sofrer quaisquer tipos diferentes de violações e delitos inerentes à criminalidade.

4.3.3. Trajetos

A coleta de dados com veículos, moto, bicicleta ou mesmo a pé requer que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e do ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora.

Os sensores e abrigos devem estar instalados e ligados aproximadamente 10 minutos antes do horário de início da coleta de dados para fins de estabilização com o ambiente e sincronização de dados do GPS, quando utilizado.

Também deve ser considerado o tempo de leitura dos sensores e o grau de sensibilidade para definir o tempo mínimo de parada em cada ponto, sendo recomendado desconsiderar a 1ª leitura de cada ponto, independentemente do abrigo utilizado.

4.3.4. Abrigos

O abrigo comercial é a referência, pois é o possível de ser utilizado em trabalhos em qualquer parte do mundo.

Para estudos de ilhas de calor realizadas no período noturno, todos os abrigos alternativos analisados foram eficientes.

O modelo alternativo aqui denominado “PVC horizontal” apresentou resultados totalmente favoráveis em todos os cenários e análises realizadas e, considerando os custos, vale ressaltar que é de apenas 3% do valor do abrigo comercial.

O modelo produzido em impressora 3D foi eficaz em quase todas as situações, enquanto que o modelo com “pratos plásticos” e o de “PVC vertical” não se mostraram eficientes.

4.3.5. Outros fatores

Determinados cuidados carecem de serem analisados quanto a impedimentos legais, administrativos e de segurança, como por exemplo:

- a) Morador chamar a polícia por considerar suspeito um veículo sempre parar no mesmo local > utilizar adesivo de identificação da pesquisa, conforme descrito no item 3.2.3. Instalação dos abrigos);
- b) Indivíduos que ao passar pela calçada colocavam a mão nos abrigos > considerar esse fator na escolha dos pontos fixos;
- c) Abordagens feitas por moradores de rua e pedintes durante as paradas nos pontos fixos > quando possível realizar os transectos acompanhado por outra pessoa e considerar esse fator na escolha dos pontos fixos;
- d) Trajeto incluindo locais públicos que eventualmente possam estar fechados (Guarita da UFMT que ficava fechada em alguns finais de semana) > preferência por realizar os transectos em dias de semana;
- e) Corridas de ruas e outros eventos que bloqueiam ruas > estar sempre atento a comunicados da prefeitura e faixas nas ruas e procurar realizar as medições no início de cada mês.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço e a importância das discussões sobre o clima urbano são inquestionáveis. Este trabalho, tanto no estudo bibliográfico quanto no experimento realizado permitiu ratificar a importância na padronização dos equipamentos e procedimentos para a coleta de dados destes estudos do clima.

O transecto móvel é uma metodologia viável, flexível e de baixo custo, sendo que, com a adoção das recomendações de padronização realizadas neste estudo a qualidade dos trabalhos de identificação de variáveis climáticas como das ilhas de calor, ilhas de frescor, ilhas de umidade e ilhas secas poderão ser muito mais confiáveis e assim permitir a comparação dos dados entre diversas pesquisas em diferentes cidades do mundo com maior confiabilidade.

Importante também destacar que a padronização dos abrigos, bem como de todo o procedimento que envolve a metodologia dos transectos móveis não representa aumento dos custos com a pesquisa.

A possibilidade do emprego criterioso da metodologia do transecto móvel constitui uma ferramenta extraordinária nas questões de aprofundamento dos estudos da climatologia e criação de estratégias de solução de problemas ligados ao planejamento urbano e ambiental.

5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos no presente trabalho motivam estudos complementares, que possam contribuir para o avanço do conhecimento na padronização de instrumentos e procedimentos de medições de dados climáticos. Assim, recomenda-se:

- Verificar o desempenho de outros equipamentos alternativos, como anemômetros e pluviômetros;

- Analisar interferências para trajetos mais longos, com mais de 1 hora e se existe a necessidade de trajetos de transecto móvel iniciar e finalizar no mesmo ponto para validação dos dados;

- Ampliar o uso de equipamentos para medição de outros índices nos trajetos de transectos móveis, como por exemplo nível de pressão sonora.

6. BIBLIOGRAFIAS

6.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ALVES, E. D. L.; SPECIAN V. Estudo do Comportamento Termohigrométrico em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Iporá-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, PE, v. 3, n. 2, p. 87 – 95. 2010.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**. Fortaleza – CE, v. 9, n.1, p. 71 – 90. - 2010.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba – PR, v. 17, n. JAN/JUN, 2015.

AMORIM, M. C. C. T.; DORIGON, L. P.; CARDOSO, R. S. Métodos e técnicas em climatologia urbana: abordagens para o estudo do campo térmico das cidades. In: FONTES, M. S. G. C.; FARIA, J. R. G. Ambiente construído e sustentabilidade. Tupã - SP: ANAP, 2016.

ANJOS. M. W. B.; GANHO, N.; ARAÚJO, H. M. Uma análise dos contrastes topoclimáticos no espaço urbano e periurbano de Aracaju/SE: os campos térmicos e higrométricos. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba – PR, v. 13, n. JUL/DEZ, 2013.

ARAÚJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; BRAIDO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis. **Revista Formação**. Presidente Prudente – SP, v. 1, n. 17, 2010.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Passo Fundo/RS, v.14, p. 34 – 40, 2006.

ASSIS, D. C.; VIANNA, Y. C. G.; PIMENTEL, F. O.; OLIVEIRA, D. E.; FERREIRA, C. C. M. Mensuração de ilhas de calor em juiz de fora com uso de transecto móvel. In: XII SBCG, Goiânia. **Anais**. Goiânia: UFG, 2016. p. 1553 – 1564.

AZULA - AZ Comércio e Distribuição Ltda – EPP. **Abrigo meteorológico Azula**. 2018. Disponível em: <https://www.azula.com.br/abrigo-meteorologico-dust004/p> . Acesso em: 22 de agosto de 2018.

BARBIRATO, G. M.; MATTOS, A. Microclimas urbanos em Maceió – AL. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza – CE. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 1999.

BARBOSA, M. J.; BUSO, W. G. C.; LAMBERTS, R. Disposição dos equipamentos para medição da temperatura do ar em edificações. **Ambiente Construído**. Porto Alegre – RS, v. 7, n. 3, p. 89 – 108, 2007.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. Uso de barreiras de radiação para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar em edificações. **Ambiente Construído**. Porto Alegre – RS, v. 8, n. 4, p. 117 – 136, 2008.

BARROS, M. P. **Estudo microclimático e topofílico no Parque Mãe Bonifácia da cidade de Cuiabá-MT**. 2009. 147f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

_____. **Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano**. 2012. 171f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de estatística**. Ribeirão Preto - SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1996.

BINDA, A. L. M. J.; KOICHEMBOERGER, M. Topoclimas urbanos em Chapecó/SC: as interações entre a urbanização e o sítio urbano. **Boletim de Geografia**. Maringá – PR, v. 34, 2016.

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

COSTA, A.; LABAKI, L. C.; ARAÚJO, V. M. D. A methodology to study the urban distribution of air temperature in fixed points. **Proceedings of 2nd PALENC Conference and 8th AIVC Conference**, v. 1, p. 227-230, 2007.

COX, E. P. **Interação entre clima e superfície urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande/MT**. 2008. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; CASTRO NETO, P. **Notas de aula: Observações meteorológicas de superfície.** Lavras, 2012. Disponível em: <http://deg.ufla.br/site/adm/upload/file/Agrometeorologia/2%20-%20OBSERVACOES%20METEOROLOGICAS%20DE%20SUPERFICIE.pdf> .

Acesso em: 7 de janeiro de 2019.

DAVIS INSTRUMENTS. **Wireless Vantage Pro2™ with Standard Radiation Shield.** 2018. Disponível em: http://www.davisnet.com/weather/products/weather_product.asp?pnum=06152 .

Acesso em: 22 de agosto de 2018.

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

FRANCO, F. M. **Configuração Urbana e sua Interferência no Microclima Local: Estudo de Caso no Bairro do Porto em Cuiabá-MT.** 2010. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

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

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 2001.

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

GIVONI, B. **Man, climate and architecture,** Applied Science Publishers, London, 2nd. 1976.

HASENACK, H.; BECKE, V. L. Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, RS, utilizando o método de medidas móveis. In I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1990, Gramado – RS. **Anais.** Porto Alegre: ANTAC, 1990.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo meteorológico para medição de variáveis climáticas em ambientes externos. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios – RJ. **Anais.** Porto Alegre: ANTAC, 2011.

HOWARD, L. **The Climate Of London,** International Association for Urban Climate, London, 1833.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados da estação “Cuiabá-A901” código OMM “86705”**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php . Acesso em: 15 de outubro de 2018.

ISO - International Organization for Standardization. **7726 - Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities**. Genebra, 1998.

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

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

MACIEL, C. R. **Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT**. 2011. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

MAITELLI, G.T; CHILETTO E.D; ALMEIDA JUNIOR, N. L. Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. 13, 2004, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza, 2004.

MARQUES, J. B. **Desenvolvimento de sistema para monitoramento e aquisição de dados microclimáticos utilizando o programa EPICS**. 2016. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

MIRANDA, S. A. **Desempenho térmico em dormitórios e consumo de energia elétrica: estudo de caso em Cuiabá – MT**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

MODNA, D.; VECCHIA, F.. Calor e áreas verdes: um estudo preliminar do clima urbano de São Carlos - SP. **VIII Encontro Nacional de Conforto Ambiental e Construções**. Curitiba. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2003.

NAKATA, C. M. **Comportamento do pedestre e ambiente térmico urbano**. Dissertação (Mestrado em Desingn) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista., Bauru, 2010

NEVES, G. A. R. **Desenvolvimento de um sistema automatizado com sensores alternativos para coleta e armazenamento de dados micrometeorológicos**. 2013.

Tese (Doutorado em Física Ambiental- Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

NEVES, G. A. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S.; ARRUDA, P. H. Z.; MARQUES, J. B.; PALÁCIOS, R. S. Desenvolvimento e Calibração de um Termohigrômetro para uso em Pesquisas de Micrometeorologia, Agrometeorologia e Climatológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, PE, v. 8, n. 1, p. 136 – 143. 2015.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. Reino Unido, Vol. 108, n. 455, p. 1-24. Janeiro, 1982.

_____. **Towards better scientific communication in urban climate**. Áustria: Theoretical and Applied Climatology, 2005.

_____. Initial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites WMO. **Instruments and Observing Methods**. v. 81, 2006.

OLIVEIRA, M. J. **Avaliação experimental de interferências causadas pela radiação solar global e pela velocidade dos ventos em medições climatológicas da temperatura do ar**. 2007. Monografia (Engenharia Ambiental) USP, São Carlos, 2007.

ORTIZ, G. F. **O clima urbano de Candido Mota: análise do perfil térmico e higrométrico em episódios de verão**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012

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

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

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

RIBEIRO, K. F. A.; VALIN JR, M. O.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S.; DE MUSIS, C. R. Análise da temperatura interna e superficial em diferentes sombreamentos arbóreos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 10, p. 40-60, 2015.

RIBEIRO, K. F. A.; VALIN JR, M. O.; CHEGURY, J. Q. B. M.; SANTOS, F. M. M.; RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; NOGUEIRA, J. S. Efeito do sombreamento arbóreo na temperatura superficial e no fluxo de energia em diferentes coberturas urbanas em Cuiabá-MT. **Revista Sociedade e Natureza**. v. 30, n. 1, p. 183–204, 2018.

ROVANI, F. F. M.; COSTA, E. R.; CASSOL, R.; SARTORI, M. G. B. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em situação atmosférica de domínio da massa polar atlântica no inverno. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 6, p. 23–36, 2010.

SANCHES, J. C. **Uma metodologia para a inserção do clima como critério para o planejamento urbano: análise da cidade de Sinop-MT**. 2015. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SANTOS, F. M. M. **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso**. 2008. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

_____. **Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. 2012. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, 2012.

SANTOS, A. B. **Mapeamento termohigrométrico do município de Coari-AM**. 2017. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, 2017.

SERAFINI JÚNIOR, S.; ALVES, R. R. Miniabrigos meteorológicos: comparação e análise estatística para avaliação de eficiência. **GEOUSP - Espaço e Tempo (online)**, v. 18, p. 198-210, 2014.

SHARMA, R., GHOSH, A., JOSHI, P. K. Spatio-temporal footprints of urbanisation in Surat, the Diamond City of India (1990–2009). **Springer Science**, v.185, p. 3313-3325, 2013.

Sigma Sensors. Abrigo Meteorológico RS4. 2018. Disponível em: <https://sigmasensors.com.br/produtos/abrigo-meteorologico-rs4> . Acesso em: 22 de agosto de 2018.

SILVA, P. C. B. S. **Identificação de anomalias térmicas por sensoriamento remoto em Cuiabá/MT**. 2016. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

Squitter Meteorologia e Hidrologia. Abrigo meteorológico modelo sq15-s2160. 2018. Disponível em: <http://www.squitter.com.br/produtos/17/abrigo-meteorologico> . Acesso em: 07 de agosto de 2018.

Usina Ind. Comércio e Importação. Usina Info. 2018. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/> . Acesso em:09 de Agosto de 2018.

VALIN JR, M. O.; SANTOS, F. M. M. ; RIBEIRO, K. F. A. ; NOGUEIRA, M. C. J. A. ; NOGUEIRA, J. S. Análise da relação entre abrigos meteorológicos alternativos para pontos fixos e o comportamento de variáveis termo-higrométricas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 157-179, 2016.

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

VOOGT J. A. Urban Heat Island. In Munn. **Encyclopedia of Global Environmental Change**. Chichester, s.n., 2004.

WMO. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. WMO-No. 8. 2014. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=12407#.XDSYU1xKhPZ . Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

ZAVITOSKI, É. V. S.. **Análise termohigrométrica nos eixos viários centrais da malha urbana original de Sinop-MT**. 2018. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

6.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

CAMPELO JUNIOR, J. H.; PRIANTE FILHO, N.; CASEIRO, F. T. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: **III Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente**, Londrina. Anais... 1991. Londrina, 1991.

CASTELHANO, F. J.; ROSEGHINI, W. F. F. A. Utilização de policloreto de vinila (PVC) na construção de mini-abrigos meteorológicos para aplicação em campo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 9, ed. JUL/DEZ, p. 48-55, 2011.

HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C.; SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A.. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 Ed. Especial SIC, 2015.

LUZ, V. S. **Estudo da interação das variáveis microclimáticas com a cobertura do solo urbano**. 2013. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, MT: UFMT, 2013.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem Tridimensional do clima urbano em área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT**. Tese (Doutorado em Climatologia) - Universidade de São Paulo USP, 1994.

MONTEIRO, C. A de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano: teoria e clima urbano**. Ed. Contexto. São Paulo, p. 9-69, 2003.

NINCE, P. C. C. **Vegetação e revestimentos urbanos: implicações na sensação térmica dos usuários do campus da UFMT em Cuiabá-MT**. 2013. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, MT: UFMT, 2013.

OLIVEIRA, A. S. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia em residências na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso**. 2007. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, MT: UFMT, 2007.

ROMERO, M. A. B. Desenho da Cidade e Conforto Ambiental. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, v. 7, ed. Março, p. 12-19, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife : s.n., 2006.