

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

**CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET
(TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE) EM
ESPAÇOS ABERTOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT**

KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO

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

**Cuiabá, MT
Dezembro de 2019**

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

**CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET
(TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE) EM
ESPAÇOS ABERTOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT**

KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO

Tese apresentada junto 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
Dezembro de 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

R484c RIBEIRO, KARYN FERREIRA ANTUNES.
CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET
(TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE) EM ESPAÇOS ABERTOS
PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT / KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO.
-- 2019
106 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. Configurações urbanas. 2. Conforto térmico em espaços abertos. 3. Variáveis
microclimáticas. 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.

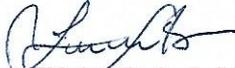
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET
(TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE) EM
ESPAÇOS ABERTOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT**

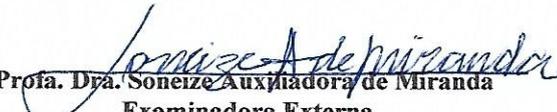
AUTORA: KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 11 de dezembro 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
Instituto de Física – IF/UFMT


Profa. Dra. Soneize Auxiliadora de Miranda
Examinadora Externa
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT


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

DEDICATÓRIA

Ao Deus Pai autor da minha vida,
ao meu esposo Rafael e a minha princesa Isadora.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço primeiramente a Deus por ter guiado e dirigido os meus passos para mais um degrau dos meus sonhos, a Ti seja toda honra e toda glória;
- Sou imensamente grata aos meus familiares, pois foram essenciais para concretização deste sonho. Em especial ao meu esposo Rafael, a minha filha Isadora e aos meus pais Luiz Carlos e Aracy;
- A minha querida orientadora Prof.^a Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos pela oportunidade, confiança e ensinamentos que adquiri sendo sua orientanda;
- A Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelo conhecimento, apoio e carinho;
- Aos Profs. Dr. José de Souza Nogueira e Dr. Sérgio pela dedicação e empenho no programa de pós-graduação;
- Ao Prof. Dr. Carlo Raph De Muis pelo auxílio nas análises estatísticas, sempre disposto a me ajudar;
- Ao Prof. Dr. João Basso e ao colega Élio pela contribuição e disposição em confeccionar os equipamentos alternativos impressos em 3D;
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pelo conhecimento obtido;
- Ao meu pai Luiz Carlos pela contribuição e ajuda necessária para o desenvolvimento da pesquisa;
- Agradeço imensamente aos voluntários que responderam os questionários e se dispuseram em ajudar;
- Ao Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT);
- A todos os colegas e amigos da Pós-graduação pelo convívio harmonioso;
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.

EPÍGRAFES

*“O Senhor é a minha luz e a minha salvação;
de quem terei temor? O Senhor é o meu forte
refúgio; de quem terei medo?”.*

Salmos 27:1

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMÁTICA	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 CONFORTO TÉRMICO	3
2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NO CONFORTO TÉRMICO	4
2.2.1 Termorregulação nos seres humanos	4
2.2.2 Variáveis que influenciam na sensação de conforto térmico	6
2.2.3 Fator de visão do céu (FVC)	10
2.3 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET	10
2.3.1 Calibração do PET	14
3 ÁREA DE ESTUDO	16
3.1 AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA CIDADE DE CUIABÁ	16
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PORÇÃO URBANA DE ESTUDO	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 COMPOSIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS	20
4.2 MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS NOS DIFERENTES CENÁRIOS	23
4.3 AFERIÇÃO DA SENSÇÃO TÉRMICA DA POPULAÇÃO LOCAL ..	28
4.3.1 Composição dos Questionários	28
4.4 ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET	31
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	36
5.1 AFERIÇÃO DOS SENSORES DATALOGGERS E CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE VELOCIDADE DO VENTO ALTERNATIVO	36
5.2 ANÁLISE DOS DADOS MICROCLIMATOLÓGICOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS, PERÍODOS E HORÁRIOS	38

5.2.1	Análise descritivas das variáveis: temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento e temperatura radiante média, nos diferentes cenários e períodos	43
5.3	ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS PELOS QUESTIONÁRIOS ..	44
5.3.1	Relação entre conforto térmico (questão C) e efeito da radiação solar (TRM-Ta)	48
5.4	ANÁLISE DA SENSAÇÃO TÉRMICA E O FATOR DE VISÃO DO CÉU (FVC) NOS DIFERENTES CENÁRIOS E HORÁRIOS	49
5.5	ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET E SUA CALIBRAÇÃO PARA CUIABÁ	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
7	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	57
8	BIBLIOGRAFIAS	58
8.1	BIBLIOGRAFIAS CITADAS	58
8.2	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	71
	ANEXO A – Tabela com as pesquisas bibliográficas de 2006 a 2019	75
	ANEXO B – Modelo do questionário utilizado	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trocas térmicas tanto pela pele quanto pela respiração	5
Figura 2 – Mapa da localização da cidade de Cuiabá, estado de Mato Grosso e Brasil	16
Figura 3 – Valores de referência da Normal Climatológica da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação média mensal para Cuiabá no período de 1981 a 2010.....	17
Figura 4 – Porção urbana estudada localizada no campus da UFMT	18
Figura 5 – Mapa de classificação do solo da porção urbana estudada	19
Figura 6 – Local da realização das coletas de dados, cenário 1 (C1), cenário 2 (C2) e cenário 3 (C3)	20
Figura 7 – Diferentes cenários com a sequência de troca de cada ambiente nos períodos quente-úmido (a) e quente-seco (b)	21
Figura 8 – Câmera com a lente “olho de peixe” para obter o FVC.....	22
Figura 9 – Foto obtida pela câmera com a lente “olho de peixe” do cenário 1 (a) e a..	22
Figura 10 – A estação micrometeorológica completa (A), abrigo utilizado para proteger o sensor datalogger e o sensor (B).....	24
Figura 11 – Desenho em CAD do anemômetro (a) e da direção do vento (b).....	26
Figura 12 – Peças impressas e componentes do anemômetro (a) e da direção do vento (b)	27
Figura 13 – Interface do programa RayMan Pro versão 3.1 Beta para inserção de dados locais, o(s) índice(s) analisado(s), características pessoais, vestimenta e metabolismo.	32
Figura 14 – Inserção dos arquivos de dados e resultado dos cálculos no RayMan.....	33
Figura 15 – Interface do programa SPSS para realizar a regressão ordinal	34
Figura 16 – Interface do programa SPSS para realizar a discretização da variável PET	34
Figura 17 – Interface do programa SPSS para realizar o gráfico de barras empilhadas	35
Figura 18 – Calibração dos sensores alternativos, sensor 1 (a), sensor 2 (b) e sensor (3), validação dos sensores alternativos, sensor 1 (c), sensor 2 (d) e sensor 3 (e)	37
Figura 19 – Temperatura do ar nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)	39

Figura 20 – Umidade relativa do ar nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h).....	40
Figura 21 – Temperatura radiante média nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)	41
Figura 22 – Velocidade do vento nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3(exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h).....	42
Figura 23 – Frequência da direção do vento nos cenários (C1, C2 e C3), períodos quente-úmido (a) e quente-seco (b).....	43
Figura 24 – Conforto térmico (questão C) em função da Ta e da diferença entre TRM e Ta da temperatura radiante média nos três cenários (C1, C2 e C3)	49
Figura 25 – Índice de conforto térmico PET nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3(exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)	52
Figura 26 – Frequência das respostas de percepção térmica em função das categorias do PET	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metabolismo para diferentes atividades	8
Tabela 2 – Valores de clo para roupas, masculina e feminina.....	9
Tabela 3 – Sensação térmica para o índice de conforto térmico PET	12
Tabela 4 – Índices PET (°C) para diferentes localidades	14
Tabela 5 – Datas das coletas realizadas nessa pesquisa	23
Tabela 6 – Dados dos sensores	24
Tabela 7 – Descrições dos componentes utilizados.....	25
Tabela 8 – Divisões da população, baseada no censo de 2010, na faixa etária de 20-64	28
Tabela 9 – Perguntas dos questionários sobre percepção, preferência, avaliação e sensibilidade térmica	29
Tabela 10 – Categorias das variáveis individuais.....	30
Tabela 11 – Aferição dos sensores dataloggers com a diferença média dos dados registrado	36
Tabela 12 – Erro Médio Quadrático (RMSE), Erro Médio Absoluto (MAE), Desvio das Médias (MBE) e Coeficiente de Willmott (d) entre as medidas obtidas com sensor de referência (sônico) e o anemômetro alternativo	37
Tabela 13 – Estatística descritiva das variáveis microclimáticas (Ta, UR, Vv e TRM) nos diferentes cenários (C1, C2 e C3) e períodos (QU e QS).....	44
Tabela 14 – Porcentagens das respostas sobre percepção, preferência, conforto e sensibilidade térmica, nos diferentes cenários e períodos	45
Tabela 15 – Porcentagens das respostas sobre as variáveis microclimáticas	46
Tabela 16 – Porcentagem dos dados pessoais obtidos pelos questionários, são eles: altura, peso, idade (separados pelo sexo).....	47
Tabela 17 – Porcentagem da sensação térmica em diferentes cenários (C1, C2 e C3), períodos quente-seco (QS) e quente-úmido (QU) e fator de visão do céu (FVC).....	50
Tabela 18 – Frequência das respostas de percepção térmica em função das categorias do PET	54
Tabela 19 – Resultado da calibração do índice PET para Cuiabá e as calibrações de outras localidades internacionais.....	54
Tabela 20 - Resultado final da calibração do índice PET para Cuiabá e as calibrações de outras cidades brasileiras	55

Tabela 22 – Levantamento das pesquisas realizadas sobre os índices de conforto térmico em espaços abertos nos últimos anos (2006-2019), estudos internacionais e nacionais, com foco especial no índice PET	75
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Porcentagem

° - Graus

°C - Unidade de medida de temperatura em graus Celsius

am - antes do meio-dia

ASHRAE - Sociedade Americana de Aquecimento, Engenharia de Refrigeração e Ar Condicionado

clo - Unidade de medida de isolamento da roupa

cm - Unidade de medida de comprimento em centímetros

D - Diâmetro

ϵ - Emissividade

h - Unidade de medida de tempo em horas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

ISB - *International Society of Biometeorology* (Sociedade Internacional de Biometeorologia)

ISO - *International Standards Organization* (Organização Internacional de Norma)

ITS - Índice de estresse térmico

K - Kelvin

kg - Unidade de medida de massa em kilograma

m - Unidade de medida de comprimento em metro

m/s - Unidade de medida de velocidade em metros por segundo

m² - Unidade de medida de área em metro quadrado

m². K/W - Metro quadrado Kelvin por Watts

m².K/W - Unidade de medida de isolamento da roupa em metro quadrado Kelvin por watt

MEMI - *Munich Energy-Balance Model for Individuals* (Modelo de balanço energético de Munique para indivíduos)

met - Unidade de medida de taxa metabólica

min - Unidade de medida de tempo em minutos

mm - Unidade de medida de comprimento milímetros

MT - Mato Grosso

OUTSET - índice de ambiente térmico externo

PET - *Physiological Equivalent Temperature* (Temperatura Equivalente Fisiológica)

PGFA - Pós-graduação em Física Ambiental

pm – após o meio-dia

PMV - *Predicted Mean Vote* (Voto Médio Predito)

PPD - *Predicted Percentage Dissatisfied* (Percentual de Pessoas Desconfortáveis)

PVC – Policloreto de vinila

RNA – Rede neural artificial

SET - Nova Temperatura Efetiva Padrão

Ta – Temperatura do ar

TCI – Índice climático do turismo

TEP – Temperatura equivalente percebida

Tg – Temperatura de globo

TRM – Temperatura radiante média

TSV – Voto de sensação térmica

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

UR – Umidade relativa do ar

W/m² - Unidade de medida de taxa metabólica em watts por metro quadrado

WBGT - Índice de bulbo úmido e temperatura de globo

YDS – Sensação de conforto térmico

α – Valor de significância

RESUMO

RIBEIRO, K. F. A. **Calibração do índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2019. 106f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Estudos em ambientes abertos e nas grandes metrópoles demonstram que a urbanização tem influenciado no microclima local e frequentemente no conforto térmico e na qualidade de vida dos habitantes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo geral calibrar o índice de conforto térmico PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) para a cidade de Cuiabá-MT. Foram realizadas coletas de dados microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo, velocidade e direção do vento) em três diferentes situações: sombreamento arbóreo (C1), sombreamento artificial com guarda-sol (C2) e exposto ao sol (C3). Em conjunto foram realizados questionários com intuito de verificar a preferência, a percepção e o conforto térmico dos entrevistados nos diferentes ambientes. Foram confeccionados abrigos para os sensores *dataloggers* e os termômetros de globo (cor cinza), a partir de informações encontradas na literatura. Os equipamentos de velocidade e direção do vento foram desenvolvidos em laboratório e algumas peças foram impressas em 3D. Os dados foram coletados em 2 dias de cada estação do ano, na primavera de 2018, verão, outono e inverno de 2019. Ao analisar as variáveis microclimáticas coletadas nos diferentes cenários, verificou-se que os valores com maiores diferenças ocorreram entre o cenário 1 (arborizado) e o cenário 3 (exposto ao sol). Foi possível adaptar cinco categorias do índice PET, pouco frio, confortável, pouco quente, quente e muito quente. A faixa confortável para Cuiabá, nesse estudo, ficou entre 23,01 a 34,64°C. Ao realizar a correlação das respostas dos usuários, quanto a percepção e preferência térmica nos diferentes cenários, verificou-se que no cenário 1 ocorreu a maior porcentagem de conforto térmico e no cenário 3, a maior de desconforto térmico, reforçando a influência da arborização no conforto térmico. Neste sentido, o sombreamento arbóreo pode contribuir de forma significativa na melhora da sensação térmica. Os resultados obtidos nesta pesquisa podem contribuir para o esclarecimento de questões referentes à percepção e ao conforto térmico em espaços abertos em Cuiabá, e assim podendo orientar políticas públicas em projetos urbanísticos relacionados a esse tema.

Palavras-chave: Configurações urbanas, conforto térmico em espaços abertos, e variáveis microclimáticas.

ABSTRACT

RIBEIRO, K. F. A. **Calibration of PET thermal comfort index (equivalent physiological temperature) in open spaces for the city of Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2019. 106f. Doctoral Thesis - Postgraduate Program in Environmental Physics, Federal University of Mato Grosso.

Studies in open environments and in large cities show that urbanization has influenced the local microclimate and often the thermal comfort and quality of life of the inhabitants. In this context, the present study aimed to calibrate the PET thermal comfort index (Equivalent Physiological Temperature) for the city of Cuiabá-MT. Microclimatic data collection (air temperature, relative humidity, globe temperature, wind speed and direction) was collected in three different situations: arboreal shading (C1), artificial shade with umbrella (C2) and sun exposure (C3). Together, questionnaires were conducted in order to verify the preference, perception and thermal comfort of respondents in different environments. Shelters for dataloggers sensors and globe thermometers (gray color) were made from information found in the literature. The wind speed and direction equipment were developed in the laboratory and some parts were printed in 3D. Data were collected on 2 days of each season, in spring 2018, summer, autumn and winter 2019. By analyzing the microclimatic variables collected in the different scenarios, it was found that the values with the largest differences occurred between scenario 1 (wooded) and scenario 3 (exposed to the sun). It was possible to adapt five categories of PET index, cold, comfortable, warm, warm and very hot. The comfortable range for Cuiabá, in this study, was between 23.01 to 34.64 ° C. When correlating the users' responses regarding the perception and thermal preference in the different scenarios, it was found that in scenario 1 the highest percentage of thermal comfort occurred and in scenario 3, the highest thermal discomfort, reinforcing the influence of afforestation on thermal comfort. In this sense, tree shading can significantly contribute to the improvement of thermal sensation. The results obtained in this research can contribute to the clarification of issues regarding the perception and thermal comfort in open spaces in Cuiabá, and thus can guide public policies in urban projects related to this theme.

Keywords: Urban configurations, thermal comfort in open spaces, and microclimatic variables.

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

Nas últimas décadas houve o crescimento elevado da população mundial nas áreas urbanas. Porém, na maioria das vezes esse crescimento ocorreu de maneira desordenada, sem planejamento e com deficiência na infraestrutura, provocando modificações no ambiente natural, como por exemplo, a substituição de áreas naturais por materiais impermeáveis.

Os materiais tradicionalmente empregados nas áreas urbanas apresentam características próprias, de armazenarem e emitirem energia, gerando alterações climáticas locais, como por exemplo o aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa do ar, que influenciam diretamente no conforto térmico dos seres humanos e impactando de maneira negativa na qualidade de vida e nas condições de saúde.

Os índices de conforto térmico contribuem para um melhor conhecimento da percepção térmica em espaços abertos. O índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) é baseado no balanço térmico do corpo humano, no qual apontam os efeitos do ambiente térmico em condições de conforto ou desconforto térmico para calor ou frio.

A percepção de conforto térmico é o resultado da interação das variáveis climáticas e pessoais, sendo necessário a utilização de índices de conforto térmico que considerem essas variáveis e que avaliem para as reais condições locais.

O Brasil é um país com dimensões territoriais extensas, com proporções continentais, as diversas regiões brasileiras possuem diferentes características climáticas, sendo necessário realizar estudos para entender a atual condição de cada localidade, desse modo cabe ressaltar que já foram realizadas em diversas cidades brasileiras a calibração para o índice PET, porém para a cidade de Cuiabá não foi encontrado estudo com tal objetivo, sendo este o primeiro estudo a ser proposto.

Cuiabá é uma cidade que apresenta características peculiares, temperaturas do ar elevadas e poucas nebulosidades praticamente o ano todo. Devido a sua topografia e localidade os ventos são fracos, o que torna o ambiente externo bastante desconfortável durante o dia. Portanto é fundamental estudar a percepção e o conforto

térmico em espaços abertos, para elaborar estratégias bioclimáticas que minimizem esse problema local, por meio de orientações de políticas públicas em projetos urbanísticos sobre esses assuntos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O ser humano é capaz de adaptar-se as condições climáticas a qual estão sujeitos, devido ao processo definido como aclimatação, as sensações de conforto térmico em habitantes de climas específicos (tropicais e temperados) resultam em distintas respostas ao conforto térmico em espaços abertos.

Diversos índices preditivos de conforto térmico foram propostos com objetivo de estimar a sensação térmica dos indivíduos. Estudos indicam que índice de conforto térmico mais apropriada para avaliar as condições de conforto térmico dos ambientes ao ar livre é o PET, que foi desenvolvido para a população de países europeus. A realidade climática europeia é diferente da realidade de regiões tropicais, como a do Brasil, portanto é necessário avaliar a adequação das escalas de sensação térmica, desenvolvidos em países de clima temperados para a realidade de países de clima tropicais.

Portanto, este estudo tem como o objetivo geral calibrar o índice de conforto térmico PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) para a cidade de Cuiabá-MT. Os objetivos específicos são: analisar os dados microclimáticos em diferentes condições quanto aos períodos sazonais quente-seco (QS) e quente-úmido (QU), aos horários do dia (8h – 16h) e para os cenários propostos, C1, C2 e C3; verificar a influência das diferentes coberturas nas variáveis meteorológicas; analisar as respostas obtidas por meio de questionários utilizados nessa pesquisa; analisar a sensação térmica e o fator de visão do céu (FVC) nos diferentes cenários pesquisados e calibrar o índice PET para a cidade de Cuiabá-MT.

Dessa forma, este estudo apresenta a calibração do índice de conforto térmico PET em espaços abertos na cidade de Cuiabá, visando contribuir com estudos futuros relacionados com conforto térmico em ambientes externos, que são fundamentais para elaborações de projetos urbanísticos com o intuito de tornar esses ambientes mais confortáveis termicamente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Monteiro e Alucci (2005) durante o século XVIII foram levantadas opiniões sobre a sensação térmica em ambientes fechados, porém os primeiros estudos relacionados ao stress térmico surgiram no século XIX, na Europa, motivados pelos problemas de saúde de trabalhadores. Contudo, somente a partir do início do século XX que foram possíveis medir as variáveis e correlacioná-las com o conforto térmico, após o surgimento do sistema de ar condicionado.

A maioria dos estudos e pesquisas realizadas sobre conforto ambiental foram desenvolvidas em ambientes fechados (escritórios, colégios, habitações etc.) visto que nesses ambientes são possíveis controlar as variáveis envolvidas. Em contrapartida estudar conforto ambiental em áreas abertas ou expostas requerem maiores desafios, pois não são possíveis controlar variáveis como: radiação solar, velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar. Outra dificuldade encontrada é a questão da aclimatação dos indivíduos, que gera necessidade de estudos experimentais mais complexos (RANCURA, 2011).

Segundo a ASHRAE 55 (2013) conforto térmico é definido como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico. Pinto (2011) observa que esta definição é fácil de acatar, porém difícil de converter em parâmetros físicos mensuráveis.

O conforto térmico pode ser definido também como a sensação de neutralidade experimentada pelo ser humano em determinado ambiente. A neutralidade térmica é a condição na qual uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio em relação ao ambiente térmico em que se encontra (FANGER, 1970).

Segundo Hirashima (2014) a sensação térmica está intrinsecamente relacionada às trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Nos momentos em que essas trocas ocorrem sem dificuldades, significa que o indivíduo está se sentindo confortável termicamente.

Outra definição para conforto térmico é “o resultado de uma combinação e/ou adaptação dos parâmetros tanto do ambiente quanto do próprio corpo humano” (PEETERS; DE DEAR; HENSEN; D' HAESELEER; 2009).

2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NO CONFORTO TÉRMICO

2.2.1 Termorregulação nos seres humanos

O ser humano é um ser homeotérmico, isto é, possui a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de um certo intervalo pré-determinado apesar das variações térmicas do meio ambiente. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos — entre 36,1 e 37,2°C —, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Para manter a temperatura corporal constante, o corpo humano produz calor e o troca com o ambiente. Esta troca é regida por leis físicas, pelos mecanismos de adaptação fisiológica e por fatores ambientais e individuais (ROSSI, 2012).

Segundo a mesma pesquisadora a termorregulação é um sistema do organismo que permite manter a temperatura corporal interna constante, de forma a regular a temperatura à do ambiente.

Desta maneira, em um local quente, o organismo entra no processo chamado de vasodilatação, onde ocorre maior fluxo de sangue nos vasos superficiais, o aumento da temperatura da pele e da dissipação do calor por convecção e radiação. Quando a vasodilatação não é suficiente, ocorre a produção de suor, permitindo que o corpo dissipe calor por evaporação.

Em situação inversa, ou seja, local frio, o organismo busca equilíbrio térmico pela vasoconstrição, que permite reduzir o fluxo de sangue nos vasos superficiais, a circulação sanguínea é conduzida para o cérebro e órgãos vitais, a temperatura da pele diminui e a troca de calor com o ambiente é reduzida. Quando a vasoconstrição não é suficiente, ocorrem os tremores, o aumento do metabolismo e do calor interno.

Os mecanismos de trocas térmicas podem ocorrer pela pele e pela respiração:

a) pela pele - calor sensível, por convecção e radiação e, calor latente, por evaporação do suor e difusão da umidade da pele;

b) pela respiração - calor sensível por convecção e calor latente, por evaporação (Figura 1).

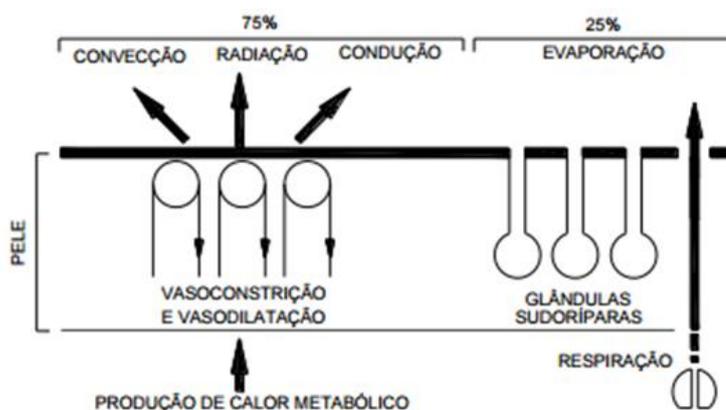


Figura 1 – Trocas térmicas tanto pela pele quanto pela respiração

FONTE: Adaptado de Novieto (2009)

A intensidade dessas trocas térmicas (radiação, condução, convecção e evaporação) está relacionada com às variáveis ambientais, como a temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e a radiação, pois estas interferem constantemente no equilíbrio e na percepção térmica das pessoas (ROMERO, 2001).

A condução segundo McARDLE et al. (1998) apud Pagnossin, Buriol e Graciolli (2001)¹, ocorre quando o organismo entra em contato com outros objetos mais quentes ou mais frios, pois a maior parte do calor do corpo é transportado para a superfície através da circulação. O nível da perda de calor por condução está relacionado ao gradiente de temperatura e suas características térmicas. Normalmente, o organismo humano está protegido através de vestimentas, e com isso as trocas de calor por condução são reduzidas. A troca por convecção ocorre pelo movimento da camada de ar próxima à pele, que tende a retirar o ar quente e substituí-lo por outro mais frio. A radiação se dá pelas trocas de calor com o ambiente, sendo a pele um absorvente e radiador de calor. A evaporação é o mecanismo mais importante para manter o equilíbrio térmico no organismo.

¹ McARDLE, W.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. 1998. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan apud PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; GRACIOLLI, M. A. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciên. Biol. e da Saúde, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 149-161, 2001.

2.2.2 Variáveis que influenciam na sensação de conforto térmico

De acordo com Ruas (1999) o conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média (TRM), umidade relativa do ar (UR), temperatura do ambiente (Ta) e velocidade relativa do ar (VR) com a atividade desenvolvida no momento (taxa metabólica) e com a vestimenta (clo) usada pelas pessoas.

a) Temperatura radiante média: é a variável que expressa as trocas radiativas entre o corpo humano e o ambiente em que se encontra, ou seja, os efeitos térmicos a que o homem está submetido no ambiente real (heterogêneo) ou ideal (homogêneo) (ISO 7726/ 1998).

A temperatura radiante média depende das variáveis: temperatura do ar, temperatura e emissividade do globo, e velocidade do ar (ISO 7726/1998). O termômetro de globo cinza é indicado quando houver exposição ao sol, em função da sua absorção de radiação térmica de onda curta ser aproximada à das pessoas normalmente vestidas (HIRASHIMA; ASSIS, 2011).

Em ambientes abertos, a temperatura radiante média é um dos parâmetros meteorológicos mais importantes para avaliação do conforto térmico humano (THORSSON et al., 2007). Para o cálculo da temperatura radiante média, com base nos valores de temperatura de globo cinza, de 40 mm, utiliza-se a equação estabelecida pela ISO 7726 (1998), para convecção forçada (EQUAÇÃO 1).

$$TRM = \left[(Tg + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times va^{0,6}}{\epsilon_g \times D^{0,4}} (Tg - Ta) \right]^{1/4} - 273 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

TRM = Temperatura radiante média, em °C

Tg = Temperatura do globo, em °C

Ta = Temperatura do ar, em °C

V = Velocidade do ar, em m/s

ϵ = Emissividade do globo, adotando-se 0,9 (OKE, 1978)

D = Diâmetro do globo (m)

b) Umidade Relativa do ar (%): é a variável que representa a relação entre a quantidade de vapor d'água contida no ar e o seu máximo valor possível, em uma dada temperatura (DEPROT, 2002). É representada em porcentagem pela relação entre pressão parcial de vapor d'água e pressão parcial de saturação do vapor d'água (LAMBERTS et al., 1997).

A umidade do ar conjuntamente com a velocidade do ar intervém na perda de calor por evaporação e como aproximadamente 25% da energia térmica gerada pelo organismo são eliminados sob a forma de calor é importante que as condições ambientais favoreçam estas perdas, no caso de desconforto por calor. Entretanto, se o ar estiver saturado, a evaporação não é possível, o que faz a pessoa começar a ganhar mais calor quando a temperatura do ar for superior a da pele, e no caso em que o ar esteja seco, as perdas de calor continuam mesmo com temperaturas mais elevadas (LAMBERTS et al., 2005; STRAUB, 2016)

c) Temperatura do ar (°C): Grandeza física resultante do balanço energético entre a atmosfera e a superfície terrestre, variando em função do decorrer do tempo e do lugar, em localidade específica e particular. Os fatores que influenciam a temperatura do ar são: incidência solar, natureza da superfície, localização do ambiente de referência em relação aos corpos hídricos, o relevo, os ventos predominantes e as correntes oceânicas (AYOADE, 2003).

A temperatura do ar é considerada uma das principais variáveis do conforto térmico. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pela diferença de temperatura entre a pele e o ar (SANTOS, 2008). Nikolopoulou e Lykoudis (2006) analisaram os resultados do monitoramento microclimático e humano, e confirmam que existe uma forte relação entre as condições microclimáticas e o conforto, ressaltando a temperatura do ar e a radiação solar foram os parâmetros mais importantes do conforto.

d) Velocidade do vento (m/s): esta variável pode ser considerada como imprevisível, adotando-se perfis de caráter de interdependência entre suas ocorrências. É descrita por sua magnitude, direção e sentido (SOUZA, 2010). Segundo Branco (2014) o vento é mensurado através do anemômetro, que possui pás que giram em função do vento. Enquanto a biruta é utilizada para identificar a direção do vento. A

escala de Beaufort determina a força do vento em escalas de 0 (calmaria) até 12 (furacão).

O movimento do ar interfere no conforto térmico devido a sua influência nos processos de troca de calor do corpo com o meio por convecção e por evaporação. Podendo ser benéfica quando o aumento da velocidade do ar provocar uma desejável aceleração nos processos de perda de calor do corpo, ou prejudicial quando a perda de calor é indesejável e provoca o resfriamento excessivo do corpo com um todo, ou de uma de suas partes (LAMBERTS et al., 2014).

Assim, pode-se concluir que em climas quentes e úmidos a ventilação é um fator que influencia na obtenção do conforto térmico, visto que por meio dela pode-se atenuar o desconforto causado pelo calor através do processo de evaporação do suor.

e) Atividade desenvolvida (taxa metabólica): A taxa metabólica está diretamente relacionada com à atividade física desenvolvida pelos entrevistados. Quanto maior a atividade física realizada, maior será o calor gerado por metabolismo (LAMBERTS et al., 1997; HIRASHIMA, 2014). A Tabela 1 exibe os principais valores de taxa metabólica para diferentes atividades realizadas.

Tabela 1 – Metabolismo para diferentes atividades

Atividade	Velocidade (km/h)	Taxa Metabólica (W/m ²)
Dormindo	0	40
Reclinado	0	45
Sentado	0	55
Em pé, relaxado	0	70
Caminhando		
	2	110
Superfície plana sem carga	3	140
	4	165
	5	200
Superfície plana com carga	10kg	185
	30kg	250
Aclive sem carga	5° de inclinação	180
	15° de inclinação	210
	25° de inclinação	300
Aclive com carga (20kg)	5° de inclinação	270
	15° de inclinação	410
	5° de inclinação	135
Declive sem carga	15° de inclinação	140
	25° de inclinação	180
Atividades sedentárias (Escritório, escola, laboratório)	-	70

FONTE: Adaptado de ISO 8996 (2004); FANGER (1982)

As produções metabólicas também são influenciadas por fatores como: faixa etária e sexo. Pois, com o aumento da idade, a quantidade de massa magra no corpo diminui, conseqüentemente reduzindo o metabolismo com o passar dos anos. (WILMORE, 2001).

f) Vestimenta (clo): A vestimenta é uma camada de isolamento entre o corpo e o ambiente. A norma ISO 7730 (2005) estabelece a medida “clo” (advinda do termo clothing) para medir o nível de vestimenta, sendo 1 clo correspondente a 0,155 m². K/W. A determinação de 1 clo foi feita com base em medições em manequins aquecidos (FANGER, 1970), as quais se encontram em tabelas das normas ISO 7730 (2005) e ISO 9920 (2007). O isolamento total da roupa pode ser expresso como a soma das contribuições das peças individuais de vestimenta utilizada (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de clo para roupas, masculina e feminina

Clo	Roupa Masculina	Roupa Feminina
0,5	Roupa de banho/ piscina, chinelo	Roupa de banho/ piscina, chinelo
0,15	Bermuda e Chinelo	Biquíni e Canga, chinelo
0,19	Short, camiseta e chinelo	Short ou saia e camiseta, vestido curto e sandália
0,25	Bermuda, camiseta e sapato fechado	Bermuda ou saia longa e camiseta, ou vestido longo, e sapato fechado
0,31	Camisa manga curta, bermuda e sapato fechado	Camisa manga curta, bermuda e sapato fechado, ou vestido longo de tecido mais grosso e pesado
0,50	Camisa manga curta, calça jeans e sapato fechado	Camisa manga comprida, calça jeans e sapato fechado
0,69	Camisa manga comprida, calça jeans e sapato fechado	Camisa manga comprida, calça jeans e sapato fechado
0,79	Camisa manga comprida, calça jeans e sapato fechado	Camisa manga comprida de frio, calça jeans e sapato fechado
0,99	Terno ou blusa de frio mais grossa	Roupa de frio (duas camisas de mangas compridas) ou blusas mais grossas
1,4	Roupa de frio, cachecol e sobretudo (em frio intenso)	Roupas de frio, cachecol e sobretudo (em frio intenso)

FONTE: Norma ISO 9920/2007

Os diferentes tipos de vestimentas são uma das formas do ser humano se adaptar a situação do ambiente que está exposto e o tornar o mais confortável possível termicamente.

2.2.3 Fator de visão do céu (FVC)

Segundo Minella; Rossi; Krüger (2009) o clima urbano é decorrente da ação de diversas variáveis, entre elas o fator de visão do céu, índice definido como a razão entre a porção de céu visível visto de um determinado ponto e o céu potencialmente disponível a partir deste ponto. O fator de visão do céu exerce influência no ganho de radiação solar direta, influenciando a ilha de calor diurna ou estresse térmico diurno (RIBEIRO; FIDELIS; CARVALHO, 2008).

O fator de visão do céu é um parâmetro adimensional utilizado para expressar a relação entre a área visível do céu e da porção do céu coberto por obstáculos vistos de um ponto específico de observação (OKE, 2005). O valor do FVC varia de 0 (zero) até 1, sendo que o valor 1 corresponde a uma área sem qualquer obstáculo que se interponha entre o ponto escolhido e o céu (MINELLA; ROSSI; KRÜGER, 2009).

2.3 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET

O índice PET foi introduzido por Mayer e Höppe (1987), que se basearam no modelo MEMI (Modelo de balanço energético de Munique para indivíduo²), que considera não apenas as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, mas também a variável temperatura radiante média e é baseado na equação de equilíbrio térmico humano (Equação 2) em estado de uniformidade (HÖPPE, 1999; LOIS; LABAKI, 2001; HIRASHIMA et al., 2018).

Segundo Höppe (1999), o PET é definido como a temperatura fisiológica equivalente, em um ambiente (interno ou externo), à temperatura do ar de um cenário interno de referência, no qual o balanço térmico do humano (metabolismo de 80W devido a atividade física leve adicionado ao metabolismo basal, resistência térmica da roupa 0,9 clo) é mantido com temperatura da pele e do centro do corpo iguais àquelas das condições em avaliação.

Os seguintes pressupostos são feitos para o ambiente interno de referência:

² O MEMI é definido pelo seguinte sistema de equações: a de balanço de energia do corpo humano; a que descreve o fluxo de calor (Fcs) do interior do corpo humano para a superfície da pele e o fluxo de calor da superfície da pele para a superfície externa da roupa, sendo possível o cálculo da temperatura média da pele, temperatura da roupa e temperatura interna do corpo, quando são conhecidos os parâmetros climáticos e os pessoais (GIRALT, 2006)

- a) Temperatura radiante média igual à temperatura do ar;
- b) Velocidade do ar de 0,1 m/s;
- c) Pressão de vapor de água de 12 hPa (umidade relativa de 50% a uma temperatura do ar de 20 °C);

O cálculo do índice PET é obtido utilizando o sistema de equações do modelo MEMI, apresentado nas equações a seguir:

$$M + W + R + C + E_D + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0 \quad \text{Equação 2}$$

$$F_{CS} = v_b \times p_b \times c_b \times (T_c - T_{sk}) \quad \text{Equação 3}$$

$$F_{Sc} = (T_{sk} - T_{cl}) \div I_{cl} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

M = Taxa de metabolismo (W/m²)

W = Taxa de trabalho mecânico realizado (W/m²)

C + R = Perdas de calor sensível pela pele por convecção e radiação (W/m²)

E_D = fluxo de calor latente por transpiração

E_{Re} = soma dos fluxos de calor para aquecer e umidificar o ar inspirado

E_{Sw} = fluxo de calor pela evaporação

S = fluxo de calor armazenado para aquecer ou resfriar o corpo

F_{CS} = fluxo de calor do centro do corpo para a superfície da pele (W/m²)

v_b = fluxo de sangue do centro do corpo para a pele (L/s*m²)

p_b = densidade do sangue (kg/L)

c_b = calor específico do sangue (W*s/K*kg)

T_c = Temperatura do centro do corpo (°C)

T_{sk} = Temperatura da superfície da pele (°C)

F_{Sc} = fluxo de calor da superfície da pele para a superfície externa da roupa (W/m²)

I_{cl} = Temperatura da superfície externa da roupa (°C)

Para resolver a equação 2 é necessário quantificar a temperatura da superfície externa da roupa (T_{cl}), a temperatura da pele (T_{sk}) e a temperatura do centro do corpo (T_c) utilizando as equações 3 e 4. Resolvendo o sistema de três equações é possível calcular – para várias combinações de parâmetros climáticos, nível de atividade e tipos de roupas – o estado térmico do corpo, caracterizado pelos fluxos de calor, temperaturas do corpo e taxa de suor. Assim, para obter o PET, insere-se no modelo MEMI os valores de temperatura da pele (T_{sk}) e a temperatura do centro do corpo

(Tc), e resolve-se o sistema de equações para os dados climáticos do ambiente de referência e os dados individuais. Na Tabela 3 mostra a sensação térmica para o índice PET.

Tabela 3 – Sensação térmica para o índice de conforto térmico PET

Sensação térmica	PET (°C)
Muito calor	41
Calor	35
Pouco calor	29
Levemente calor	23
Confortável	18
Levemente frio	13
Pouco frio	8
Frio	4
Muito frio	<4

FONTE: Adaptado de Mayer, Matzarakis (1998)

Para o cálculo do PET, são consideradas as variáveis climáticas (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar). E as seguintes variáveis individuais: taxa metabólica, isolamento da vestimenta, idade, sexo e peso.

O índice PET já foi utilizado em estudos bioclimáticos em cidades com diferentes tipos de clima, em análise e estudos bioclimáticos urbanos e em desenhos mapas bioclimáticos de diferentes zonas geográficas (MATUSCHEK; MATZARAKIS, 2011).

O PET é um dos índices mais importantes para analisar as condições térmicas bioclimáticas em áreas urbanas. Cita-se como exemplo, os que estudos conduzidos no Brasil e em Cuba, onde as simulações com PET e dados meteorológicos mostraram que na condição de sombra e aumento da velocidade do vento pode substancialmente melhorar o bioclima térmico em cidades tropicais (ABREU et al., 2014; RODRÍGUEZ ALGECIRAS et al., 2015; RODRÍGUEZ ALGECIRAS; MATZARAKIS, 2016).

O índice de conforto térmico PET é amplamente utilizado para determinar as condições de conforto térmico ao ar livre em diferentes zonas climáticas: Mediterrâneo (Csa) (TSITOURA et al., 2014), Tropical úmido (Af) (SILVA; ALVAREZ, 2015), Continental / subtropical úmido (Dwa / Cwa) (JEONG et al., 2016), Subtropical úmido (Cfa) (LIU et al., 2016), Deserto e árido (BWh) (ELNABAWI et al., 2016), Quente-

úmido (Aw) (NDETTO e MATZARAKIS, 2017), Deserto semi-árido (BWh) (MIDDEL et al., 2017) e dentre outros.

Segundo Potchter et al. (2018) o índice PET foi aplicado primeiramente à percepção e sensação térmica em 2003, e desde 2006 o PET tem estado em constante uso, tornando-se desde 2012, o índice com utilização predominante. Foi realizado nesse trabalho uma revisão da literatura na qual abrangeu os anos de 2006 a 2019. Foram identificadas 69 pesquisas em diferentes países, culturas e metodologias, que utilizaram o índice de conforto térmico em ambientes ao ar livre PET em seus estudos.

Vários dos trabalhos que foram revisados nessa pesquisa investigaram não apenas o índice térmico PET, mas em conjunto outros índices como: PMV, UTCI e SET*. Os trabalhos foram separados por autores (ano de publicação e localização geográfica), os principais objetivos e suas considerações relevantes encontradas (ANEXO A - Tabela 21).

O PET é provavelmente o índice térmico mais amplamente utilizado na literatura relevante (COHEN et al., 2013; HIRASHIMA et al., 2016; SALATA et al., 2016; KRÜGER et al., 2017).

Na revisão realizada pode-se destacar os trabalhos que ajustaram a sensação térmica neutra de PET com faixa entre 20 e 32°C (NDETTO; MATZARAKIS, 2017; SILVA; ALVAREZ, 2015, YANG et al., 2013; MAHAMOUD, 2011; ELNABAWI et al., 2016; YANG et al., 2013; LI et al., 2016; SALATA et al., 2016; TSITOURA et al., 2014; LIN; MATZARAKIS, 2008; LUCCHESI et al., 2016; HIRASHIMA et al., 2016).

Contudo, a faixa de neutralidade pode apresentar variações em diferentes localidades, como para o Estado do Arizona (EUA) foi de 19,1 – 38,1°C (MIDDEL et al., 2017), para as cidades Changsha e Xangai na China, as faixas foram de 15-22°C e 15-29°C, respectivamente (LIU et al., 2016; CHEN et al., 2015).

O método de calibração do índice de conforto térmico PET, mais utilizado pelos diferentes pesquisadores foi a regressão linear (KRÜGER et al., 2017; NDETTO; MATZARAKIS, 2017; SALATA et al., 2016; YANG et al., 2013; KÁNTOR et al.; 2012). Lucchese et al. (2016) e Silva; Alvarez (2015) utilizaram o método análise de frequência. Hirashima et al. (2016) utilizou a regressão ordinal.

Pode-se concluir dessa revisão bibliográfica que o índice PET já foi estudado e calibrado em diversos países e utilizaram metodologias distintas tanto na forma de coletas de dados (horários, períodos e ambientes) com também na aplicação dos questionários (moradores, turistas, voluntários). Tiveram estudos que optaram por realizar simulações para avaliar as condições térmicas e obter o índice PET.

Por tanto, observou-se a inexistência de uma padronização nos métodos adotados nos estudos que utilizam o índice de conforto térmico PET.

2.3.1 Calibração do PET

Conforme observado por Krüger et al. (2018) as calibrações do índice PET não possuem um consenso claro entre os pesquisadores sobre qual estratégia utilizar, dificultando a realização de comparações.

Esse fato pode ser associado às diferenças entre os países, contextos climáticos, culturais e às exigências térmicas distintas, reforçando o argumento de Johansson et al. (2014) para a padronização de protocolos e métodos em pesquisa de conforto ao ar livre.

Estudos realizadas por Monteiro e Alucci (2010); Hirashima e et al. (2011); Rossi et al. (2013) concluíram que para definição de índices preditivos de conforto térmico adequados verifica-se a necessidade de elaboração de modelos de calibração locais, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Índices PET (°C) para diferentes localidades

Sensação térmica	Europa	São Paulo	Belo Horizonte	Vitória	Curitiba	Rio de Janeiro
Muito calor	41	Acima de 43	35,5	>46	-	49
Calor	35 - 41	31 - 43	31 - 35,5	34 - 46	37	36
Pouco calor	23 - 35	26 - 31	30,5 - 31	30 - 34	25	22
Neutra	18 - 23	18 - 26	15,5 - 30,5	22 - 30	13	-
Pouco frio	8 - 18	12 - 18	12 - 15,5	20 - 22	-	-
Frio	4 - 8	4 - 12	=< 12	18 - 20	-	-
Muito frio	=<4	=<4	-	-	-	-

Onde: Matzarakis - Europa (1999); Monteiro – São Paulo (2008), Hirashima – Belo Horizonte (2011); Silva e Alvarez – Vitória (2015); Rossi et al. - Curitiba e Rio de Janeiro (2017)

Monteiro (2008) apresentou a calibração do PET para São Paulo, a qual foi realizada por meio de método iterativo, através da variação dos limites de cada faixa interpretativa e os valores das respostas subjetivas de sensação térmica.

Hirashima et al. (2011) calibraram o índice PET para Belo Horizonte/MG, verificaram que a faixa “pouco frio” apresentou um intervalo de aproximadamente 3 °C, pequena variação em comparação à faixa “confortável”, cuja amplitude foi de 15 °C. Com base nos resultados, os autores concluíram que as pessoas se sentem confortáveis com relação às condições climáticas durante praticamente todo o ano em Belo Horizonte.

Em Vitória (Silva; Alvarez, 2015) as faixas de sensação térmica tiveram uma amplitude que variou de 18°C (inverno) a 46°C (verão). Segundo a autora para os dias de medições não foram identificadas respostas suficientes de sensação de “muito frio” para estabelecer a faixa dessa sensação. No verão foi identificado como a estação mais crítica para Vitória, sendo possível estabelecer a faixa de PET para essa situação.

Rossi et al. (2017) calibraram o índice PET para duas cidades brasileiras: Curitiba, com clima temperado de altitude (Cfb) e Rio de Janeiro, com clima tropical (Aw/Am). Para a calibração, foi utilizado o método que consiste em agrupar os dados reais de conforto a cada variação de 1°C na escala PET. Foram calibradas as faixas de sensação térmica de calor, pouco de calor e neutro para Curitiba e para o Rio de Janeiro, em função do período de monitoramento (primavera e verão) foi possível calibrar as categorias muito calor, calor e pouco de calor. Os resultados mostraram que as populações estudadas têm percepções térmicas distintas entre si e em relação a faixas pré-definidas de sensação térmica para o índice PET.

Segundo Nince (2013) a calibração do índice PET necessita considerar os aspectos físicos e fisiológicos (que influenciam no balanço térmico do corpo humano) e os fatores adaptativos às condições climáticas locais, justificando assim a necessidade da realização coletas de dados subjetivos que, posteriormente, serão relacionados aos valores dos índices.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA CIDADE DE CUIABÁ

Este estudo foi realizado na cidade de Cuiabá, que é a capital do estado de Mato Grosso, que pertence à região Centro-Oeste do Brasil (Figura 2), com as seguintes coordenadas geográficas: 15°35'56" latitude Sul e 56°06'01" longitude Oeste. Possui 165 m de altitude média, uma área de 3.224,68 km², sendo que a área urbana ocupa 251,94 km² e a área rural ocupa 2.972,74 km² (MAITELLI, 1994).

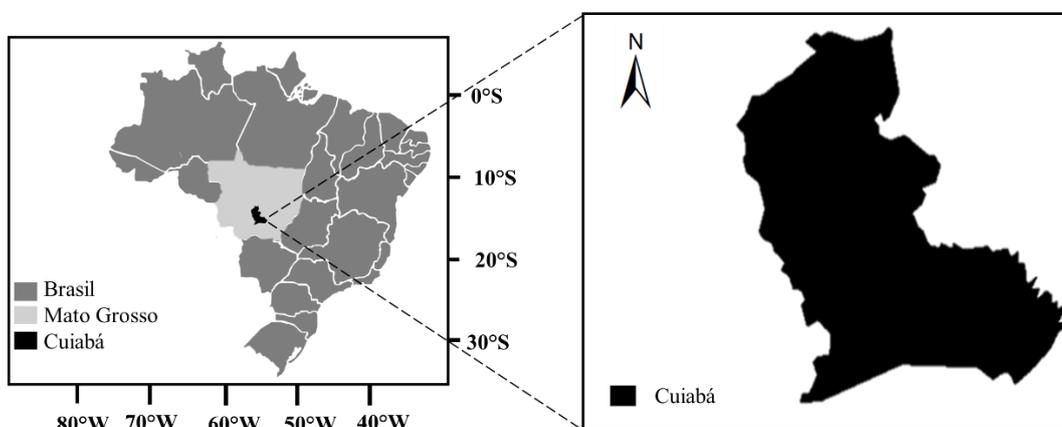


Figura 2 – Mapa da localização da cidade de Cuiabá, estado de Mato Grosso e Brasil
FONTE: Adaptada pela autora de Google Earth, 2019.

O clima de Cuiabá, segundo classificação de Koppen-Geiger, é do tipo AW, definido pelas temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno, ou seja, é um clima tropical semiúmido, com quatro a cinco meses secos. Cuiabá possui duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma úmida (primavera-verão) (MAITELLI, 1994). Segundo Almeida Junior (2005), além das duas estações distintas, Cuiabá ainda é caracterizada por sua grande concentração de radiação solar resultando em altas temperaturas na maior parte do ano.

Na Figura 3, pode-se observar as Normais Climatológica para Cuiabá-MT, com as médias mensais das temperaturas do ar e umidade relativa do ar e precipitação registradas no período de 1981 a 2010 (INMET, 2019). As temperaturas mais elevadas ocorreram no mês de outubro e as menores ocorrem nos meses de junho e julho.

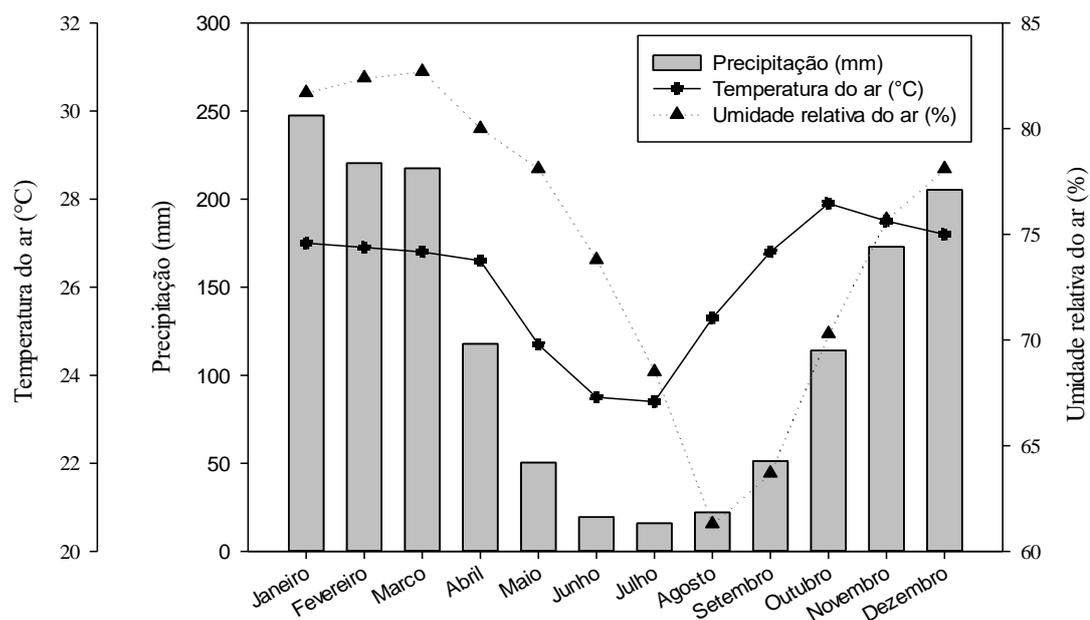


Figura 3 – Valores de referência da Normal Climatológica da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação média mensal para Cuiabá no período de 1981 a 2010

FONTE: Adaptado pela autora de INMET (2019)

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), os dados coletados de 1981 a 2010 (Normais Climatológicas) obtiveram os seguintes resultados: a temperatura máxima foi 34,5 °C, enquanto a temperatura mínima foi de 17,1 °C. Já a maior temperatura média foi de 34,5°C (outubro) e a menor foi de 31,3°C (junho). A temperatura média anual para este período (1981-2010) foi de 26,1°C. A umidade relativa do ar variou entre 61,3% (agosto) e 82,7% (março).

De acordo com a Figura 3 é possível verificar que os meses com menores temperaturas (junho, julho e agosto) apresentam também umidades mais baixas, sendo caracterizados como meses de seca. Segundo Maciel (2011) nos meses de verão apresentam as temperaturas do ar e umidades mais elevadas, em consequência da maior precipitação neste período.

As características e a distribuição das chuvas são tipicamente tropicais, com máximas no verão e mínimas no inverno. A média da precipitação acumulada anual é de 1500 mm/ano (SAMPAIO, 2006).

A direção dos ventos predominante é no quadrante N (norte) e NO (noroeste) durante grande parte do ano, e na direção S (sul) no período do inverno (CUIABÁ, 2004). Devido sua formação geológica Cuiabá situa-se em uma depressão geográfica,

fazendo com que a frequência e a velocidade média dos ventos sejam extremamente baixas.

Maitelli (1994) afirma que o aumento da malha urbana está diretamente ligado a elevação da temperatura mínima média, com uma elevação de $0,073^{\circ}\text{C}$ por ano no período de 1970 a 1992, devido ao crescimento urbano acentuado da época.

A cidade de Cuiabá apresenta um clima predominantemente quente, acentuado pelo processo de urbanização contínuo que resulta no registro de temperaturas do ar altas durante todo o ano (SOUZA, 2016).

A cobertura vegetal de Cuiabá é constituída por remanescentes de cerrado, cerradão, matas ciliares no entorno dos leitos dos cursos d'água, e por vegetação exótica. A cidade possui diversos rios, ribeirões e córregos formadores da bacia do rio Cuiabá, rio que limita o município a oeste (CUIABÁ, 2012).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PORÇÃO URBANA DE ESTUDO

A porção urbana estudada está localizada no campus da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Conforme a Figura 4.

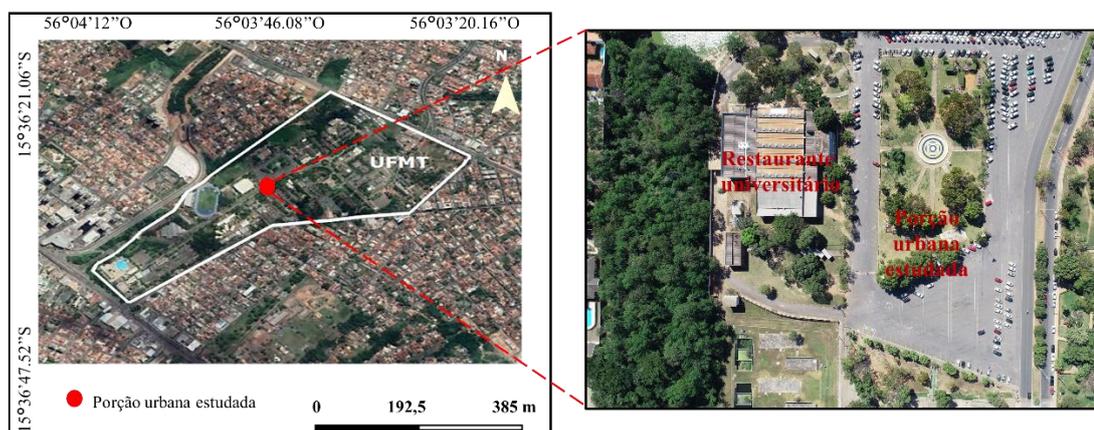


Figura 4 – Porção urbana estudada localizada no campus da UFMT

O Campus possui uma área de 74 hectares, sendo caracterizado por um ambiente heterogêneo, com diferentes tipos de uso e ocupação do solo (CAMPOS NETO, 2006). As altitudes no campus variam de 165 a 185m, com vertentes orientadas principalmente de leste-oeste, apresentando alguns cânions (ALVES, 2011).

Foi realizado o mapa de cobertura do solo, destacando caracterização do tipo de cobertura, tais como, grama, asfalto, arborização e área edificada. O mapa temático teve uma abrangência de 110 m de raio, segundo metodologia proposta por Oke (2004). Esse mapa foi obtido através do software ArcGIS 10.3 (versão teste), utilizou-se o método de classificação supervisionada, por meio da técnica MAXVER (máxima semelhança), obtendo assim as porcentagens de cada classe de interesse, conforme a Figura 5.

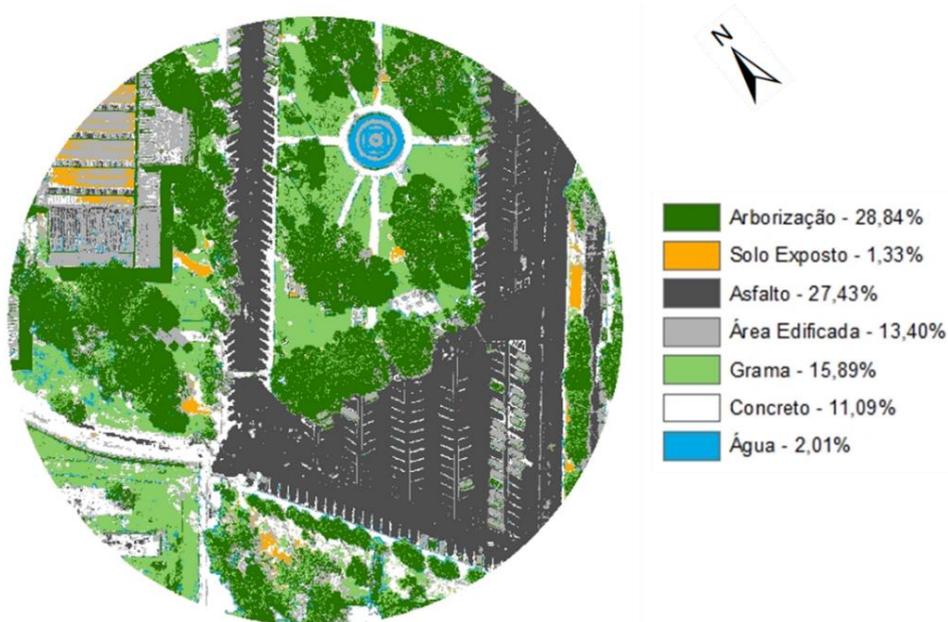


Figura 5 – Mapa de classificação do solo da porção urbana estudada

Dentro desse raio estão os pontos escolhidos para as coletas de dados microclimáticos e questionários. Os detalhamentos das características dos diferentes cenários estão descritos a seguir.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi dividido em algumas etapas: composição e caracterização dos cenários, medição das variáveis microclimáticas nos diferentes cenários, aferição da sensação térmica da população local e calibração para o índice PET. Assim, tornando melhor o entendimento da metodologia adotada.

4.1 COMPOSIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS

Foram analisadas nesse estudo três ambientes distintos, são eles Cenário 1 ou C1, representado pelo ambiente arborizado; Cenário 2 ou C2, pelo ambiente com sombra artificial (guarda-sol) e o Cenário 3 ou C3, pelo ambiente exposto ao sol (Figura 6).



Figura 6 – Local da realização das coletas de dados, cenário 1 (C1), cenário 2 (C2) e cenário 3 (C3)

No cenário 1 a espécie arbórea que a compõem é a *Licania tomentosa* (oiti), que apresenta copas densas e de grande porte. No cenário 2, as principais características do guarda sol são: tecido 100% poliéster na cor bege claro; em seu topo

possui saída de ar; aberto apresenta 3,00 m de diâmetro e 2,45 m de altura. No C3 o ambiente é exposto ao sol e sua superfície é composta por grama.

A porção urbana estudada é representativo com as principais características da cidade e possuem diversidades de materiais, como asfalto, concreto, solo exposto, grama e presença de arborização e construções nas proximidades.

Os três cenários analisados possuem características distintas entre si, que são comumente encontrados nos ambientes urbanos. Assim, foi possível verificar a influência destes diferentes ambientes na sensação térmica dos entrevistados.

Os entrevistados foram convidados previamente para participar da pesquisa, seguindo a mesma metodologia adota por Cheng et al. (2011). O grupo total de participantes foi de 30 pessoas, na sua maioria alunos de graduação, pós-graduação e professores, visto que o local do estudo foi dentro de uma universidade. Conforme a disponibilidade de cada um, foi realizada uma escala para o dia e o horário da participação na pesquisa.

Com objetivo de padronizar a taxa metabólica os voluntários ficaram sentados (banquetas) em todos os cenários e utilizaram camisas na cor branca para que não houvesse interferência da roupa na sensação térmica. O tempo coleta em cada cenário foi de 10 min e aproximando-se do fim do período de 10 min os questionários eram preenchidos e em seguida a troca de cenário era efetuada, sempre em sentido horário. Assim, para o total de 1 hora, os participantes ficaram 2 vezes em cada um dos cenários, conforme mostra a Figura 7 a e b.



Figura 7 – Diferentes cenários com a sequência de troca de cada ambiente nos períodos quente-úmido (a) e quente-seco (b)

Para verificar as diferenças dos balanços de radiação e, conseqüentemente, diferentes armazenamentos de energia (Collischonn; Ferreira, 2015) nos três cenários foram realizadas fotos (câmera fotográfica modelo Nikon Coolpix-4300) acoplada a uma lente “olho de peixe” (modelo Nikon 8 mm FC-E8, 0.21x), conforme Figura 8. Esse método de obtenção por meio de fotos, pode ser observado nos trabalhos (MINELLA et al., 2010; SOUZA et al., 2010; FERREIRA, 2015; QUINA, 2016).

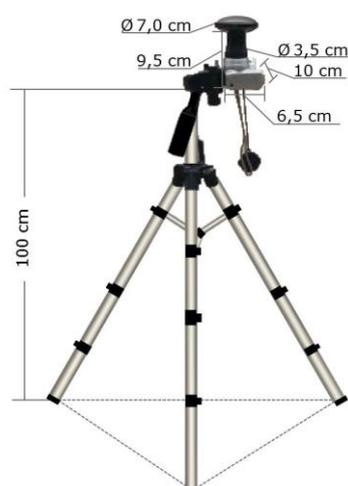


Figura 8 –Câmera com a lente “olho de peixe” para obter o FVC

Foi utilizado o programa RayMan para obter os valores do FVC (Figura 9). O programa RayMan foi desenvolvido por Matzarakis e é de domínio público, apenas para uso pessoal e pesquisas acadêmicas, através de contato por correio eletrônico (<http://www.mif.uni-freiburg.de/RayMan>).

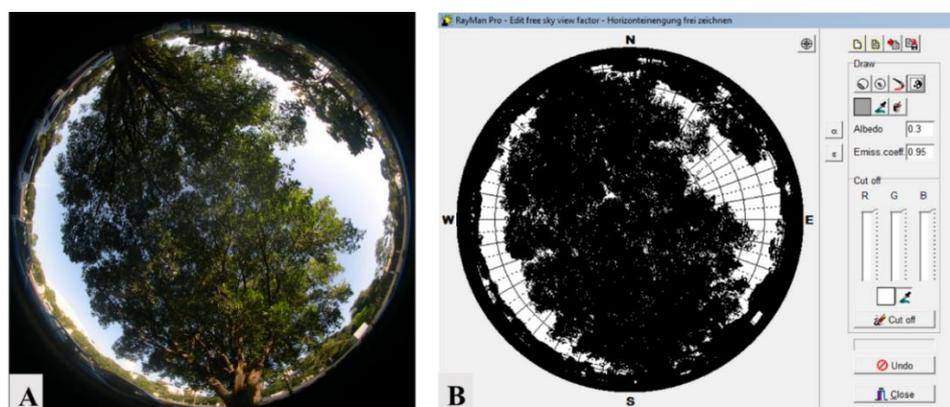


Figura 9 – Foto obtida pela câmera com a lente “olho de peixe” do cenário 1 (a) e a interface do programa RayMan para obter o valor do FVC do cenário 1 (b)

4.2 MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS NOS DIFERENTES CENÁRIOS

As variáveis microclimáticas coletadas nesse estudo foram: temperatura ar (Ta), umidade relativa do ar (UR) e temperatura de globo (Tg), velocidade (Vv) e direção dos ventos (Dv). Em conjunto foram aplicados questionários, que será explicado em outra etapa.

As coletas foram realizadas em 2 dias típicos de cada estação do ano. Com predomínio de sol, temperaturas do ar elevadas e ocorrência de precipitação em dias anteriores as coletas para o período quente-úmido. Para o período quente-seco ocorreu a presença maior de nebulosidade principalmente no início e no final das coletas, as temperaturas do ar foram menores e sem precipitação nos dias próximos as coletas.

As coletas ocorreram em novembro e dezembro de 2018 (primavera), fevereiro e março de 2019 (verão), abril e maio de 2019 (outono) e julho e agosto de 2019 (inverno), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Datas das coletas realizadas nessa pesquisa

Mês/Ano	Dias	Horários	Estação	Período
Novembro/2018	26	9h às 18h	Primavera	Quente-úmido
Dezembro/2018	6			
Fevereiro/2019	25*	8h às 17h	Verão	
Março/2019	8**-18*-19**			
Maio/2019	17	8h às 17h	Outono	Quente-seco
Maio/2019	29			
Julho/2019	16	8h às 17h	Inverno	
Agosto/2019	7*-15**			

* Coleta realizada das 8h00 às 12h00

** Coleta realizada das 13h00 às 17h00

Para as análises, os dados foram agrupados por período sazonal, quente-seco (QS) e quente úmido (QU). Para o período quente-úmido foram considerados os dados coletados nas estações primavera (2018) e verão (2019). Para o período quente-seco os dados coletados no outono (2019) e inverno (2019).

Para as coletas de dados microclimáticas foram utilizadas três estações micrometeorológicas (Figura 10), onde são compostas por: sensores *dataloggers*

(modelo HOBO U12-012 e cabo externo TMC20-HB), indicadores de direção do vento e anemômetros (equipamentos alternativos - 3D).

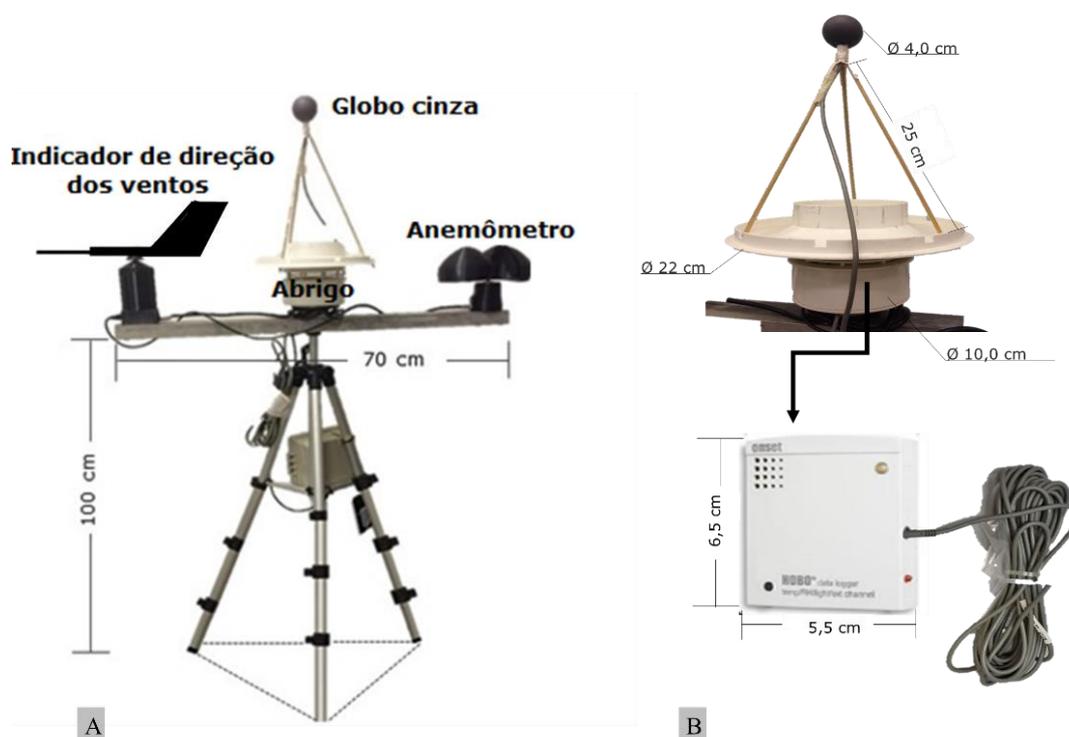


Figura 10 – A estação micrometeorológica completa (A), abrigo utilizado para proteger o sensor datalogger e o sensor (B)

As principais características dos sensores *dataloggers* são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados dos sensores

Faixa de medição	Temperatura do ar: -20 a 70 °C Umidade relativa do ar: 5 a 95%
Acurácia	Temperatura do ar: ± 0.35 °C Umidade relativa do ar: $\pm 2.5\%$
Resolução	Temperatura do ar: 0,03 °C Umidade relativa do ar: 0,03%

Foram confeccionados abrigos para proteger os sensores *dataloggers* utilizando os seguintes materiais: plug de esgoto, terminal de ventilação e peça anti-infiltração, todos de PVC branco, diâmetro de 10 cm; porca sextavada de 1/4". Para a

coleta da temperatura de globo foram utilizados esferas (bolas de ping pong de 4 cm de diâmetro) e pintado na cor cinza, conforme proposto e desenvolvido por (Hirashima; Assis, 2011), na Figura 10 b apresenta as dimensões dos abrigos, dos termômetros de globos e dos sensores *dataloggers*.

Os sensores *dataloggers* foram aferidos para verificação da congruência dos dados obtidos. A aferição dos sensores HOBO foi realizada em uma sala do bloco PGFA durante 5 dias, os dados coletados foram armazenados a cada 5 minutos. Durante esse período a sala ficou fechada, com as luzes e o ar condicionado desligados, para que não houvesse interferências nos resultados. Para realizar a aferição dos sensores foi utilizado a função Correlação no Windows Excel.

O anemômetro e o indicador da direção do vento (biruta) foram confeccionados e desenvolvidos pelo grupo de instrumentação científica do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PGFA) da UFMT. O anemômetro e a direção do vento, foram montadas em três estações utilizando os componentes descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Descrições dos componentes utilizados

Descrição	Modelo	Quantidades	Utilização
Arduino nano	328 b	3	Anemômetro / Direção do vento
Raspberry pi zero	pi3 B	3	Datalogger
GPS	GY-NEO6MV2	3	Datalogger
Cartao SD	Flash Memory	3	Anemômetro / Direção do vento
Led branco	Alta potência	15	Direção do vento
LDR	5 mm	15	Direção do vento
Resistores			
Optical Encoder	600 pulse/ver	3	Anemômetro
Dysplay OLED	Display OLED 0.96" 12C Azul Amarelo	3	Datalogger

Para o anemômetro, toda a estrutura mecânica foi desenhada em CAD e impresso em impressora 3D por extrusão (Figura 11).

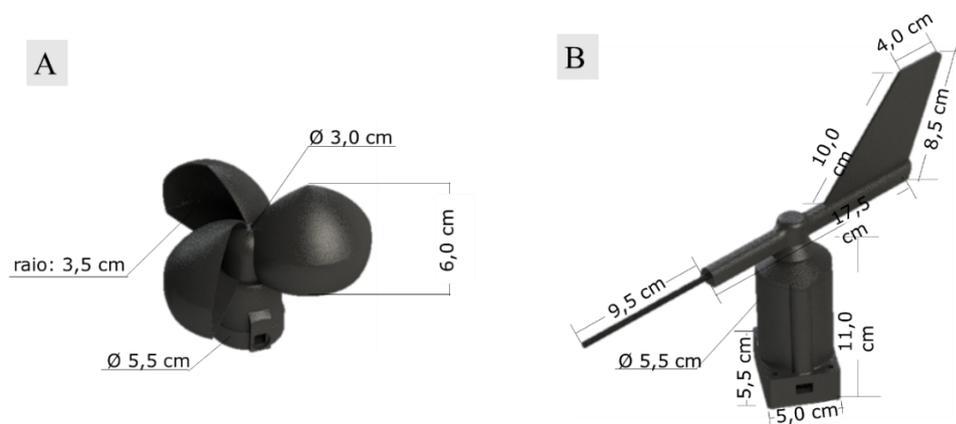


Figura 11 – Desenho em CAD do anemômetro (a) e da direção do vento (b)

Para a calibração dos anemômetros alternativos foram utilizados 70% dos dados obtidos durante um período de quatro dias, empregando-os em uma regressão linear em relação ao anemômetro de referência (WindSonic da marca Gill Instruments). As medidas foram realizadas em ambiente aberto, sendo os sensores submetidos as mesmas condições climáticas.

Para a validação das medidas foram utilizados os 30% dos dados restantes, após aplicados na equação de calibração as medidas obtidas foram submetidas a três medidas de quantificação do erro. São elas: o Erro Médio Quadrático (RMSE), o Erro Médio Absoluto (MAE) e o Desvio das Médias (MBE). Foi avaliado também pelo coeficiente de Willmott (d). Foi utilizado o software IRENE para obtenção desses resultados.

Para a direção do vento (Figura 11 b) todo o mecanismo foi desenvolvido, desde a placa para o circuito impresso em prototipadora de circuitos eletrônicos, a solda dos componentes como LEDs e LDR na placa e a estrutura mecânica foi desenhada em CAD. Com os dados obtidos de direção do vento foram elaborados rosa-dos-ventos com as frequências das direções e separados por cenário e por período de coleta (QS e QU).

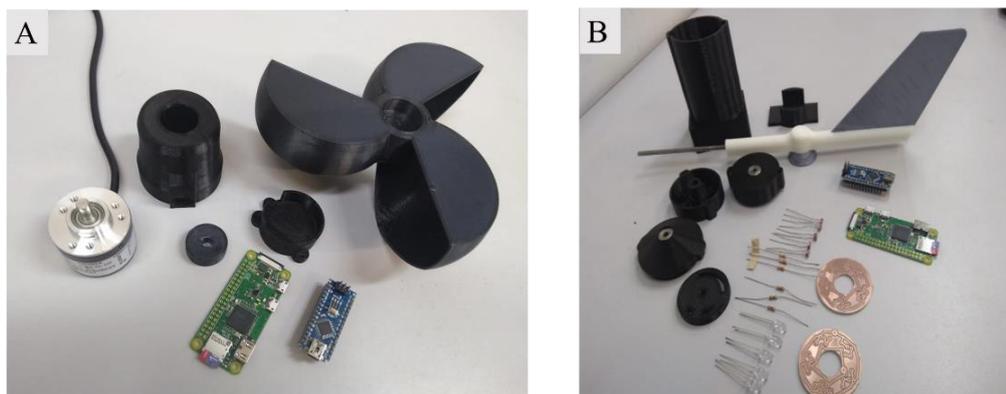


Figura 12 – Peças impressas e componentes do anemômetro (a) e da direção do vento (b)

Na Figura 12 (a) apresenta as peças já impressas para o anemômetro e os componentes: arduino nano, raspberry pi e o encoder. O sensor de direção foi construído para fornecer a medida absoluta de cada posição com resolução de 12 graus, sendo desnecessário algum tipo de calibração.

Os dados microclimáticos (T_a , UR, T_g e V_v) foram registrados de 1 em 1 minuto, para as análises foram realizadas médias a cada 10 min (o mesmo tempo que os participantes ficaram em cada cenário).

Para análise dos dados obtidos de temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média e velocidade do vento foram elaborados *boxplot* (gráfico de caixa), nos diferentes cenários, períodos e horários.

O *boxplot* é uma análise estatística que permite a visualização gráfica simultânea de várias características importantes de um conjunto de dados (Hirashima, 2014), tais como centro, dispersão e identificação das observações atípicas (outliers).

Na avaliação das variáveis microclimáticas utilizou-se a estatística descritiva e testes de hipóteses ao nível de significância de 5% para avaliar as diferenças significativas entre os cenários. Desse modo, foram realizados testes de comparações múltiplas de Tamhane, para as variáveis cujos resíduos apresentaram comportamento heterocedástico.

4.3 AFERIÇÃO DA SENSACÃO TÉRMICA DA POPULAÇÃO LOCAL

A população do presente estudo foi formada por adultos (20-64 anos) e residentes de Cuiabá. A contagem da população segundo o senso do IBGE (2010) para a cidade de Cuiabá-MT nessa faixa apresentou um número total de 347.031 pessoas, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Divisões da população, baseada no censo de 2010, na faixa etária de 20-64 anos, por sexo, para fins de amostragem. Descrição dos componentes utilizados

Faixa Etária	Total de habitantes	Mulheres	Homens
20 a 24 anos	55.651	27.997	27.654
25 a 29 anos	55.21	28.159	27.051
30 a 34 anos	50.824	26.161	24.663
35 a 39 anos	43.333	22.471	20.862
40 a 44 anos	38.848	20.374	18.474
45 a 49 anos	34.897	18.37	16.527
50 a 54 anos	29.585	15.637	13.948
55 a 59 anos	22.426	11.716	10.71
60 a 64 anos	16.257	7.575	8.682
20 a 64 anos	347.031	178.46	168.571

FONTE: Adaptada pela autora, com base nos dados do censo de 2010 do IBGE

Considerando um erro amostral de 5%, para o total de pessoas na faixa etária de interesse é necessária uma amostra de, aproximadamente, 384 pessoas.

4.3.1 Composição dos Questionários

Os questionários compreendem perguntas relacionadas à percepção térmica, sensação térmica, preferência térmica, sensibilidade às condições climáticas e características pessoais como: altura, peso, idade, sexo (ANEXO B). O mesmo adotado por Hirashima (2010).

As escalas de percepção e de preferência, foram utilizados sete pontos, na escala de avaliação foram utilizados quatro pontos e na sensibilidade três (Tabela 9).

Tabela 9 – Perguntas dos questionários sobre percepção, preferência, avaliação e sensibilidade térmica

	Questões	Escala
Percepção	A. Com relação às condições climáticas, como você se sente neste momento?	[1] Com muito frio [2] Com frio [3] Um pouco de frio [4] Bem, nem frio e nem calor [5] Um pouco de calor [6] Com calor [7] Com muito calor
Preferência	B. Com relação às condições climáticas, como você gostaria de estar se sentindo agora?	[1] Com muito mais frio [2] Com mais frio [3] Um pouco de frio [4] Sem mudanças [5] Um pouco de calor [6] Com mais calor [7] Com muito mais calor
Avaliação	C. Com relação às condições climáticas, agora você está:	[1] Confortável [2] Um pouco desconfortável [3] Desconfortável [4] Muito desconfortável
Sensibilidade	D. Você é uma pessoa que geralmente sente muito frio, muito calor ou nem um nem outro?	[1] Muito frio [2] Muito calor [3] Nem um nem outro

Na parte do questionário destinada aos dados de variáveis individuais há campos específicos para registro da altura, do peso, da idade, da localização dos entrevistados (C1, C2 ou C3), do sexo, além de um campo para registrar a hora inicial e final da coleta (Tabela 10).

Tabela 10 – Categorias das variáveis individuais

Variável	Categorias
Altura (m)	[1] < 1,50
	[2] 1,50 – 1,59
	[3] 1,60 – 1,69
	[4] 1,70 – 1,79
	[5] >1,80
Peso (Kg)	[1] <50
	[2] 50 – 59
	[3] 60 – 69
	[4] 70 – 79
	[5] >80
Idade	[1] 20 - 29
	[2] 30 – 39
	[3]40 – 49
	[4] 50 – 59
	[5] 60 - 69
Sexo	[M] Masculino
	[F] Feminino

A vestimenta foi padronizada (camiseta branca) referente a 0,5 clo. O metabolismo também foi o mesmo para todos os cenários (55 W) referente a posição sentada.

Os questionários foram analisados pelas frequências de respostas obtidas. Foram separados pelos nos diferentes cenários (C1, C2 e C3) e períodos (QS e QU) de coleta.

Foram realizadas análises das respostas obtidas da questão C (conforto térmico) em relação ao efeito da radiação (TRM-Ta), por meio de gráfico de dispersão e separada por cenários, os períodos (QS e QU) foram analisados em conjunto. Foram analisadas as porcentagens obtidas nas diferentes categorias.

Para avaliar a sensação térmica foi realizada uma correlação das respostas obtidas pelos questionários, entre a questão A (percepção térmica) e questão B (preferência térmica). Rossi et al. (2013) utilizou o cruzamento das respostas de percepção e de preferência para definir as categorias de sensação térmica, pois somente a percepção térmica não foi suficiente para classificar um indivíduo em uma das categorias propostas.

Considerando que a avaliação do conforto térmico está relacionada a fatores fisiológicos e psicológicos e que as condições ambientais requeridas para o conforto térmico não são as mesmas para todos, é possível que uma pessoa que esteja sentindo algum grau de calor ou de frio declare estar confortável e aceite o ambiente térmico em questão. Da mesma forma, é

possível que uma pessoa que declare estar em conforto, preferir estar em um ambiente termicamente diferente (ROSSI, 2012).

Para isso, foi desenvolvida uma fórmula de condição no Excel com as seguintes informações: SE(QA=4;QB=4)="Bem, sem mudanças"; SE(QA=4;QB>=5)="Bem, prefere calor"; SE(QA=4;QB<=3)="Bem, prefere frio"; SE(QA<=3;QB=4)="Sem mudanças, sente frio"; SE(QA>=5;QB=4)="Sem mudanças, sente calor"; SE(QA>=5;QB<=3)="Desconforto por calor"; SE(QA<=3;QB>=5)="Desconforto por frio". Onde QA é questão A e QB é questão B, e os números são as opções de respostas que os participantes assinalaram. Foram analisadas as porcentagens obtidas pelas diferentes correlações, considerou-se a somatória (a+b+c) das condições (Bem, sem mudanças (a), bem, prefere frio (b) e sente calor, sem mudanças (c)) com a sensação de confortável termicamente. Em conjunto foram analisadas as relações com os valores dos FVCs.

4.4 ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET

A análise de conforto térmico PET determinados através do *software* RayMan Pro versão 3.1 Beta. Na interface do programa deve-se indicar as características do local, qual(is) índice(s) será(ão) analisado(s), as características pessoais, a vestimenta e metabolismo adotado (Figura 13).

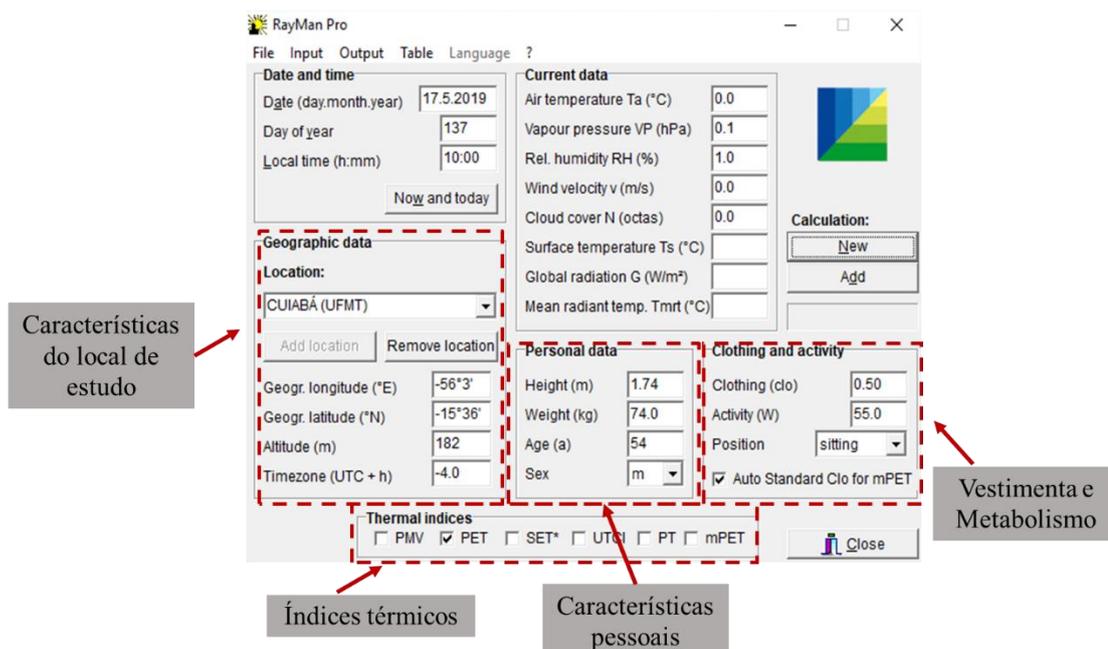


Figura 13 – Interface do programa RayMan Pro versão 3.1 Beta para inserção de dados locais, o(s) índice(s) analisado(s), características pessoais, vestimenta e metabolismo

Este programa também permite a inserção de dados iniciais (input-datafile) das variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média. Pode também inserir dados como data e horas. Estes dados são inseridos por meio de arquivos de texto separados por tabulação (".txt") ou de forma manual (trabalhoso). Os dados de saída (output) do programa são as variáveis climáticas e os valores calculados do(s) índice(s), conforme a Figura 14.

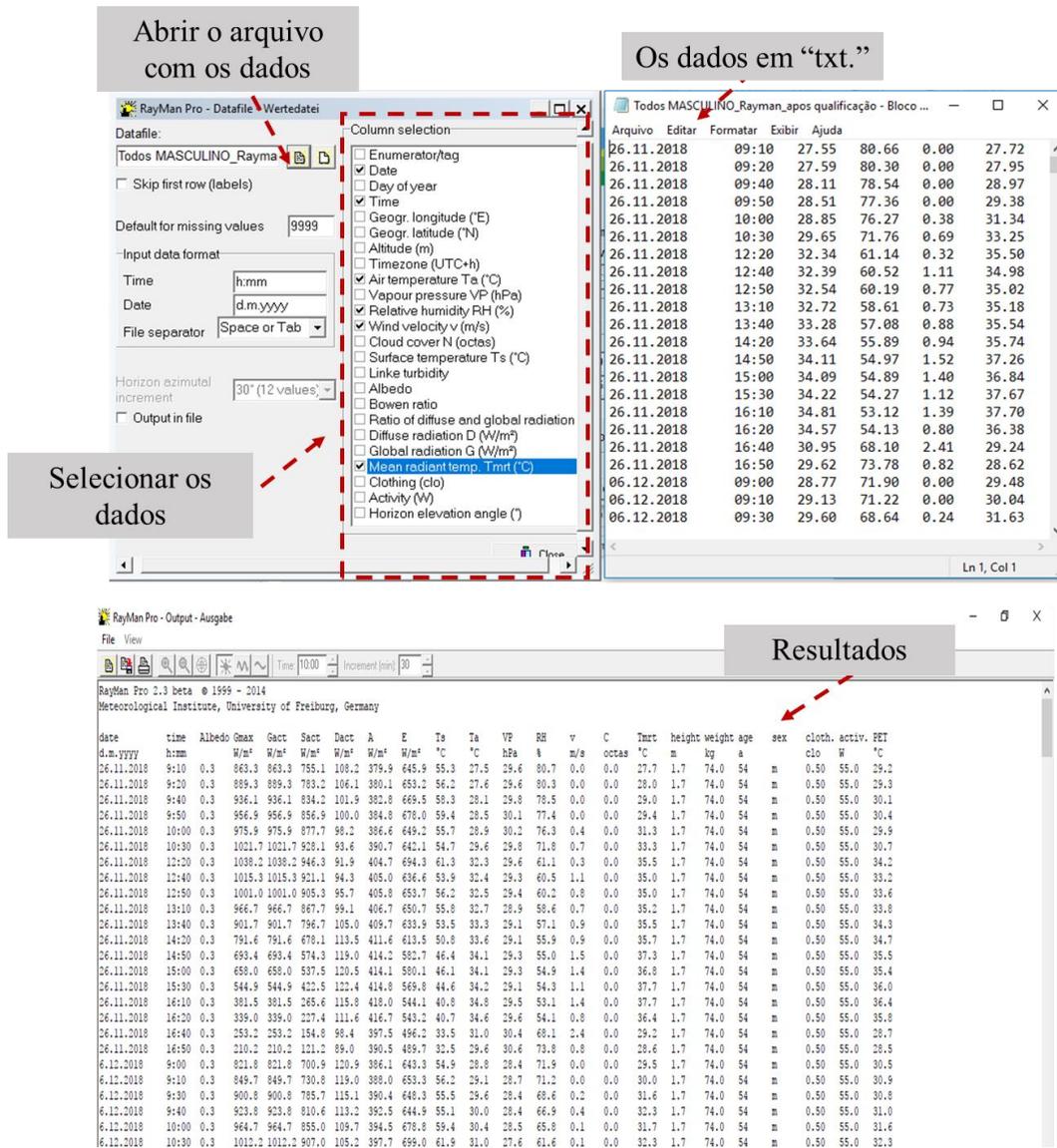


Figura 14 – Inserção dos arquivos de dados e resultado dos cálculos no RayMan

A análise dos dados obtidos do índice de conforto PET foram elaborados *boxplot*, nos diferentes cenários, períodos e horários. Verificando os dados obtidos que encaixam na faixa confortável para São Paulo (MONTEIRO, 2008) e Belo Horizonte (HIRASHIMA, 2010).

Foi verificado a necessidade de calibrar o índice de conforto térmico PET para a cidade de Cuiabá. Para a calibração foi utilizado o software IBM SPSS versão 16.0 (com licença pertencente à Universidade de Cuiabá - UNIC).

A estatística utilizada foi a regressão ordinal, a variável dependente selecionada foi a “resposta da questão A” do questionário e a variável independente foi o resultado

obtido do “índice PET”. Foi selecionada a opção “probabilidades de resposta estimadas”, conforme a Figura 15.

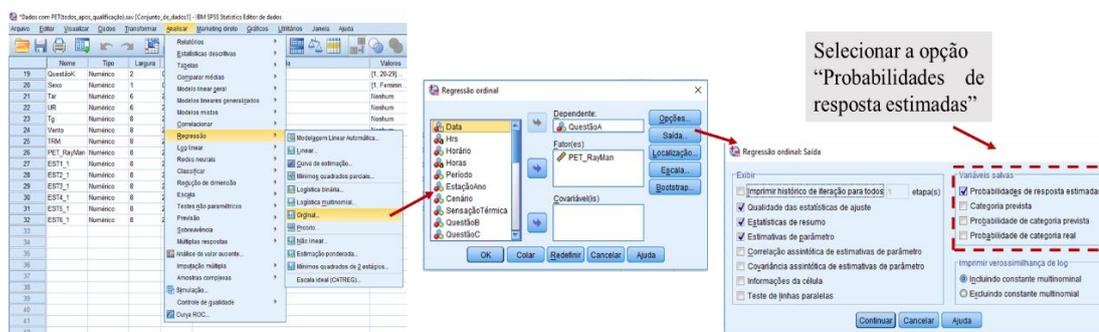


Figura 15 – Interface do programa SPSS para realizar a regressão ordinal

Em seguida foi criada a “discretização visual” da variável PET, criando pontos de corte e rótulos. Automaticamente foi gerada uma variável (Figura 16).

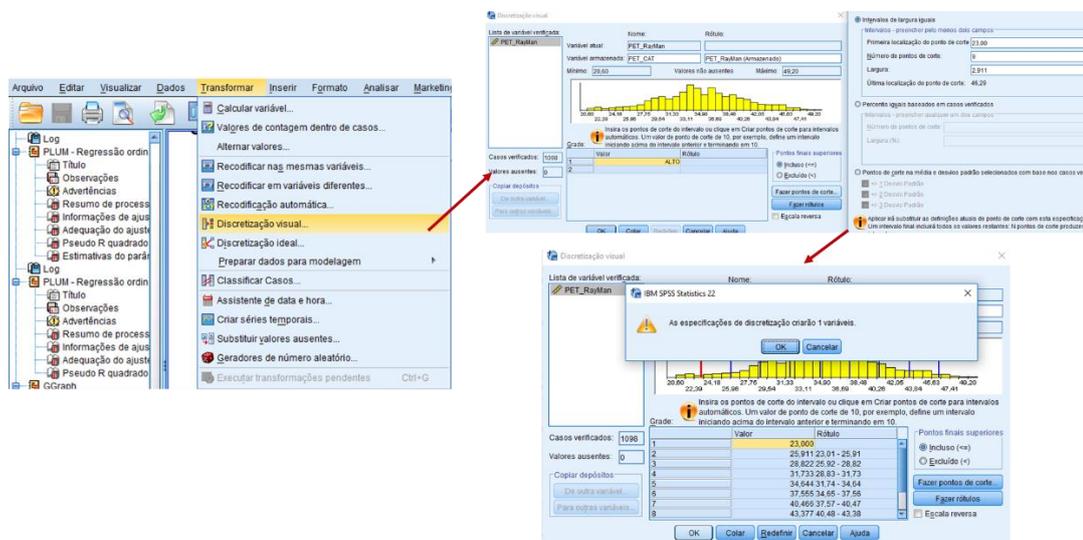


Figura 16 – Interface do programa SPSS para realizar a discretização da variável PET

Após essas etapas foi elaborado o gráfico de barras empilhadas (aba gráficos – construtor de gráfico de gráfico), onde no eixo das abscissas foi inserido o PET (rótulos) e no eixo das ordenadas as probabilidades (regressão ordinal), conforme a Figura 17.

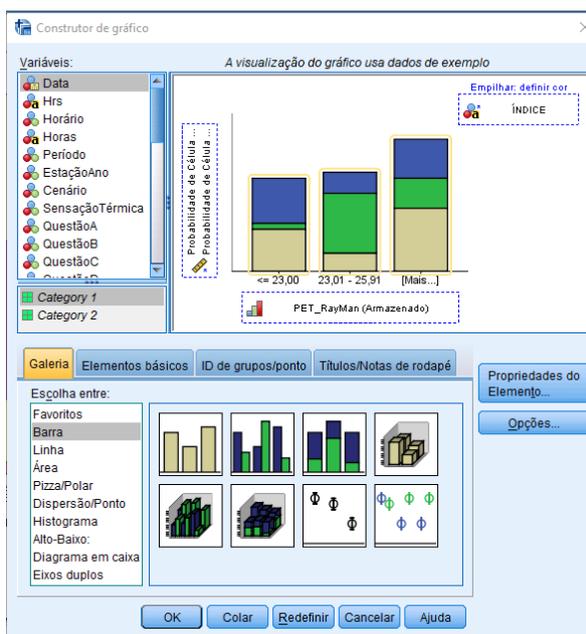


Figura 17 – Interface do programa SPSS para realizar o gráfico de barras empilhadas

A análise da calibração do PET para Cuiabá foi realizada com os dados em conjunto, ou seja, os dados não foram separados por períodos ou cenários. As faixas das sensações térmicas foram definidas pelas maiores frequências (%) observadas nas categorias do PET.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados e discussões de todos os dados coletados (microclimáticos e questionários) para a calibração do índice de conforto térmico PET para a cidade de Cuiabá-MT.

5.1 AFERIÇÃO DOS SENSORES DATALOGGERS E CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE VELOCIDADE DO VENTO ALTERNATIVO

Para aferir os sensores dataloggers foi feita a média das diferenças dos dados medidos entre os sensores (denominado de C1, C2 e C3) e ao comparar com a acurácia (0,35°C para Ta e Tg; e 2,5% para UR) dos equipamentos constatou-se que o erro médio foi menor que a mesma, podendo assim considerar que os três sensores registram medidas semelhantes e que estão aptos para serem utilizados (Tabela 11).

Tabela 11 – Aferição dos sensores *dataloggers* com a diferença média dos dados registrado

Ta			UR			Tg		
<i>C1-C2</i>	<i>C2-C3</i>	<i>C1-C3</i>	<i>C1-C2</i>	<i>C2-C3</i>	<i>C1-C3</i>	<i>C1-C2</i>	<i>C2-C3</i>	<i>C1-C3</i>
0.054	0.111	0.094	0.347	0.350	0.303	0.033	0.072	0.046

Após a aferição os sensores *dataloggers* foram instalados nos abrigos fixados nos tripés para montagem da estação. Nesta etapa foi realizada apenas uma aferição e não a calibração dos sensores, os *dataloggers* foram identificados pelos cenários que foram designados.

Os sensores desenvolvidos (alternativos) de velocidade do vento foram calibrados por comparação em relação ao sensor de referência ultra-sônico WindSonic e obtiveram as seguintes equações (Figura 18 *a*, *b* e *c*). Os dados também foram validados (30% dos dados totais) e obtiveram R² entre 40 e 52% (Figura 18 *c*, *d* e *e*).

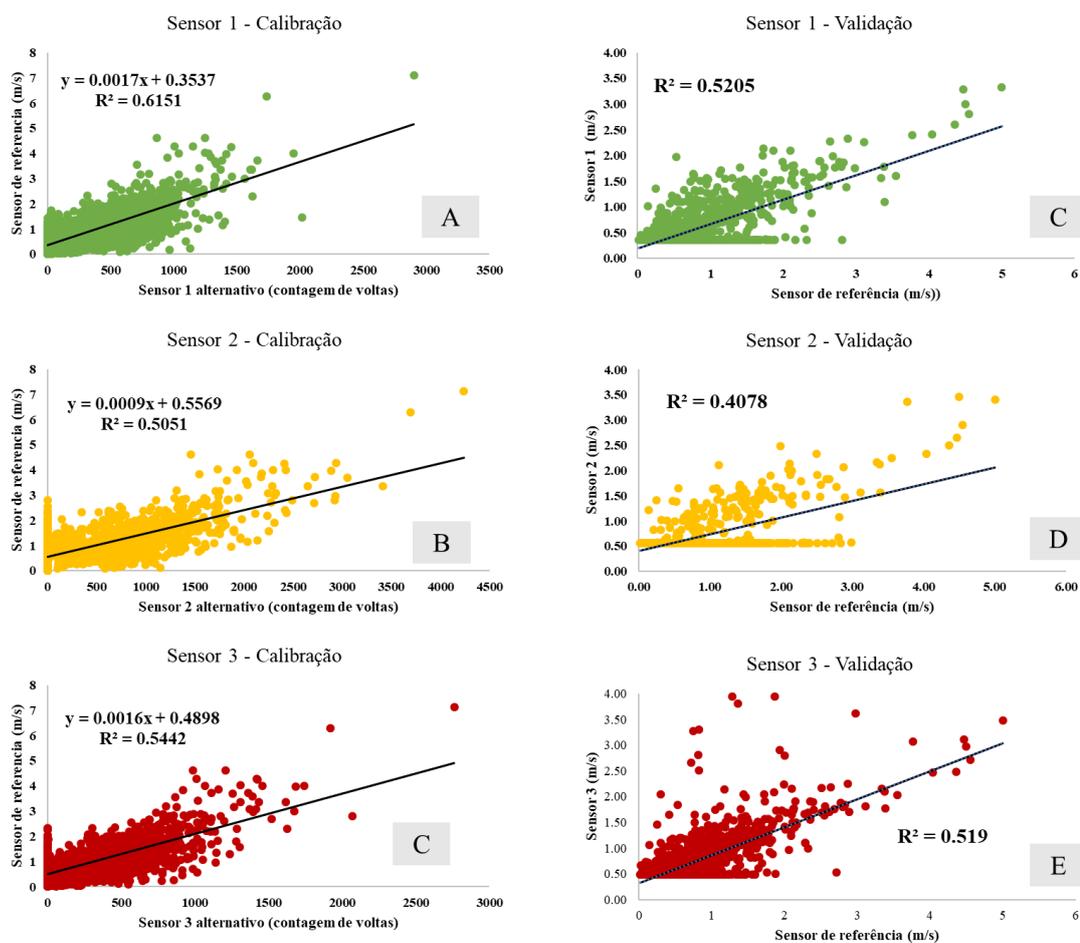


Figura 18 – Calibração dos sensores alternativos, sensor 1 (a), sensor 2 (b) e sensor (3), validação dos sensores alternativos, sensor 1 (c), sensor 2 (d) e sensor 3 (e)

Para verificar a validação dos dados foram utilizadas três medidas de quantificação do erro e coeficiente de Willmott (d), conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Erro Médio Quadrático (RMSE), Erro Médio Absoluto (MAE), Desvio das Médias (MBE) e Coeficiente de Willmott (d) entre as medidas obtidas com sensor de referência (sônico) e o anemômetro alternativo

	Sônico/Sensor do C1	Sônico/ Sensor do C2	Sônico/ Sensor do C3
RMSE	0.4561	0.4722	0.4399
MBE	0.1918	0.091	0.0282
MAE	0.3216	0.3399	0.3006
d (coeficiente de Willmott)	0.7838	0.7022	0.8034

Quanto mais próximo de zero os valores de MAE e RMSE, menor será a dispersão entre valores estimados e observados. De acordo com Ulgen; Hepbasli

(2009), o ideal para um modelo é que o valor de MBE apresente tendência a zero, o que indica consonância entre os valores observados e estimados.

Baixos valores de erro MAE (<0.34) e RMSE (<0.47), e um coeficiente de Willmott ($d>0.78$), indica uma alta correspondência entre os valores obtidos com o sensor desenvolvido e o de referência.

5.2 ANÁLISE DOS DADOS MICROCLIMATOLÓGICOS NOS DIFERENTES CENÁRIOS, PERÍODOS E HORÁRIOS

Os dados obtidos de temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média, velocidade e direção do vento foram avaliados por cenários distintos: C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto). E pelos períodos sazonais (quente-seco e quente úmido) e diferentes horários (8h -16h).

As maiores temperaturas do ar registradas ocorreram no horário das 14h e no período quente-úmido com $35,2^{\circ}\text{C}$, $36,8^{\circ}\text{C}$ e $37,8^{\circ}\text{C}$, nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 19). Souza (2016) em sua pesquisa verificou um pico da temperatura do ar em torno das 14h, fato que está associado diretamente com o balanço de energia do ambiente urbano.

Ao comparar os maiores valores registrados nos diferentes cenários é possível verificar uma diferença de $1,6^{\circ}\text{C}$ entre o C1 e C2 e entre o C1 e o C3, a diferença foi acentuada com $2,6^{\circ}\text{C}$. Mostrando o potencial do sombreamento arbóreo e do sombreamento artificial em mitigar a radiação solar e conseqüentemente na diminuição a temperatura do ar.

As menores temperaturas do ar registradas ocorreram no horário das 8h e no período quente-seco, com $22,72^{\circ}\text{C}$, $22,68^{\circ}\text{C}$ e $22,80^{\circ}\text{C}$, nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Ao comparar os menores valores registrados nos diferentes cenários é possível verificar uma diferença de $0,04^{\circ}\text{C}$ entre o C1 e C2 e entre o C1 e o C3, de $-0,08^{\circ}\text{C}$. Pode-se observar que somente após a partir das 10h (quente-úmido) e das 11h (quente-seco) que ocorreram variações expressivas entre o C1 e o C2. Ou seja, nas primeiras horas do dia os dois ambientes obtiveram valores semelhantes de T_a .

É possível perceber que no período quente-úmido os valores possuem menor amplitude térmica que no seco (Callejas, 2012; Santos, 2012), isto ocorre devido a água ser um regulador térmico (SOUZA, 2016). No período quente-úmido é possível

perceber uma ascensão da temperatura do ar, do C1 para o C2 e do C2 para o C3, isso ocorre durante todos os horários, porém no período quente-seco ocorre apenas a partir das 11h.

Ao realizar a comparação múltipla por Tamhane da variável temperatura do ar nos diferentes cenários verificou que há diferença significativa, mostrando que os valores obtidos nos diferentes cenários são diferentes. Essa análise foi realizada para os dados obtidos nos dois períodos (QS e QU).

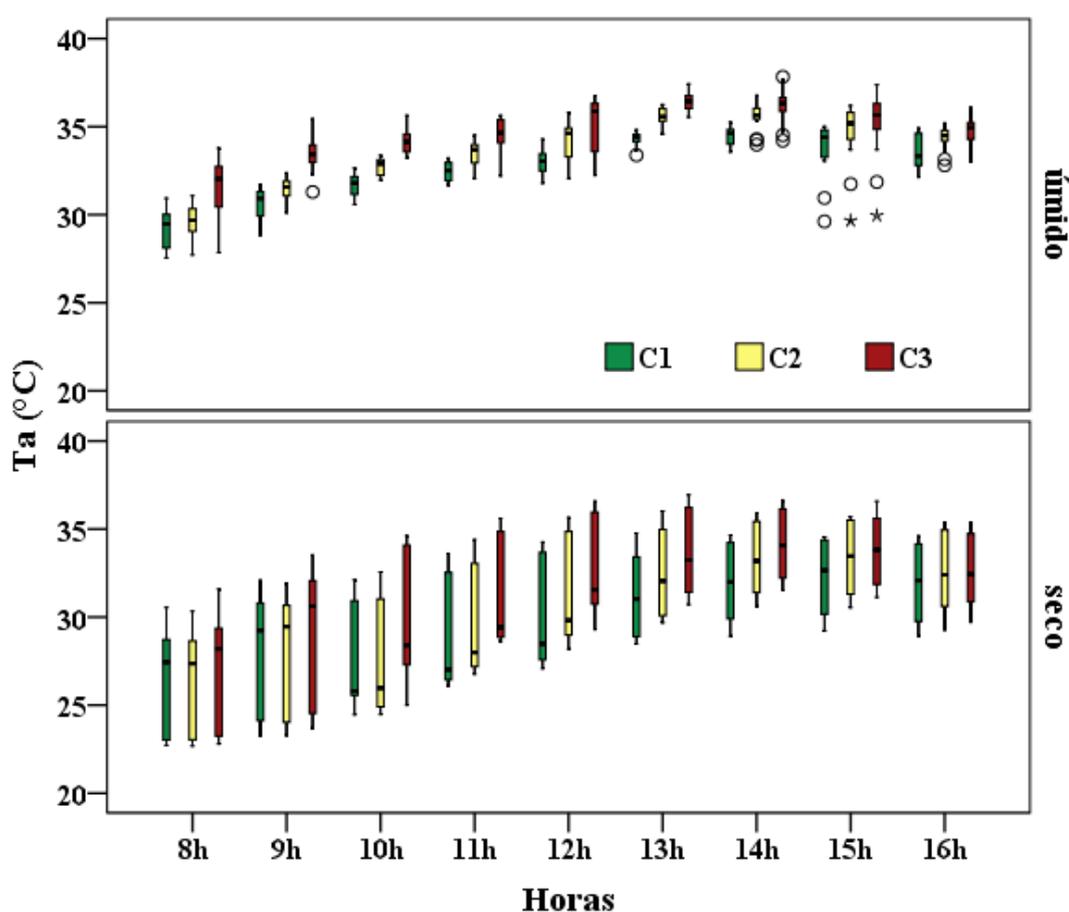


Figura 19 – Temperatura do ar nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)

No C1 a máxima umidade relativa do ar registada, no período quente-úmido foi de 80,7% (8h), enquanto a mínima foi de 40,9% (15h). No período quente-seco a máxima foi 81% (8h) e a mínima de 28,7% (15h). No C2 a máxima umidade relativa do ar registada, no período quente-úmido foi de 80,1% (8h), enquanto a mínima foi de

40,6% (15h). No período quente-seco a máxima foi 81,6% (8h) e a mínima de 28,6% (14h). No C3 a máxima umidade relativa do ar registada, no período quente-úmido foi de 81,2% (8h), enquanto a mínima foi de 38,1% (15h). No período quente-seco a máxima foi 81,4% (8h) e a mínima de 26,3% (14h).

Observou-se que os períodos analisados neste estudo, os cenários apresentam sazonalidades similares, tendo baixa variação dos valores máximos registrados nos períodos quente-úmido e quente-seco (1,5%). No período quente-seco ocorreu a maior amplitude, com 55% de diferença (C3). Mesmo comportamento analisado por outros estudos realizados em Cuiabá-MT (GOMES, 2010; FRANCO, 2013; LUZ et al., 2013; SOUZA, 2016).

Para a variável umidade relativa do ar a comparação por Tamhane não houve diferença significativa apenas entre os cenários 1 e 2, onde o valor foi superior a 0,05.

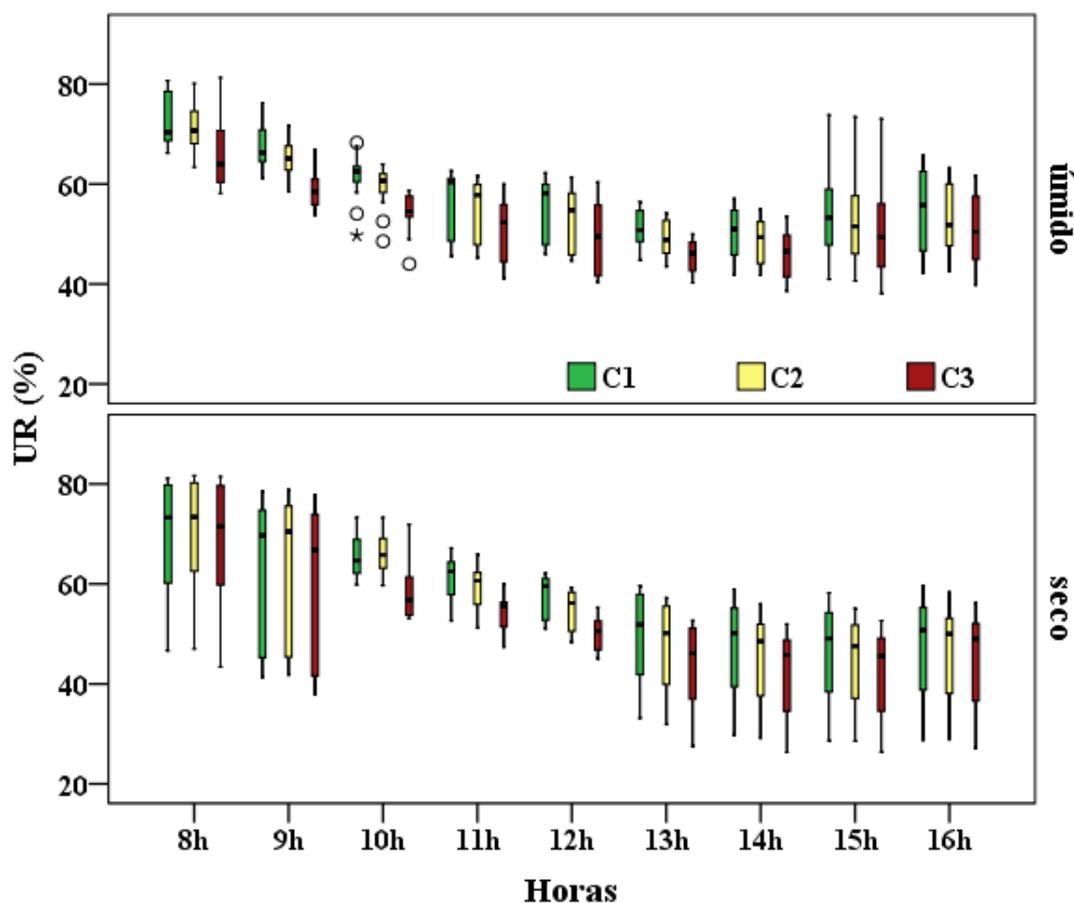


Figura 20 – Umidade relativa do ar nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)

Os menores valores de TRM registrado nos três cenários ocorreram no período quente-seco e no primeiro horário (8h), com 23,5°C (C1), 24,8°C (C2) e 25,5°C (C3). Os valores mais elevados de TRM nos diferentes cenários ocorreram no período quente-úmido e entre 13h e 15h. Com 39,4°C (C1), 46,8°C (C2) e 61°C (C3), é possível verificar uma diferença de 7,4°C entre o C1 e C2 e entre o C1 e o C3, a diferença foi de 21,6 °C. Reforçando a influência da arborização na atenuação da radiação solar.

Estudos têm demonstrado a importância da TRM para a avaliação do conforto térmico em espaços abertos (THORSSON et al., 2007; MATZARAKIS et al., 2010; KRÜGER et al., 2011). De acordo com Abreu-Harbach et al. (2015) em condições de exposição solar a TRM pode ser considerada o melhor parâmetro de análise das condições de conforto térmico do que a temperatura do ar (MINELLA et al., 2011).

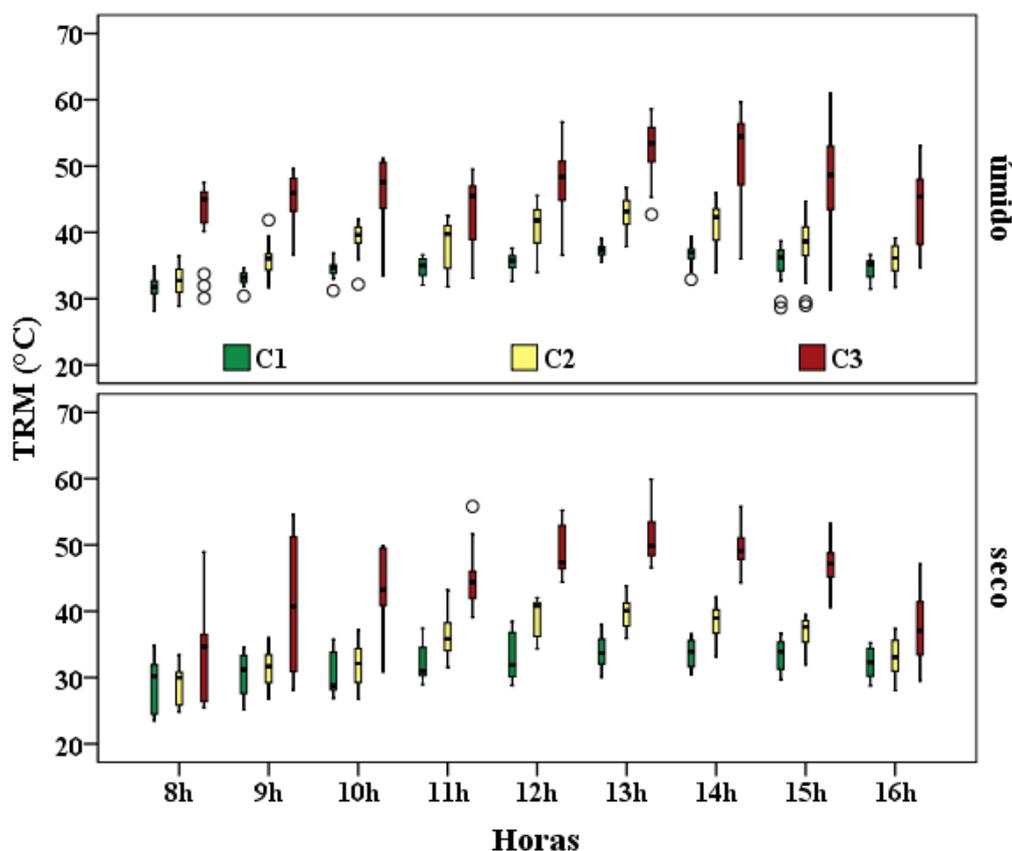


Figura 21 – Temperatura radiante média nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3 (exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)

Ao analisar a comparação múltipla por Tamhane da variável temperatura radiante média nos diferentes cenários foi observado que há diferença significativa em todos os cenários.

No C1, a variação foi de 0,35 a 1,77 m.s^{-1} e de 0,35 a 2,1 m.s^{-1} nos períodos quente-úmido e quente-seco sucessivamente. No C2, de 0,56 a 1,64 m.s^{-1} e de 0,56 a 1,92 m.s^{-1} nos períodos quente-úmido e quente-seco sucessivamente e por fim, no C3, de 0,49 a 1,87 m.s^{-1} para os dois períodos. De acordo com a Escala Beaufort, a intensidade dos ventos foi de calmo a brisa leve, exercendo pouca influência nas demais variáveis climáticas. Resultados semelhantes também foram encontrados nos trabalhos de (NINCE, 2013; FRANCO, 2013 e FRANÇA, 2017).

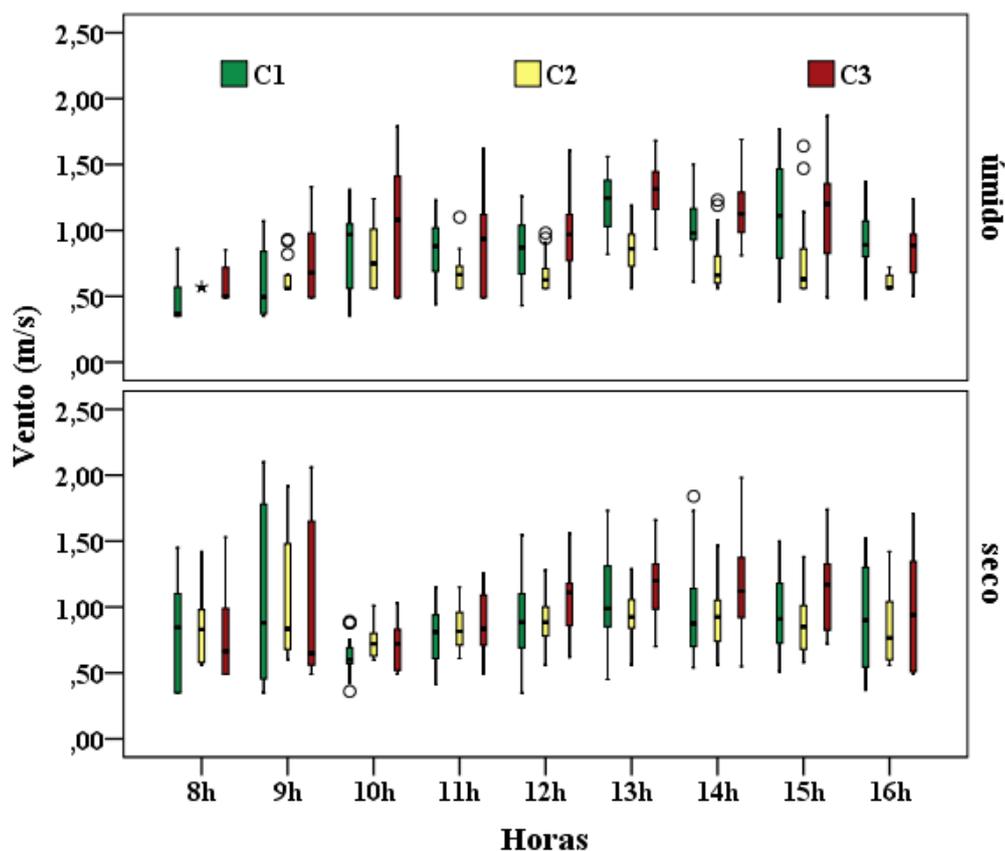


Figura 22 – Velocidade do vento nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3(exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)

O teste de Tamhane da variável velocidade do vento nos diferentes cenários apresentou diferença significativa, indicando que os valores foram distintos entre si.

A frequência da direção dos ventos utilizando gráficos de radar “rosa-dos-ventos” coletados durante os períodos em estudo estão apresentados na Figura 23. No período quente-úmido a direção predominante foi a Sudeste (SE) para os cenários 1 e 2. No cenário 3 a direção predominante foi Leste (E). No período quente-seco a direção predominante foi a Sudeste (SE) para os todos os cenários.

Segundo Campelo Jr. et al. (1991) em estudo realizado sobre a caracterização macroclimática de Cuiabá (dados INMET- 1970 a 1989), concluíram que as frequências dos ventos dominantes em Cuiabá foram preferencialmente Norte (N) e Noroeste (NW), divergindo da direção encontrada nesse estudo, provavelmente devido a presença de obstáculos (árvores, pergolado, bancos de praça e etc) no local realizado nesta pesquisa.

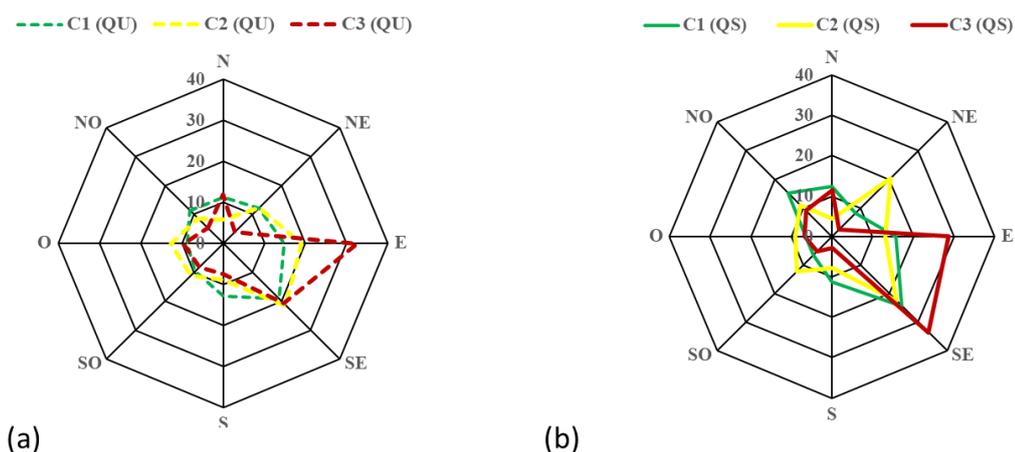


Figura 23 – Frequência da direção do vento nos cenários (C1, C2 e C3), períodos quente-úmido (a) e quente-seco (b)

5.2.1 Análise descritivas das variáveis: temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento e temperatura radiante média, nos diferentes cenários e períodos

Com relação aos dados microclimáticos medidos, em todos os cenários, os registros de temperatura do ar foram bastante elevados. Os valores de temperatura do ar medidos no período quente-úmido foram superiores da média anual de 26,1 °C. As

condições térmicas registradas nesse período representam, portanto, uma situação de calor para Cuiabá.

No período quente-seco os valores mínimos foram próximo dos 22 °C. A maior amplitude registrada foi no C3 no período quente-seco com 14,14 °C. Se comparar os valores da mediana na temperatura do ar entre o C1 e o C3, terá uma diferença de 1,96°C (QU) e de 1,52°C (QS). Com relação aos valores de umidade relativa, os menores registros ocorreram no cenário 3 e a maior amplitude de 55,16% (QS).

Tabela 13 – Estatística descritiva das variáveis microclimáticas (Ta, UR, Vv e TRM) nos diferentes cenários (C1, C2 e C3) e períodos (QU e QS)

		Quente-úmido (QU)				Quente-seco (QS)			
		Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Máximo
C1	Ta (°C)	27,55	32,72	33,16	35,24	22,72	30,08	30,28	34,76
	UR (%)	40,91	57,54	57,65	80,66	28,68	55,23	57,29	81,10
	Vv (m/s)	0,35	0,90	0,94	1,77	0,35	0,91	0,88	2,10
	TRM (°C)	28,09	34,99	35,23	39,38	23,49	32,20	32,46	38,43
C2	Ta (°C)	27,72	33,70	34,29	36,78	22,68	30,82	30,88	36,02
	UR (%)	40,62	55,73	54,36	80,10	28,57	54,02	54,30	81,65
	Vv (m/s)	0,56	0,71	0,63	1,64	0,56	0,88	0,84	1,92
	TRM (°C)	28,86	38,59	38,72	46,75	24,80	35,45	36,04	43,81
C3	Ta (°C)	27,85	34,71	35,12	37,83	22,80	31,83	31,80	36,94
	UR (%)	38,15	52,04	51,53	81,27	26,30	50,48	50,59	81,46
	Vv (m/s)	0,49	0,99	1,01	1,87	0,49	1,00	0,97	2,06
	TRM (°C)	30,10	47,16	47,29	61,00	25,50	44,63	46,91	59,91

Onde: Ta (temperatura do ar), UR (umidade relativa do ar), Vv (velocidade do vento) e TRM (temperatura radiante média)

Os valores de temperatura radiante média para o C1 apresentaram menor variabilidade 11,28°C (QU) que os valores dessa variável para o C3 com 34,41°C (QS). Essa grande variabilidade no C3 era esperada, uma vez que os parâmetros temperatura do ar, e velocidade do ar, utilizados no cálculo da temperatura radiante média, foram também valores dispersos.

5.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS PELOS QUESTIONÁRIOS

No total obteve-se 1.098 questionários, sendo 366 de cada cenário dos períodos quente-seco e quente-úmido. Para analisar as respostas dos participantes, os resultados

foram divididos em três partes. A primeira contendo as questões A, B, C e D, sobre percepção, preferência, conforto e sensibilidade térmica (Tabela 14), a segunda contendo as questões E, F, G e H, sobre as variáveis micrometeorológica (Tabela 15) e a terceira sobre as características pessoais dos participantes (Tabela 16).

Tabela 14 – Porcentagens das respostas sobre percepção, preferência, conforto e sensibilidade térmica, nos diferentes cenários e períodos

		C1		C2		C3	
		QU	QS	QU	QS	QU	QS
Questão A <i>Com relação às condições climáticas, como você se sente neste momento?</i> (Percepção térmica)	Com muito frio	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Com frio	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
	Um pouco de frio	0,0%	2,7%	0,0%	2,7%	0,0%	2,2%
	Bem	73,9%	82,3%	27,8%	42,5%	6,1%	15,6%
	Um pouco de calor	23,3%	14,5%	50,0%	40,3%	20,6%	32,8%
	Com calor	2,8%	0,0%	18,9%	14%	36,1%	37,6%
	Com muito calor	0,0%	0,0%	3,3%	0,5%	37,2%	11,8%
Questão B <i>Com relação às condições climáticas, como você gostaria de estar se sentindo agora?</i> (Preferência Térmicas)	Com muito mais frio	1,7%	0,0%	5,0%	0,5%	21,7%	8,1%
	Com mais frio	7,2%	3,8%	20,6%	23,1%	31,7%	27,4%
	Um pouco de frio	34,4%	21,5%	50,6%	37,1%	42,2%	49,5%
	Sem mudanças	56,7%	71,5%	23,9%	36,6%	4,4%	12,4%
	Um pouco de calor	0,0%	3,2%	0,0%	2,7%	0,0%	2,7%
	Com mais calor	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Com muito mais frio	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Questão C <i>Com relação às condições climáticas, agora você está:</i> (Conforto térmico)	Confortável	76,7%	84,4%	32,8%	45,7%	5,0%	15,1%
	Um pouco desconfortável	21,7%	15,1%	54,4%	49,5%	36,7%	42,5%
	Desconfortável	1,7%	0,5%	8,9%	4,8%	28,9%	32,3%
	Muito desconfortável	0,0%	0,0%	3,9%	0,0%	29,4%	10,2%
Questão D <i>Você é uma pessoa que geralmente sente muito frio, muito calor ou nem um nem outro?</i> (Sensibilidade térmica)	Muito frio	16,7%	29,0%	16,7%	28,5%	17,2%	29,0%
	Muito calor	46,7%	51,5%	50,0%	53,8%	52,2%	51,6%
	Nem um nem outro	36,7%	19,9%	33,3%	17,7%	30,6%	19,4%

Na questão A, as maiores porcentagens das respostas no C1 foram “bem” (acima dos 70%), nesse mesmo cenário os participantes não desejaram mudanças e estavam confortáveis. Nos cenários C2 e C3 ocorreram variações de respostas nos

Apenas no C1 e período quente-seco foi diferente desse resultado. As respostas das questões F e G nos diferentes cenários oscilaram entre as respostas “como está”, “mais úmido” e “mais forte”, referentes a umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Na Tabela 16 estão as porcentagens dos dados pessoais dos entrevistados, que foram separados por sexo, onde 56,6% dos entrevistados eram mulheres e 43,4% homens.

Tabela 16 – Porcentagem dos dados pessoais obtidos pelos questionários, são eles: altura, peso, idade (separados pelo sexo)

		Sexo	
		Feminino	Masculino
Questão I (Altura)	<1,5	0,5%	0,2%
	1,5-1,59	42,6%	1,3%
	1,6-1,69	31,3%	40,6%
	1,7-1,79	25,3%	42,3%
	>1,80	0,3%	15,6%
Questão J (Peso)	<50	2,1%	0,0%
	50-59	35,6%	0,6%
	60-69	45,7%	23,0%
	70-79	14,3%	39,9%
	>80	2,4%	36,5%
Questão K (Idade)	20-29	49,7%	34,9%
	30-39	46,2%	18,6%
	40-49	4,0%	0,0%
	50-59	0,0%	39,5%
	60-69	0,2%	7,0%

Pode-se observar que houve grande variabilidade nas respostas, sendo uma amostra com diversidade em suas características. Portanto para o cálculo do índice térmico (PET) foi necessário adotar um participante médio para os diferentes sexos e utilizou-se para homens: altura de 1,74m, peso de 74kg, e idade 54 anos, e para as mulheres: altura de 1,54m, peso de 64kg e idade de 24 anos.

5.3.1 Relação entre conforto térmico (questão C) e efeito da radiação solar (TRM-Ta)

Considerou-se o efeito da radiação solar como sendo a diferença entre a temperatura radiante média e a temperatura do ar (Figura 24). As diferenças de cada categoria nos distintos cenários ficaram nítidas.

No cenário 1 o efeito da radiação (TRM-Ta) não apresentou amplitudes elevadas, cerca de 97% variou entre -1,5 a 4,5 °C, em apenas 1 caso a diferença foi próxima dos 7 °C. Cerca de 80% dos entrevistados se sentem confortáveis. Não tendo nenhum caso de sensação “muito desconfortável”.

No cenário 2 (sombra artificial) os votos de desconforto estão concentrados na faixa de 32 a 36°C (Ta) e a amplitude do TRM-Ta foi de 14,1 °C. As respostas de sensação confortável ficaram dispersas, tanto na temperatura do ar como também na diferença entre a TRM e a Ta. Na temperatura do ar a variação foi de 22,8 a 36,1°C e na TRM-Ta amplitude foi de 17°C, ocorrendo sobreposições entre confortável e desconfortável. Apenas 2% se sentiam “muito desconfortáveis”.

No cenário 3 a menor porcentagem foi de respostas de conforto apenas 10%, se consideramos o restante como desconforto, seria de 90% (30% desconfortável, 20% muito desconfortável e 40% um pouco desconfortável). A resposta muito desconfortável está agrupada (90%) em $T_a > 32,2^\circ\text{C}$ e 70% das respostas estão concentrados em condições de TRM-Ta superior a 10 °C, atingindo um pico máximo de 27,7°C. Ressaltando a influência do efeito da radiação solar na sensação de desconforto térmico dos entrevistados.

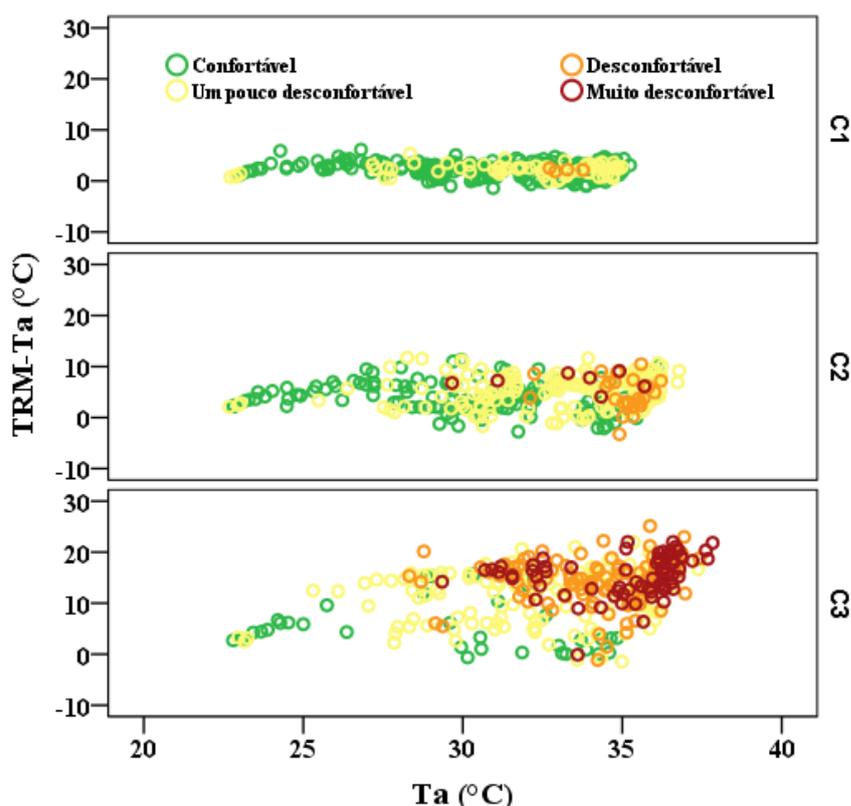


Figura 24 – Conforto térmico (questão C) em função da T_a e da diferença entre TRM e T_a da temperatura radiante média nos três cenários (C1, C2 e C3)

No estudo realizado em Curitiba por Rossi (2012), observou-se que 77% dos votos de desconforto para o frio e 65% dos votos de conforto ficaram concentrados em condições de TRM até 10°C mais alta que a T_a . Fato que ocorreu no cenários 1 e na maioria dos casos do cenário 2, porém no cenário 3 a concentração foi superior ao encontrado nessa pesquisa.

5.4 ANÁLISE DA SENSAÇÃO TÉRMICA E O FATOR DE VISÃO DO CÉU (FVC) NOS DIFERENTES CENÁRIOS E HORÁRIOS

Pode-se verificar na Tabela 17, que independente do período, o cenário arborizado apresentou as maiores porcentagem de “Bem, sem mudanças”, variando entre 50 e 70% das respostas. Se consideramos conforto térmico como a somatória das condições (Bem, sem mudanças, bem, prefere frio e sente calor, sem mudanças) o valor sobe para entre 77 e 83%.

Tabela 17 – Porcentagem da sensação térmica em diferentes cenários (C1, C2 e C3), períodos quente-seco (QS) e quente-úmido (QU) e fator de visão do céu (FVC)

		Bem, sem mudanças (a)	Bem, prefere frio (b)	Sente calor, sem mudanças (c)	Conforto térmico (a+b+c)	Desconforto por calor	Desconforto por frio	FVC
C1	QU	52,8%	21,1%	3,9%	77,8%	22,2%	0,0%	0,17
	QS	71,7%	11,1%	1,0%	83,8%	12,6%	3,5%	
C2	QU	20,0%	7,8%	3,9%	31,7%	68,3%	0,0%	0,15
	QS	38,4%	7,1%	1,5%	47%	50,0%	3,0%	
C3	QU	2,8%	3,3%	1,7%	7,8%	92,2%	0,0%	0,58
	QS	11,6%	6,1%	1,0%	18,7%	78,8%	2,5%	

As porcentagens de respostas que mesmo sentindo algum grau de calor e não desejavam mudanças no ambiente térmico, os valores não ultrapassaram para todos os cenários 4% (QU) e 1,5% (QS).

As porcentagens de respostas de desconforto por frio não foram superiores a 3,5% (QS) e no período quente-úmido não ocorreu nenhum caso.

No cenário 2 observa-se que 20% (QU) e 38,4% (QS) responderam não preferir mudanças no ambiente térmico, enquanto 7,8% (QU) e 7,1% (QS) preferiram uma condição mais fria. As maiores porcentagens registradas nesse cenário foram de desconforto por calor com 68,3% (QU) e 50% (QS). Mesmo o fator de visão do céu sendo baixo (0,15).

Ao comparar as variações das porcentagens obtidas pelos cenários sombreados naturalmente (C1) e artificialmente (C2) na categoria conforto térmico verifica-se uma diferença 46,1% (QU) e 36,8 (QS). Possivelmente isso ocorreu devido as características do material do guarda-sol, onde não conseguiu bloquear totalmente a radiação solar e tornando o ambiente menos confortável se comparado com o cenário arborizado.

As maiores porcentagens encontradas de desconfortável por calor nos diferentes cenários foram no cenário 3, com 92,2% (QU) e com 78,8% (QS), local onde apresentou o maior fator de visão do céu (0,58).

5.5 ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET E SUA CALIBRAÇÃO PARA CUIABÁ

Estudos recentes indicam que o índice de conforto térmico PET é a escolha mais adequada para avaliar as condições de conforto térmico dos ambientes externo, devido à consideração da inter-relação entre balanço de energia do corpo humano e de radiação de onda curta (NINCE, 2013).

Utilizando a faixa (18 a 26°C) com percepção térmica confortável do índice PET calibrado por Monteiro (2008) para a cidade de São Paulo (SP), em relação aos dados obtidos nessa pesquisa, verifica-se que somente no período quente-seco e entre às 8h e 10h possuem dados nesta faixa que representa 10% dos dados totais. No estudo realizado por Nince et al. (2013) somente no período noturno das 19h às 7h, os PET calculados, nos dois períodos (QS e QU), ficaram dentro desta faixa.

A faixa de calibração para sensação de conforto térmico para cidade de Belo Horizonte (Hirashima et al., 2011) ficou entre 15,5 e 30,5°C. No período quente-seco 34,7% dos dados totais ficaram inseridos nessa faixa, separando por cenários, 59,6% dos dados do C1 ficaram nessa faixa, pode-se destacar que no horário das 8h todos os dados foram menores de 30,5°C. Nos cenários 2 e 3 foram 33,3% e 11,3% respectivamente. No período quente-úmido apenas 5,5% dos dados totais ficaram inseridos nessa faixa, separando por cenários, foram 8,9% (C1), 5,5% (C2) e 2,2% (C3).

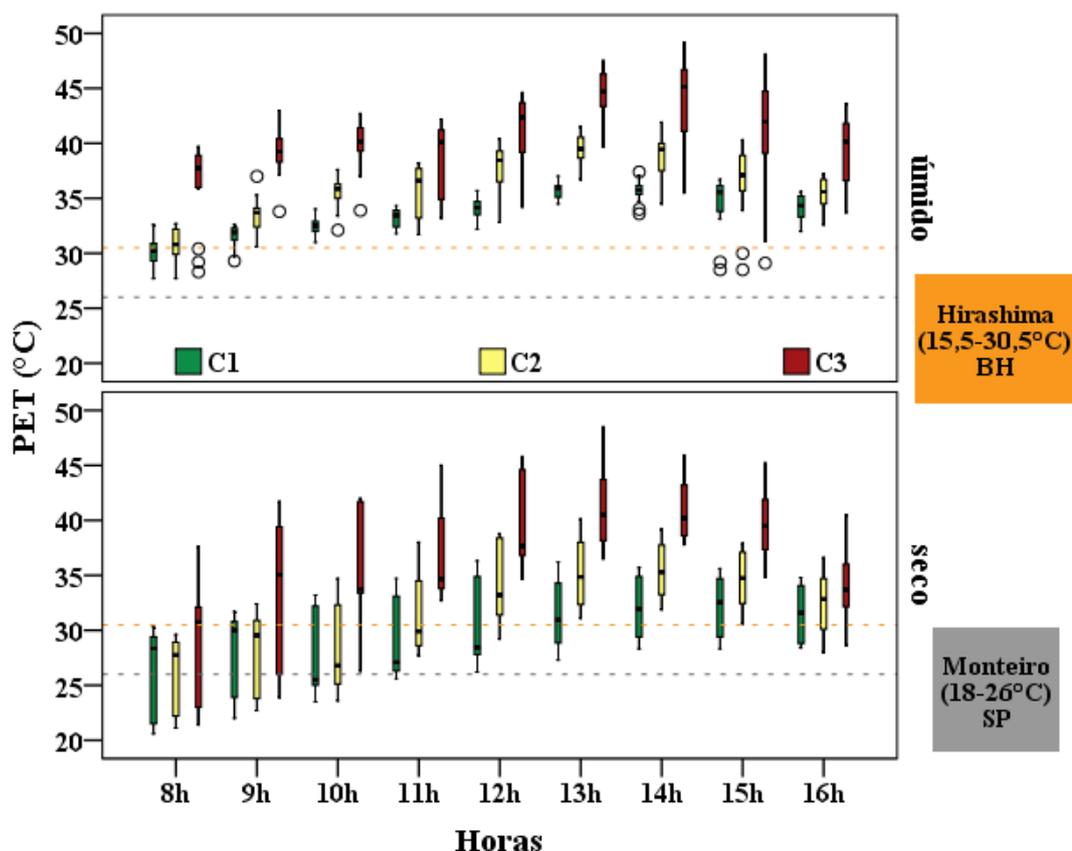


Figura 25 – Índice de conforto térmico PET nos diferentes cenários C1 (arborização), C2 (guarda-sol) e C3(exposto ao sol), nos períodos (quente-seco e quente-úmido) e horários (08h – 16h)

Por tanto verifica-se que é necessário realizar a calibração do índice de conforto térmico PET para a cidade de Cuiabá-MT. Estudar o índice PET é relevante, visto que é o índice mais aplicado em ambientes ao ar livre e estudado por diversos pesquisadores em diferentes localidades no mundo e sua aplicação tem sido satisfatória, permitindo assim realizar comparações deste estudo com resultados encontrados em outros contextos. A calibração foi realizada usando respostas subjetivas (percepção térmica) obtidos durante as coletas de dados (para cada um dos participantes da pesquisa). Estes foram distribuídos em função das categorias do PET (Figura 26).

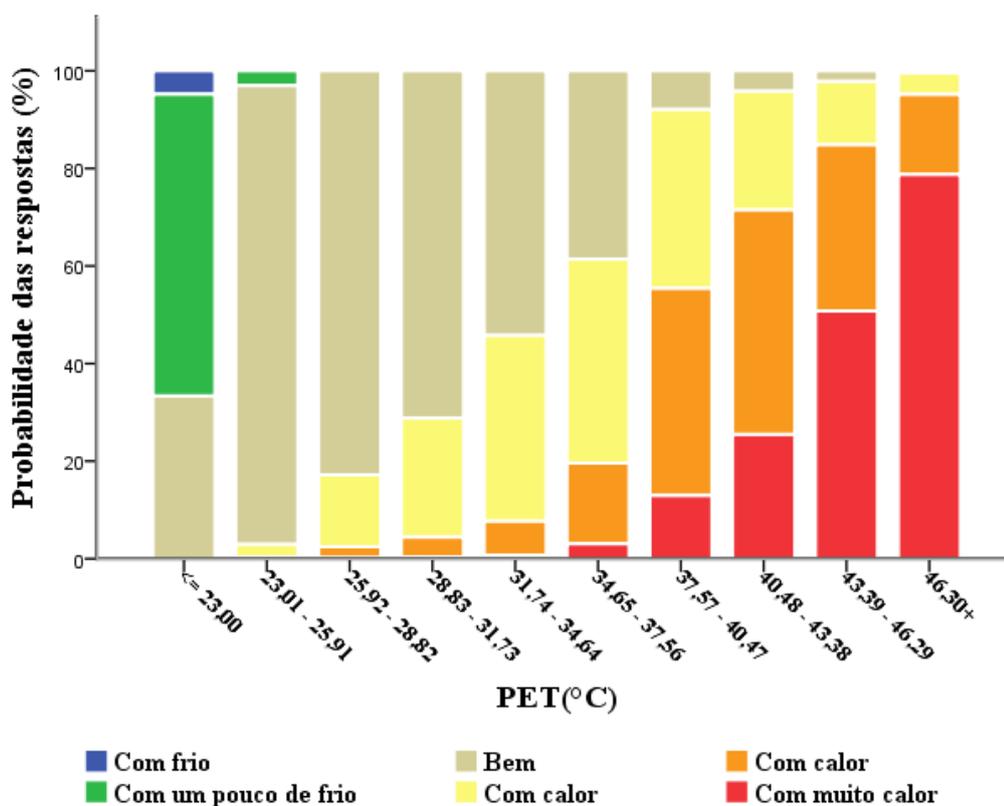


Figura 26 – Frequência das respostas de percepção térmica em função das categorias do PET

Nessa pesquisa não foi identificada resposta para a percepção de “muito frio” e para a percepção “frio” a porcentagem foi de apenas 5%, para essas duas categorias de sensação não tiveram resultados a serem apresentados.

O valor mínimo e máximo obtido do PET foram 20,6°C e 49,2°C (respectivamente). A faixa que compreende a percepção com “um pouco de calor” foi de $\leq 23^{\circ}\text{C}$, a faixa “confortável” obteve a maior amplitude com 11,63°C (23,01 a 34,64°C), a amplitude encontrada por Hirashima et al. (2011) que foi de 15°C (15,5° A 30,5°C). As faixas das sensações “pouco calor” e “calor”, por sua vez, abrangeram um intervalo de temperatura de apenas 2,91°C e 5,81°C (respectivamente). A faixa de “muito calor” teve seu limite inferior igual a 43,39°C (Tabela 18).

Tabela 18 – Frequência das respostas de percepção térmica em função das categorias do PET

PET (°C)	Frio	Um pouco frio	Bem	Um pouco de calor	Calor	Muito calor
<= 23,00	5%	62%	33%	0%	0%	0%
23,01 - 25,91	0%	3%	94%	3%	0%	0%
25,92 - 28,82	0%	0%	83%	15%	2%	0%
28,83 - 31,73	0%	0%	72%	24%	4%	0%
31,74 - 34,64	0%	0%	54%	38%	7%	1%
34,65 - 37,56	0%	0%	39%	42%	17%	3%
37,57 - 40,47	0%	0%	8%	37%	42%	13%
40,48 - 43,38	0%	0%	4%	24%	46%	25%
43,39 - 46,29	0%	0%	2%	13%	34%	51%
> 46,30	0%	0%	0%	4%	16%	79%

Comparando a calibração efetuada nesse estudo com os demais locais internacionais (Tabela 19), nota-se que de modo geral, Cuiabá obteve valores de PET mais próximos aos de Singapura (cidade-estado do sul da Malásia) e de Taiwan (ilha ao leste da China).

Tabela 19 – Resultado da calibração do índice PET para Cuiabá e as calibrações de outras localidades internacionais

Locais	Percepção térmica						
	Muito frio	Frio	Pouco frio	Confortável	Pouco calor	Calor	Muito calor
Cuiabá	-	-	<= 23,00	23,01 a 34,64	34,65 a 37,56	37,57 a 43,38	>=43,39
Europa ¹	≤4	4 a 8	8 a 18	18 a 23	23 a 35	35 a 41	41
Taiwan ²	≤14	14 a 18	18 a 26	26 a 30	30 a 38	38 a 42	>42
Alemanha ³	-	<13	13 a 17	18 a 28	29 a 34	35 a 41	>42
Hong Kong ⁴	-	<8	9 a 12	12 a 30	30 a 35	35 a 45	>45
Singapura ⁵	-	20 a 24	24 a 30	30 a 34	34 a 38	38 a 42	-
Tel Aviv ⁶	≤8	8 a 12	12 a 19	19 a 28	28 a 34	34 a 40	-
Tianjin ⁷	≤(-16)	-16 a -11	-11 a 11	11 a 31	31 a 36	36 a 46	-

FONTE: ¹Matzarakis et al. (1999), ²Lin & Matzarakis (2008), ³Katzschner (2011), ⁴Katzschner (2011), ⁵Yang et al. (2013), ⁶Cohen et al. (2013), ⁷Lai et al. (2014).

Isso porque, apesar da diversidade climática, tanto Cuiabá, quanto Singapura e Taiwan, apresentam maiores semelhanças em relação ao clima, que segundo a classificação de Köppen Geiger, são tropicais semiúmido do tipo Aw, tropical úmido do tipo Af e subtropical do tipo Cfa respectivamente. Sendo assim, o nítido período seco no inverno e o período chuvoso no verão, além das elevadas temperaturas médias do ar que caracterizam as três localidades, influenciam os valores de PET de modo similar.

Em contrapartida, os valores de PET mais distantes dos encontrados para Cuiabá, foram os de Tianjin (cidade do nordeste da China), que de acordo com Köppen-Geiger possui clima continental úmido do tipo Dwa e os da Europa, que em sua totalidade, detêm clima temperado do tipo Cfb. Portanto, o verão ameno e as temperaturas médias do ar que não ultrapassam 27°C e que condicionam os dois locais, influenciam os valores de PET de modo diferente quando comparados à Cuiabá.

Para finalizar, a calibração do índice PET da cidade de Cuiabá, também foi comparada com a de outras cidades nacionais (Tabela 20). Nessa perspectiva, os resultados exibidos permite inferir que, a calibração do índice PET feita para Cuiabá foi adequada, pois mesmo situadas no mesmo país e entre as cidades que exibem a maior quantidade de dados, Vitória e Campo Grande apresentaram valores de PET mais próximos aos de Cuiabá.

Tabela 20 - Resultado final da calibração do índice PET para Cuiabá e as calibrações de outras cidades brasileiras

Locais	Percepção térmica						
	Muito frio	Frio	Pouco frio	Confortável	Pouco calor	Calor	Muito calor
Cuiabá	-	-	<= 23,00	23,01 a 34,64	34,65 a 37,56	37,57 a 43,38	>=43,39
São Paulo ¹	≤4	4 a 12	12 a 18	18 a 26	26 a 31	31 a 43	>41
Belo Horizonte ²	-	-	-	≤30,5	-	30,5 a 35,0	>35,0
Vitória ³	-	18 a 20	20 a 22	22 a 30	30 a 34	34 a 46	>46
Salvador ⁴	-	-	-	≤26,8	29,4 a 34,1	26,8 a 29,4	≥34,1
Campo Grande ⁵	≤11	11 a 15	15 a 21	21 a 27	27 a 32	>32	-
Rio de Janeiro ⁶	-	-	-	-	22 a 36	36 a 49	>49
Curitiba ⁷	-	-	-	13 a 25	25 a 37	>37	-

FONTE: ¹Monteiro (2008), ²Hirashima et al. (2011), ³Silva e Alvarez (2015), ⁴Andrade et al. (2016), ⁵Lucchese et al. (2013), ^{6,7}Rossi et al. (2017).

Esse fato reitera a explicação feita anteriormente, visto que as três cidades possuem o mesmo clima tropical semiúmido do tipo Aw, e com isso, formas equivalentes de atuação no conforto térmico de indivíduos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As coletas das variáveis microclimáticas e a aplicação dos questionários realizadas nos períodos quente-seco e quente-úmido nos diferentes cenários na porção urbana localizada no campus da UFMT, forneceram bases para algumas inferências.

Ao analisar as variáveis microclimáticas (T_a , UR e TRM) coletas nos diferentes cenários, verificou-se que os valores com maiores diferenças ocorreram entre o local arborizado e o local exposto ao sol.

As análises do efeito das variáveis microclimáticas (temperatura do ar e o efeito da radiação) na sensação térmica mostram que a maior influência ocorreu no ambiente a céu aberto (C3).

Ao realizar a correlação das respostas de percepção e preferência térmica nos diferentes cenários verificou-se que no ambiente arborizado, ocorreu a maior porcentagem de conforto térmico e no ambiente exposto apresentou a maior porcentagem de desconforto térmico, reforçando a influência da arborização no conforto térmico.

Foi possível adaptar cinco categorias do índice PET (pouco frio, confortável, pouco quente, quente e muito quente) variando de 23°C a $>46,3^{\circ}\text{C}$. A faixa confortável ficou entre $23,01$ a $34,64^{\circ}\text{C}$. A percepção térmica dos entrevistados em Cuiabá é diferente da definida pelo índice PET (original), reforçando a necessidade de calibração do índice PET para outras localidades.

Portanto, os dados obtidos nesse estudo reforçam que em Cuiabá as condições bioclimáticas no ambiente ao ar livre e no período da tarde são desfavoráveis, indicando a necessidade da utilização de estratégias bioclimáticas para mitigar os efeitos causados pelo clima local. Neste contexto, o sombreamento arbóreo pode contribuir de forma significativa na melhora da sensação térmica.

Os resultados obtidos nesta pesquisa podem contribuir para o esclarecimento de questões referentes à percepção e ao conforto térmico em espaços abertos em Cuiabá, e assim podendo orientar políticas públicas em projetos urbanísticos relacionados a esses temas.

7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Os resultados obtidos nesta tese são relevantes para estudos complementares, contribuindo para pesquisas que utilizem a calibração do índice de conforto térmico PET. Assim, recomenda-se:

- a. Calibrar o índice UTCI para Cuiabá e correlacionar com índice PET.
- b. Estudar os índices de conforto PET em outros ambientes externo, como praças no centro da cidade, parques e ponto de ônibus.
- c. Analisar o índice de conforto térmico PET para Cuiabá acrescentando o turno da noite, com período de coletas maiores e utilizando outros métodos de calibração.

8 BIBLIOGRAFIAS

8.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimate as a factor in urban and architectural planning in tropical climates—the case of Campinas, Brazil. **Urban Ecosyst** v.17, n. 2, p. 489–500, 2014.

ALI-TOUDERT, F., MAYER, H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of and urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. **Build. Environ.** v. 41, p. 94–108, 2006.

ALMEIDA JUNIOR, N. L. Estudo de Clima Urbano: uma proposta metodológica. Cuiabá, 2005. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso.

ANDRADE, T. C. Q.; NERY, J. M. F. G.; SOUZA, S. H. M.; PITOMBO, C. S.; FREIRE, T. M. M.; KATZSCHNER, L. Medição do conforto térmico em áreas públicas urbanas de Salvador-BA e calibração do índice de conforto PET usando a técnica árvore de decisão. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 4, n. 2, p. 278-296, 2016.

ASHRAE 55 (2013). **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

BARLATI, A. B.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. Calçada de Presidente Prudente – SP: o conforto térmico em espaços públicos abertos. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 11, 2011, Búzios, RJ. **Anais...** Búzios, RJ: ENTAC, 2011.

BIQARAZ, B., FAYAZ, R., & HAGHIGHAAT NAEENI, G. A comparison of outdoor thermal comfort in historical and contemporary urban fabrics of Lar City. **Urban Climate**, v. 27, p. 212–226, 2019.

BRANCO, N. L. **Avaliação pós-ocupação e o conforto térmico nos espaços livres dos Bairros do Cabula e Tancredo Neves - Salvador/BA**. 2014. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI-a case study in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, USA, v. 56, n. 3, p. 471–480, 2012.

BRUSANTIN, G. N.; FONTES, M. S. G. C. Conforto Térmico em Espaços Públicos de Permanência: uma experiência na cidade de Bauru-SP. In: Encontro Nacional, 10., Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 6., Natal, 2009. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2009. p. 441-449.

CAMPELO, JR. J. H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, 7, 1991, Londrina, **Anais...** Londrina, v.1.

CAMPOS NETO, A. A. **Estudo bioclimático no campus da Universidade Federal de Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – UFMT, Cuiabá, 2006.

CANAN, F., GOLASI, I., CIANCIO, V., COPPI, M., & SALATA, F. Outdoor thermal comfort conditions during summer in a cold semi-arid climate. A transversal field survey in Central Anatolia (Turkey). **Building and Environment**, USA, v. 148, p. 212-224, 2019.

CHEN, L., WEN, Y., ZHANG, L., XIANG, W.N. Study of thermal comfort and space use in an urban park square in cool and cold seasons in Shanghai. **Build. Environ.** v. 94, p. 644–653, 2015.

CHENG, V., NG, E., CHAN, C., GIVONI, B. Outdoor thermal comfort study in a subtropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. **Int. J. Biometeorol.** V. 56, p. 43–56, 2011.

CHEUNG, P. K.; JIM, C. Y. Comparing the cooling effects of a tree and a concrete shelter using PET and UTCI. **Building and Environment**, v. 130, p. 49–61, 2018.

CHOW, W.T.L., AKBARA, S.N., HENGA, S.L., ROTH, M. Assessment of measured and perceived microclimates within a tropical urban forest. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.16, p. 62–75, 2016.

COHEN P, POTCHTER O, MATZARAKIS A. Human thermal perception of coastal Mediterranean outdoor urban environments. **Appl Geogr**, v. 37, p. 1–10, 2013.

COLLISCHONN, E.; FERREIRA, C. V. O. O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intraurbanas em Pelotas/RS, Brasil. **Geographia Meridionalis**, v. 1, p. 160-178, 2015.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá (2004) *Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Perfil socioeconômico de Cuiabá*. Vol. II - Cuiabá: IPDU/ Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano.

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

DACANAL, C. et al. Conforto Térmico em Espaços Livres Públicos: estudo de caso em Campinas, SP. In: Encontro Nacional, 10., Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 6., 2009, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2009. p. 563-572.

DEPROT – Ambiente (Interface Humano Ambiental) Temperatura. Porto Alegre: jul 2002. 7p. Ergonomia.

ELNABAWI, M.H.; HAMZA, N.; DUDEK, S. Thermal perception of outdoor urban spaces in the hot arid region of Cairo, Egypt. **Sustainable Cities Soc**, v. 22, p. 136–145, 2016.

FANG, Z., LIN, Z., MAK, C.M., NIU, J., TSE, K.T. Investigation into sensitivities of factors in outdoor thermal comfort indices. **Build. Environ.**, v.128, p.129–142, 2018.

FANG, Z.; FENG, X.; LIU, J.; LIN, Z.; MAK, C. M.; NIU, J.; XU, X. Investigation into the differences among several outdoor thermal comfort indices against field survey in subtropics. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 676–690, 2019.

FANGER, P. O. **Thermal comfort – Analysis and applications in environmental engineering**. Darlish Technical Press, Copenhagen, 1970. 244 p.

FANGER, Povl O. **Thermal Comfort**. Florida: Robert E. Krieger Publishing Co., 1982.

FÉ, D. S., ANDRADE, T., SANTANA, M. J. A., NERY, J., MOURA, T., OLIVEIRA, I. B. Aplicabilidade De Índices De Conforto Térmico: Um Estudo De Caso Em Salvador-BA. In: Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 9., Ouro Preto, 2007. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007.

FERREIRA, G. R. **Estudo do campo térmico e sua relação com o sky view factor em situação sazonal de verão no centro urbano de Viçosa-MG**. 70f. Monografia (Bacharel em Geografia) - Departamento de Geografia. Universidade Federal de Viçosa, 2015.

FIALA, D.; HAVENITH, L.; BRÖDE, P.; KAMPMANN, B.; JENDRITZKY, L. UTCI-Fiala Multi-Node Model of Human Heat Transfer and Temperature Regulation. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 3, p. 429-441, 2012.

FRANÇA, M. S. **Avaliação do microclima urbano para a cidade de Sorriso/MT: estudo de caso** (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, p. 1-91, 2017.

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

GOLASI, I., SALATA, F., DE LIETO VOLLARO, E., COPPI, M. Complying with the demand of standardization in outdoor thermal comfort: a first approach to the Global Outdoor Comfort Index (GOCI). **Build. Environ.**, v. 130, p. 104–119, 2018.

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

GULYAS, A., UNGER, J., MATZARAKIS, A. Assessment of the microclimate and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements. **Build. Environ.**, v. 41, p. 1713–1722, 2006.

HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do índice de conforto térmico temperatura fisiológica equivalente PET para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG**. 2010, 225f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte – MG, Brasil**. São Paulo, 2014. 248f. Tese (Doutorado em arquitetura e urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. DE. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo ambientes externos. In: Encontro Nacional de Conforto No Ambiente Construído, 11, Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 7, 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: ENCAC, ELACAC, 2011.

HIRASHIMA, S. Q. S.; KATZSCHNER, A.; FERREIRA, D. G.; ASSIS, E. S.; KATZSCHNER, L. Thermal comfort comparison and evaluation in different climates. **Urban Climate**, v. 23, p. 219–230, 2018.

HIRASHIMA, S. Q. S.; KATZSCHNER, A.; FERREIRA, D.; ASSIS E. S.; KATZSCHNER, L. Thermal comfort comparison and evaluation in different climates Toulouse, França. Proceedings...In.: ICUC 9—The 9th **International Conference on Urban Climate**. Toulouse, France, 2015.

HIRASHIMA^a, S. Q. S., ASSIS, E.S., NIKOLOPOULOU, M. Daytime thermal comfort in urban spaces: a field study in Brazil. **Build. Environ.**, v. 107, p. 245–253, 2016.

HIRASHIMA^b, S. Q. S.; ASSIS, E. S.; NIKOLOPOULOU M. Dataset on daytime outdoor thermal comfort for Belo Horizonte, Brazil. **Data in Brief**, p. 530 – 535, 2016.

HÖPPE, P. R. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, 43, p. 71- 75, 1999.

HUANG, T.; LI, J.; XIE, Y.; NIU, J.; MAK, C. M. Simultaneous environmental parameter monitoring and human subject survey regarding outdoor thermal comfort and its modelling. **Build. Environ.**, v. 125, p. 502–514, 2017.

HUSSEIN, I.; RAHAMAN, M. H. A. Field study on thermal comfort in Malaysia. **European Journal of Scientific Research**, v. 37, n.1, p. 127-145, 2009.

HWANG, R. L.; LIN, T. P.; MATZARAKIS, A. Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, v. 46, n. 4, p. 863-870, 2011.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. Climatologia. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>> Acesso em: 28/03/2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment** - Estimation of Thermal Insulation and Water Vapour Resistance of a Clothing Ensemble. 2^a edition. Norma ISO 9920. Genebra, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 10551: ergonomics of the thermal environment: assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genebra, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7726: ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genebra, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730: ergonomics of the thermal environments: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996**. Ergonomics of the thermal environments – Determination of thermal metabolic rate. Genève: ISO, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8996: ergonomics of the thermal environment: determination of metabolic rate. Genebra, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9920: ergonomics of the thermal environment: estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genebra, 2007.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY. Commission 6 for the Development of a Universal Thermal Climate Index (UTCI). Meeting Report, Freiburg, Germany, June 7-8, 2001. Freiburg: ISB Commission, 2001.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY. Commission 6 for the Development of a Universal Thermal Climate Index (UTCI). Report for 2003. Geneva: ISB Commission 6, 2003.

JEONG, M. A.; PARK, S.; SONG, G. S. Comparison of human thermal responses between the urban forest area and the central building district in Seoul, Korea. **Urban For. Urban Green.**, v. 15, p.133–148, 2016.

JOHANSSON, E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot and dry climate: A study in Fez, Morocco. **Build. Environ.**, v. 41, p. 1326–1338, 2006.

JOHANSSON, E.; THORSSON, S.; EMMANUEL, R.; KRÜGER, E. Instruments and Methods in Outdoor Thermal Comfort Studies: the need for standardization. **Urban Climate**, v. 10, p. 346- 366, 2014.

KÁNTOR, N.; KOVÁCS, A.; TAKÁCS, Á. Seasonal differences in the subjective assessment of outdoor thermal conditions and the impact of analysis techniques on the obtained results. **Int J Biometeorol.**, v. 60, p.1615–1635, 2016.

KÁNTOR, N.; UNGER, J.; GULYAS, A. Subjective estimations of thermal environment in recreational urban spaces-part 2: International Comparison. **Int. J. Biometeorol.**, v. 56, p. 1089–1101, 2012.

KARIMINIA, S.; AHMAD S. S.; OMAR, M.; IBRAHIM, N. Urban outdoor thermal comfort prediction for public square in moderate and dry climate. In: 2011 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), Langkawi, p. 308–313, 2011.

KARIMINIA, S.; MOTAMEDI, S.; SHAMSHIRBAND, S.; PIRI, J.; MOHAMMADI, K.; HASHIM, R.; CHANDRABHUSHAN, R.; PETKOVIĆ, D.; BONAKDARI, H. Modelling thermal comfort of visitors at urban squares in hot and arid climate using NN-ARX soft computing method. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 124, p. 991–1004, 2014.

KNEZ, I., THORSSON, S. Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons. **Build. Environ.**, v. 43, p.1483–1490, 2008.

KOVÁCS, A.; UNGER, J.; GÁL, C. V.; KÁNTOR, N. Adjustment of the thermal component of two tourism climatological assessment tools using thermal perception and preference surveys from Hungary. **Theor. Appl. Climatol.**, v.125, n. 1–2, p113–130, 2016.

KRÜGER, E. L. Efeitos da ilha de calor nos níveis de conforto em ambientes externos e internos para as condições climáticas de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 459-467, 2016.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. C. O.; RASIA, F. B. C. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. **Building and Environment**, v. 46, p. 621-634, 2011.

KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; CRISTELI, P. S. SOUZA, H. A. de. Calibração do índice de conforto para espaços externos *Physiological Equivalent Temperature* (PET) para Curitiba. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 135-148, jul./set. 2018.

KRÜGER, E.; DRACH, P.; EMMANUEL, R.; CORBELLA, O. Assessment of daytime outdoor comfort levels in and outside the urban area of Glasgow, UK. **Int. J. Biometeorol.**, v. 57, p. 521–533, 2013.

KRÜGER, E.; ROSSI, F.; DRACH, P. Calibration of the physiological equivalent temperature index for three different climatic regions. **Int J Biometeorol.**, v. 61, p. 1323– 1336, 2017.

LAI, D.; GUO, D.; HOU, Y.; LIN, C.; CHEN, Q. Studies of outdoor thermal comfort in northern China. *Building and Environment*, 77, p.110-118, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. 192p.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C. Desempenho térmico de edificações. UFSC, Apostila Disciplina: ECV 5161, Florianópolis, SC, 2005.

LAMBERTS, R.; XAVIER A. A.; GOULART, S.; VECCHI, De R. Conforto térmico e stress térmico. UFSC. Florianópolis – SC, 2014.

LI, K.; ZHANG, Y.; ZHAO, L. Outdoor thermal comfort and activities in the urban residential community in a humid subtropical area of China. **Energy Build.**, v. 133, p. 498–511, 2016.

LIMA, L. C.; LEDER, S. M.; SILVA, L. B.; SOUZA, E. L. Conforto térmico em espaços abertos no clima quente e úmido: estudo de caso em um parque urbano no Bioma Mata Atlântica. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 109–127, 2019.

LIN T.P.; MATZARAKIS A. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. **International Journal of Biometeorology.**, v. 52, n. 4, p. 281-290, 2008.

LIN, T.P. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot an humid regions. **Build. Environ.**, v. 44, p. 2017–2026, 2009.

LIN, T.-P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R.-L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 213–221, 2010.

LIN, T.P.; YANG, S.R.; MATZARAKIS, A. Customized rating assessment of climate suitability (CRACS): climate satisfaction evaluation based on subjective perception. **Int. J. Biometeorol.**, v. 59, n. 12, p. 1825–1837, 2015.

LINDNER-CENDROWSKA, K., BŁAŻEJCZYK, K. Impact of selected personal factors on seasonal variability of recreationist weather perceptions and preferences in Warsaw (Poland). **Int. J. Biometeorol.**, v. 62, n.1, p. 113-125, 2018.

LIU, W., ZHANG, Y., DENG, Q. The effects of urban microclimate on outdoor thermal sensation and neutral temperature in hot-summer and cold-winter climate. **Energy Build.**, v. 128, p. 190–197, 2016.

LOIS, E; LABAKI, L. C. Conforto Térmico em Espaços Externos: uma revisão. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 6., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.

LOUAFI, S.; ABDOU, S.; PEITER, S. Effect of vegetation cover on thermal and visual comfort of pedestrians in urban spaces in hot and dry climate. **Nat. Technol.**, v. 17, p. 30–42, 2017.

LUCCHESI, J.R.; ANDREASI, W.A. Designing thermally pleasant open areas: the influence of microclimatic conditions on comfort and adaptation in Midwest Brazil. **J. Sustain. Dev.**, v. 10, n. 4, p. 1–11, 2017.

LUCCHESI, J.R.; MIKURI, L.P.; DE FREITAS, N. V. S.; ANDREASI, W.A. Application of selected indices on outdoor thermal comfort assessment in Midwest Brazil. **Int. J. Energy Environ.**, v. 7, n. 4, p. 291–302, 2016.

LUZ, V. S.; MACIEL, C. R.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Análise preliminar das características ambientais em espaço de lazer: pista de caminhada da UFMT. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 2049-2058, 2013.

MAHAMOUD, A. H. A. Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. **Build. Environ.**, v. 46, n.12, p. 2641–2656, 2011.

MAKAREMI, N.; SALLEH, E.; JAAFAR, M. Z.; HOSEINI, A. H. G. Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia. **Build. Environ.**, v. 48, p. 7–14, 2012.

MATUSCHEK, O.; MATZARAKIS, A. A mapping tool for climatological applications. **Meteorol. Appl.**, v. 18, n. 2, p. 230–237, 2011.

MATZARAKIS A.; ENDLER C. Climate change and thermal bioclimate in cities: impacts and options for adaptation in Freiburg, Germany. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, p. 479-483, 2010.

MATZARAKIS, A.; DE ROCCO, M., NAJJAR, G. Thermal bioclimate in Strasbourg – the 2003 heat wave. *Theor. Appl. Climatol.*, v. 98, p. 209–220, 2009.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a Universal Thermal Index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, Lisse, v. 43, p. 76-84, 1999.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modeling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*; v. 54, p. 131-139, 2010.

MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. In: **Theoretical and Applied Climatology**, v. 38, p. 43-49, 1987.

MIDDEL, A.; SELOVER, N.; HAGEN, B.; CHHETRI, N. Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona. **Int. J. Biometeorol.**, v. 60, n. 12, p. 1849–1861, 2017.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** 2009.

MINELLA, F. O.; RASIA, F.; KRÜGER, E.L. Impactos microclimáticos da morfologia urbana: comparação preliminar entre dois modelos de urbanização em Curitiba. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela RS. **Anais...** Porto Alegre RS: ENTAC, 2010. v. 1. p. 1-11.

MONTANHEIRO, F. P. **Percepção térmica de idosos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2106.

MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos**. 378p. Tese (Doutorado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Calibration of outdoor thermal comfort models. In: The 23rd **Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA2006)**, Geneva, Switzerland, 2006.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Comparação cruzada entre pesquisas laboratoriais e de campo em conforto térmico em espaços abertos urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.79-101, 2010.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Índices de conforto térmico em espaços abertos Parte 1: revisão histórica. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL, 2005.

NASIR, R.A.; AHMAD, S.S.; AHMED, A.Z. Psychological adaptation of outdoor thermal comfort in shaded green spaces in Malaysia. **Procedia. Soc. Behav. Sci.**, v. 68, p. 865–878, 2012.

NASROLLAHI, N.; HATAMI, Z.; TALEGHANI, M. Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; a case study in Isfahan. **Build. Environ.**, v. 125, p. 356–372, 2017.

NDETTO, E.; MATZARAKIS, A. Assessment of human thermal perception in the hothumid climate of Dar es Salaam, Tanzania. **Int. J. Biometeorol.**, v. 61, p. 69–85, 2017.

NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: an experience from Hong Kong. **Build. Environ.**, v. 47, p. 256–271, 2012.

NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. **Building and Environment**, v. 41, p.1455–1470, 2006.

NINCE, P. C. C.; MUSIS, C. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Usos dos Índices PET e UTCI na avaliação do conforto termal no campus da UFMT em Cuiabá - MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, p. 2026-2036, 2013.

NOURI, A. S.; COSTA, J. P. Addressing thermophysiological thresholds and psychological aspects during hot and dry mediterranean summers through public space design: the case of Rossio. **Build. Environ.**, v. 118, p. 67–90, 2017.

NOVIETO, D. T. **Aging and Thermal Comfort Modelling**. Reino Unido: Institute Of Energy And Sustainable Development. 2009.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. London and New York: Routledge, 2005. 435p.

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

PANTAVOU, K.; LYKOUDIS, S.; NIKOLOPOULOU, M.; TSIROS, I. X. Thermal sensation and climate: a comparison of UTCI and PET thresholds in different climates. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, n. 9, 1695–1708, 2018.

PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D. Outdoor thermal sensation in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. **Building and Environment**, v. 66, p.82-95, 2013.

PARK, S.; TULLER, S. E.; JO, M. Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for microclimatic analysis in urban thermal environments. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 146–155, 2014.

PARSONS, K.C. The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 593-599, 2002.

PEARLMUTTER, D.; JIAO, D.; GARB, Y. The relationship between bioclimatic thermal stress and subjective thermal sensation in pedestrian spaces. **Int. J. Biometeorol.**, v. 58, n. 10, p. 2111–2127, 2014.

PEETERS, L.; DEAR, R.; HENSEN, J.; D'HAESELEER, W. Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. **Applied Energy**, v. 86, n. 5, maio, p. 772-780, 2009.

PINTO, N. M. **Condições e parâmetros para a determinação de conforto térmico em ambientes industriais do ramo metal mecânico**. 2011. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

POTCHTER, O., COHEN, P., LIN, T., & MATZARAKIS, A. Science of the Total Environment Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. **Science of the Total Environment**, v. 631–632, p.390–406, 2018.

QUINA, R.R. **Análise da influência de condicionantes geoambientais e urbanos sobre o comportamento térmico do município de Viçosa-MG, durante o período de verão de 2014/15 e inverno de 2015**. Banco de monografias Departamento de Geografia da UFV-MG. Viçosa-MG. 2016.

RANCURA, R. L. **Conforto térmico em espaços externos - feiras livres em Indaiatuba/SP**. 2011. 121 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. RIBEIRO, C. A. M.; FIDELIS, C. N.; CARVALHO, H. J. M. Fator de visão do céu e ilhas de calor: geoprocessamento aplicado ao conforto urbano. In: III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica - CONNEPI - 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CONNEPI, 2008

RODRÍGUEZ ALGECIRAS, J. A.; COCH, H.; DE LA PAZ PÉREZ, G.; CHAOS YERAS, M.; MATZARAKIS, A. Human thermal comfort conditions and urban planning in hot-humid climates - the case of Cuba. *International Journal of Biometeorology*, v. 60, n. 80, p. 1151-1164, 2015.

RODRÍGUEZ ALGECIRAS, J. A.; MATZARAKIS, A. Quantification of thermal bioclimate for the management of urban design in Mediterranean climate of Barcelona, Spain. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 8, p. 1261–1270, 2016.

ROSHAN, G.; SALEH, H.; QUEIROZ, S.; ATTIA, S. Urban Climate Estimate of outdoor thermal comfort zones for different climatic regions of Iran. **Urban Climate**, p.8–23, 2019.

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

ROSSI, F A.; KRÜGER, E L. Comparação entre sensação térmica real e o índice PET para Curitiba/PR. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído,

2013, Brasília. XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: ANTAC, 2013.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba. Curitiba.** 2012. 216f. Tese (Doutorado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; DRACH, P. Calibração do índice PET para Curitiba e Rio de Janeiro. In: Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, 2017, Balneário Camboriú. Habitat Humano: em busca de conforto ambiental, eficiência energética e sustentabilidade no século XXI, 2017. p. 185-193.

ROSSI, F. A.; MINELLA, F. O.; TAMURA, C. A.; DUMKE, E.; KRÜGER, E. L. Conforto térmico em espaços abertos: resultados de um estudo piloto em Curitiba. In: X Encontro Nacional de Conforto No Ambiente Construído E VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC-2009. **Anais...** Natal, 2009.

RUAS, A. C. **Conforto térmico no ambiente de trabalho.** Fundacentro, 1999.

SALATA, F.; GOLASI, I.; de LIETO VOLLARO, R.; de LIETO VOLLARO, A. Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy. **Building and Environment.**, v. 96, p. 46–61, 2016.

SANTOS, F. M. M. **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso.** 117f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

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

SHARAFKHANI, R.; KHANJANI, N.; BAKHTIARI, B.; JAHANI, Y. Physiological Equivalent Temperature Index and mortality in Tabriz (The northwest of Iran). **Journal of Thermal Biology**, v. 71, p. 195–201, 2018.

SHIH, W.M.; LIN, T.P.; TAN, N.X.; LIU, M.H. Long-term perceptions of outdoor thermal environments in an elementary school in a hot-humid climate. **Int. J. Biometeorol.**, v. 61, n. 9, p. 1657–1666, 2017.

SHIMAKAWA, A. H.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. Aplicação dos modelos preditivos de conforto PET e PMV em Presidente Prudente-SP: estudo de caso - parque

do povo. In: X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 10, 2009, Natal, RN. **Anais...** Natal, RN: ENTAC, 2009.

SILVA, F.T., ALVAREZ, C.E. An integrated approach for ventilation's assessment on outdoor thermal comfort. **Build. Environ.** v. 87, p. 59–71, 2015.

SOUZA, L. C. L.; TENTE, C. M.; GIUNTA, M. B.; NAKATA, C. M. Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 2010. p. 155-167.

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

STRAUB, K. W. **Determinação da Temperatura de Neutralidade em Salas de Aula do Ensino Superior para as Zonas Bioclimáticas do Estado de Mato Grosso.** Cuiabá, 2016. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá.

THORSSON, S.; HONJO, T.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; LIM, E. M. Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. **Environment and Behavior**, v. 39, n. 5, p. 660-684.

TSITOURA, M.; TSOUTSOS, T.; DARAS, T. Evaluation of comfort conditions in urban open spaces. Application in the island of Crete. **Energy Convers. Manag.**, v. 86, p. 250–258, 2014.

WANG, Y.; DE GROOT, R.; BAKKER, F.; WÖRTCHE, H.; LEEMANS, R. Thermal comfort in urban green spaces: a survey on a Dutch university campus. **Int. J. Biometeorol.**, v. 6, p. 87–101, 2017.

WILMORE, Jack H. **Fisiologia do esporte e do exercício.** 2. ed. São Paulo: Editora Manole Ltda., 2001.

XU, M.; HONG, B.; MI, J.; YAN, S. Outdoor thermal comfort in an urban park during winter in cold regions of China. **Sustainable Cities and Society**, v. 43, p. 208–220, 2018.

YAHIA, M. W.; JOHANSSON, E. Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. **Int. J. Biometeorol.**, v. 57, p. 615–630, 2013.

YANG, B., OLOFSSON, T., NAIR, G., KABANSHI, A., Outdoor thermal comfort under subarctic climate of north Sweden – a pilot study in Umea. **Sustain. Cities Soc.**, v. 28, p. 387–397, 2017.

YANG, F.; LAU, S. S. Y.; QIAN, F. Thermal comfort effects of urban design strategies in high-rise urban environments in a sub-tropical climate. **Archit. Sci. Rev.**, v. 54, p. 285-304, 2011.

YANG, W.; WONG, N. H.; ZHANG, G. A comparative analysis of human thermal conditions in outdoor urban spaces in the summer season in Singapore and Changsha, China. **Int. J. Biometeorol.**, v. 57, p. 895–907, 2013.

YANG, W.; WONG, N. H.; ZHANG, G. A comparative analysis of human thermal conditions in outdoor urban spaces in the summer season in Singapore and Changsha, China. **Int J Biometeorol.**, v. 57, p. 895–907, 2013.

ZENG, Y., DONG, L. Thermal human biometeorological conditions and subjective thermal sensation in pedestrian streets in Chengdu, China. **Int. J. Biometeorol.**, v. 59, p. 99–108, 2015.

8.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto Térmico Propiciado por Algumas Espécies Arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103 - 117, 2010.

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S. Padrões da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de caso no *campus* de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 5 - 16, 2012.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental. **Ambiência**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 101 - 111, 2012.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C.; **Clima e cidade – Abordagem climática como subsídio para estudos**. EdUfal, 2007

BARBOSA, R. V. R. F.; VECCHIA, F. A. S. Análise do comportamento térmico de diferentes arranjos urbanos na cidade de Maceió (AL) em escala de abordagem microclimática. **Revista PARC**, Campinas, v. 1, n. 4, 2009.

BLAZEJCZYK, K.; BROEDE, P.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; KUNERT, A. Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in european scale. **Miscellanea Geographica**, Warszawa, v. 14, p. 91 - 102, 2010.

BLAZEJCZYK, K.; EPSTEIN, Y.; JENDRITZKY, G.; STAIGER, H.; TINZ, B. Comparison of UTCI to selected thermal indices. **Int J Biometeorol**, v. 56, n. 3, p.515-535, 2012.

BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Campinas, 1998.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Campinas, 2003.

CALLEJAS, I. J. A., DURANTE, L. C., NOGUEIRA, M. C. J. A., NOGUEIRA, J. S., CAMPOS, A. C. S. Estudo do sombreamento arbóreo, atenuação da radiação solar e microclima dos pátios escolares: elementos para se pensar a sustentabilidade urbana. In: IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011, Vitória. **Anais...** Vitória, 2011.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana, Universidade Federal do Ceará, Brasil. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 207 - 223, 2011.

CALLEJAS, I. J.; CAMPOS, A. C.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, M. C. Índices arbóreos e suas relações com o microclima urbano. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14, 2012, Juiz de Fora. **Anais eletrônicos...** Juiz de Fora: UFJF, 2012.

CHEN, J.N; BLACK, T.A. Foliage area and canopy architecture of plant canopies from sunfleck size distributions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, 1992.

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

DUARTE, D. H. S. **O clima como Parâmetro de Projeto para a Região de Cuiabá**. 1995. __f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

FRANCO, F. M. **Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do porto em Cuiabá-MT**.2010. 153f. Dissertação (Mestrado em Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

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

GIVONI, B. Man, Climate and architecture. **Applied Science Publisher**, London, 1976.

GOUVÊA, M. L. **Cenários de impacto das propriedades da superfície sobre o conforto térmico humano na cidade de São Paulo**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) -Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GURGEL, E. M. **Qualidade do Sombreamento Natural de Três espécies arbóreas visando ao Conforto Térmico animal**. 2010. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura). Faculdade de Ciência Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, 2010.

LABAKI, L. C. et al. Vegetação E Conforto Térmico Em Espaços Urbanos Abertos. **Fórum Patrimônio**, v. 4, n. 1, 2013.

LEÃO, E. B. **Carta Bioclimática de Cuiabá**. 2007. Dissertação. (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 147 f. Cuiabá, MT.

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

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

MACIEL, C. R.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Cobertura do solo e sua influência na temperatura de microclimas urbanos na cidade de Cuiabá - MT. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 39, p. 40 - 57, 2011.

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

MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias - INIA, 1978. 48p. (Hojas Técnica, 19).

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. 2. Ed. Porto Alegre: Mais Quatro editora, 2005.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. UFRGS/FINEP. Porto Alegre, 2002.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F. Rayman: a tool for tourism and applied climatology. 2007.

NINCE, P. C. do C.; SANTOS, F. M. de M.; NOGUEIRA, J. de S.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimentos urbanos no campus da UFMT em Cuiabá-MT. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, 2013.

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, 2013.

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

OLIVEIRA, M. J. **Avaliação experimental de interferências causadas pela radiação solar global e pela velocidade dos ventos em medições climatológicas da temperatura do ar.** Monografia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

RIBEIRO, K. F. A.; VALIN JR, M. O.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S.; MUSIS, C. R. Análise da temperatura interna e superficial em diferentes sombreamentos arbóreos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 40 - 60, 2015.

SAMPAIO, M.M.A. **Análise do desempenho térmico e lumínico de habitações populares em Cuiabá-MT.** 110 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

SANTOS, F. M. M.; MUSIS, C. R., NOGUEIRA, S. J.; JÚNIOR, O. B. P.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Análise da variação higrótérmica ocasionada pela influência da ocupação do solo na cidade de Cuiabá - MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 9, n. 9, p. 1932 - 1945, 2013.

SHINZATO, P. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera.** 205f. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SOUZA, J.L.; ESCOBERTO, J. F.; TORNERO, M. T. T. Albedo e Estimativas do Saldo de Radiação em Feijão-Vagem Sob Cobertura de Plástico e Ambiente Externo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.10, p.1763-1774, out. 1999.

SOUZA, L. C. I. **Influência da geotecnia urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre.** 1996. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos; Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

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

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 2000.

ANEXO A – Tabela com as pesquisas bibliográficas de 2006 a 2019

Tabela 21 – Levantamento das pesquisas realizadas sobre os índices de conforto térmico em espaços abertos nos últimos anos (2006-2019), estudos internacionais e nacionais, com foco especial no índice PET

Qtd	Autores (ano)	Objetivo do estudo (local)	Considerações importantes
1	Gulyas et al. (2006)	Demonstrar a importância e potencial da avaliação quantitativa do conforto humano e do estresse térmico. Por meio de modelagem e alteração da estrutura da superfície. Foi realizado também uma avaliação baseada em medições microclimáticas para revelar as características bioclimáticas humanas da área de estudo. (Szeged no sul da Hungria).	Utilizou o RayMan para calcular o PET. Mudanças (naturais ou artificiais) na situação de radiação alteram a sensação de conforto térmico. Condições bioclimáticas desfavoráveis podem ser melhoradas (por exemplo, plantando árvores).
2	Ali-Toudert e Mayer (2006)	Analisaram os impactos do design das ruas (canyons) no conforto térmico externo (PET) em uma região de clima quente e seco (Ghardaia, Argélia).	Os resultados revelaram uma diminuição do PET até 12 K para uma incidência de vento paralelo em comparação a uma incidência perpendicular para a mesma proporção. A vegetação também pode ser usada como um dispositivo de sombreamento adicional que pode melhorar ainda mais o ambiente térmico da rua.
3	Johansson (2006)	Investigou a influência da geometria urbana no microclima e no conforto térmico em dois bairros com características distintas (Fez, Marrocos).	Os resultados mostram uma relação clara entre a geometria urbana e o microclima no nível da rua.
4	Monteiro e Alucci (2006)	Verificaram a aplicabilidade dos modelos, calibrando-os para serem usados adequadamente para avaliar conforto térmico em espaços ao ar livre da Grande São Paulo, Brasil. (São Paulo, Brasil)	Para os autores a principal contribuição desta pesquisa é fornecer não só a possibilidade de usar diferentes modelos para avaliar o conforto térmico em espaços ao ar livre de São Paulo, mas também sabendo o quão bem eles respondem tais situações.
5	Thorsson et al. (2007)	Examinaram o uso e os níveis de atividade em dois lugares urbanos japoneses diferentes: um parque e uma praça. Foram estudadas variações espaciais e temporais no	Verificaram que o uso do parque foi influenciado mais pelas condições térmicas. Os valores PET relativamente mais altos na praça indicam uma carga de calor de maior

		ambiente térmico e sua influência no uso e percepção. (Matsudo, Japão).	intensidade, o que também se reflete na percepção térmica dos entrevistados.
6	Knez e Thorsson (2008)	Examinaram a influência da cultura (Suécia vs. Japão) e a atitude ambiental (urbana vs. ao ar livre) nas avaliações térmicas, emocionais e perceptivas dos participantes de um parque, dentro do intervalo confortável de PET 18-23 °C. (Suécia e Japão).	Foi observado que os japoneses usavam roupas um pouco mais quentes que os suecos. De um modo geral, a diferença entre os sentimentos/comportamento ambientais externos entre as culturas pode ser explicada pela adaptação e resistência das culturas ao clima e ao clima.
7	Shimakawa e Bueno-Bartholomei (2009)	Realizaram uma comparação entre a sensação térmica real e a calculada através dos índices preditivos de conforto (PMV e PET) e indicaram qual o modelo preditivo, entre os dois avaliados, é o mais adequado. (Presidente Prudente/SP, Brasil).	O índice preditivo que mais se assemelhou às respostas dadas pelos usuários foi o do modelo PET, que chegou a valores próximos aos dos entrevistados em quatro dos seis dias analisados.
8	Brusantin; Fontes (2009)	Este trabalho mostra um estudo sobre as condições de conforto térmico em um espaço público aberto em Bauru, através de um confronto entre o conforto real, obtido com a aplicação de questionários, com o conforto calculado, através dos índices PMV e PET. (Bauru/SP, Brasil)	Os resultados mostraram diferenças significativas entre ambos (conforto real x conforto calculado), uma vez que os parâmetros qualitativos locais, caracterizados pela forte presença de arborização de grande porte, presença bancos, entre outros, contribuem para a avaliação positiva na sensação e satisfação térmica dos usuários.
9	Dacanal et al, (2009)	Analisaram o conforto térmico humano em dois espaços livres na cidade de Campinas, SP, o Parque Portugal e a Praça Imprensa Fluminense, e caracterização dos diferentes usos presentes nestes espaços decorrentes da configuração espacial e dos aspectos microclimáticos. (Campinas/SP, Brasil)	Observaram que a intensidade das atividades físicas aumenta em espaços livres arborizados, podendo estabelecer uma correlação entre microclima e conforto térmico. Verificaram que os entrevistados se declararam satisfeitos termicamente, indicando uma possível influência de fatores subjetivos e psicológicos.
10	Minella et al. (2009)	Verificaram a influência do fator de visão de céu (FVC) para a sensação de conforto térmico em duas situações urbanas distintas no calçadão da Rua XV de Novembro em Curitiba, a partir da comparação entre valores de temperatura do ar e temperatura radiante média (TRM), obtidos por monitoramento térmico local, e os índices de conforto PMV e PET calculados por intermédio do programa RayMan. (Curitiba, Brasil).	Concluíram que FVC não pode ser considerado, isoladamente, como fator determinante para os níveis de conforto dos índices PMV e PET. No entanto, a TRM é uma importante variável no que diz respeito aos índices de conforto térmico estudados. Características como, altura das edificações, largura das vias e orientação, tem forte influência na incidência de radiação solar nos pontos medidos, e em consequência nos níveis de conforto.
11	Rossi et al. (2009)	Analisaram a resposta humana em relação ao conforto térmico em Curitiba, relativamente aos índices PMV, PET e SET*. (Curitiba, Brasil).	Verificaram discrepâncias entre dados de conforto térmico e dados calculados. Observou a necessidade de calibrar os índices e para torná-los adequados para ambientes externos.

12	Lin (2009)	Usou o PET para examinar o conforto térmico em uma praça pública. Verificou a existência de adaptação térmica e problemas associados à utilização de espaços público. (Taichung no centro de Taiwan).	A faixa de conforto térmico foi de 21,3 – 28,5°C PET. Verificou-se que os níveis de satisfação com o ambiente térmico foram elevados nos casos de pessoas que escolheram estar na praça para caminhar/descansar em contrapartida os níveis foram baixos para as pessoas que precisavam passar pelo local.
13	Lin et al. 2010	Analisar as condições térmicas ao ar livre em um campus universitário, utilizou o modelo RayMan para prever o conforto térmico. A faixa de conforto térmico dos residentes de Taiwan obtida em uma pesquisa anterior foi aplicada como critério para determinar se um ambiente térmico é confortável ou desconfortável. Foi realizado também o Fator de Visão do Céu (FVC) nos ambientes estudados. (Taiwan, China).	Os resultados da validação do RayMan foram positivos. Foi verificado que os locais com pouco sombreados (altos FVC) eram desconfortáveis no verão e locais altamente sombreados (baixos FVC) eram desconfortáveis no inverno. Os níveis médios de sombreamento (FVC = 0,129) foi que apresentou maior período de conforto térmico em um ano inteiro. Devido ao processo de adaptação não é recomendado ter ambientes excessivamente sombreado em Taiwan.
14	Hirashima (2010)	Realizou a calibração do índice de conforto térmico temperatura fisiológica equivalente (PET), para espaços abertos do município de Belo Horizonte. (Belo Horizonte, Brasil).	A faixa “confortável” teve como limite superior o valor de 30,5°C; a faixa “calor” é delimitada pelos valores de 30,5°C a 35°C, sendo 35°C o limite inferior da faixa “muito calor”.
15	Barlatti e Bueno-Bartholomei (2011).	Avaliaram os limites de conforto térmico real e correlacioná-los com conforto térmico calculado, utilizando índices preditivos de conforto, a fim de identificar diferenças entre as condições de conforto subjetiva e objetiva respectivamente. (Presidente Prudente/SP, Brasil)	Os resultados microclimáticos com as entrevistas deram divergência, possivelmente pela aclimação do clima, devido à adaptação psicológica, pois estão acostumados com temperaturas elevadas, mesmo não os agradando. Foi possível observar que os índices PET e PMV apresentam algumas controversas dos demais resultados. Sugerindo que, em um trabalho futuro, sejam realizadas novas calibrações desses índices.
16	França; Barbirato (2011)	Analysaram a influência da configuração de espaços urbanos no conforto térmico de usuários sob condições climáticas da cidade de Maceió – AL. (Maceió, Brasil).	Observaram que os pontos mais confortáveis foram os apresentavam sombreamento por marquise ao nível do pedestre, sem obstruções laterais. Os pontos mais desconfortáveis foram os pontos abertos ao exterior. Verificaram que os valores do PET se aproximam mais dos resultados reais quando comparados com o índice de Ahmed.

17	Kariminia et al. (2011)	Estabeleceram a faixa de temperatura térmica aceitável aplicável a um contexto urbano em zonas climáticas temperadas e secas, com base no índice de temperatura fisiologicamente equivalente (PET). (Esfahan, Irã).	A análise preliminar demonstrou que as pessoas se sentiam mais confortáveis no inverno em comparação ao inverno. A faixa térmica do PET aceitável foi entre 12,3 e 30,9 °C, este intervalo é consideravelmente diferente do clima subtropical, isso ocorre devido os efeitos do ambiente térmico e da adaptação humana em espaços externos.
18	Hirashima e Assis (2011)	Avaliaram termicamente os ambientes externos e a definiram os procedimentos para a calibração do índice PET para espaços abertos do município de Belo Horizonte/MG. (Belo Horizonte, Brasil).	A amplitude de PET foi 12 a 41 °C. Considerado a percepção: “Com frio” foi valores abaixo de 12 °C, “Com pouco frio” de 12 a 15,5 °C, “Confortável” 15,5 a 30,5 °C, “Com pouco calor” de 30,5 a 31 °C, “Com calor” de 31 a 35,5°C e “Com muito calor” foi acima de 35,5°C.
19	Lin e Matzarakis (2011)	Determinaram as percepções térmicas do turista com base em temperaturas fisiologicamente equivalentes (PET) e classificações de conforto térmico (TPCs) para regiões temperadas e (sub) tropicais. (Taiwan e a China Oriental (províncias de Shandong, Jiangsu, Zhejiang, Anhui, Fujian e Jiangxi, e a cidade de Xangai).	Resultados analíticos demonstram que a maioria das regiões na área de estudo são termicamente confortáveis durante a primavera e o outono sob um TPC temperado. Sob o TPC (sub) tropical, as regiões do sul são confortáveis durante a primavera e o outono e as regiões do norte são confortáveis durante o verão.
20	Hwang et al. (2011)	Foram realizados vários experimentos de campo para analisar as condições térmicas externas em ruas urbanas na região central de Taiwan. O modelo RayMan foi utilizado para prever o conforto térmico a longo prazo usando dados meteorológicos por um período de 10 anos. (Taiwan, Huwei).	A análise de correlação revela que o conforto térmico é melhor quando um local é sombreado na primavera, no verão e no outono. No inverno, a condição ligeiramente sombreada pode contribuir para o aumento da radiação solar, assim, o conforto térmico é melhor quando um local tem pouca sombra.
21	Yang, Lau e Qian (2011)	Avaliaram os efeitos de várias estratégias de projeto urbano nas condições térmicas externas de verão, com foco em aplicações de vegetação e do alto do albedo. A medição de campo foi realizada em dois bairros residenciais altos em Xangai. Utilizaram o ENVI-met para examinar uma série de estratégias de projeto urbano e a temperatura fisiológica equivalente (PET) como o índice de conforto térmico. (Xangai, China)	O resultado mostra que um aumento de 0,4 no albedo da superfície do solo em geral reduz o conforto térmico. O aumento da cobertura vegetal, especialmente a cobertura de árvores, melhora o conforto térmico durante todo o período em avaliação. Uma redução de até 15°C no PET diurno é obtida pela adição de uma densa cobertura de árvores (LAI = 6,4) sobre um gramado e até 20°C pela adição da cobertura de árvores sobre o pavimento duro com um albedo de 0,2.
22	Mahamoud (2011)	Investigar o conforto térmico dos usuários em um parque urbano no Cairo, Egito. A investigação foi realizada durante os meses quentes e frios, utilizando pesquisas subjetivas e	Os resultados demonstram que as diferenças no índice PET entre estas zonas, devido a diferentes fatores de visão do céu (FVC) e velocidade do vento. A maioria das 9 zonas de

		medições de campo em nove zonas diferentes do parque urbano. Calculou o PET e o fator de visão do céu (FVC) pelo programa RayMan. (Cairo, Egito)	paisagem são termicamente confortáveis dentro de um intervalo de 22-30°C PET no mês quente e dentro de um intervalo de 21 a 29°C PET no mês frio.
23	Cheng et al. (2011)	O artigo aborda os efeitos das mudanças das condições de vento e radiação solar na sensação térmica. Ele examina o uso do voto médio previsto (PMV) no contexto externo e ilustra o uso de um índice térmico alternativo - temperatura fisiológica equivalente (PET). (Hong Kong, China).	Uma análise inicial dos efeitos da radiação solar e do vento na sensação térmica no verão mostra que: (1) um aumento na velocidade do vento de 0,3 m/s a 1 m/s é equivalente a uma queda de cerca de 2°C na temperatura do ar; (2) um aumento na intensidade solar de 136 W/m para 300 W/m é equivalente a um aumento de 2,4°C na temperatura do ar. De acordo com os resultados, os PET neutros no verão e no inverno são 25°C e 21°C, respectivamente.
24	Kántor et al. (2012)	O artigo é a segunda parte do estudo em que foi comparado os resultados obtidos em Szeged (Hungria) com aqueles obtidos através de projetos anteriores (Hungria, Suécia, Portugal, Canadá, Taiwan e em toda a Europa) de conforto térmico ao ar livre. (Szeged, Hungria).	Os resultados comparados de diferentes estudos incluem coeficientes de correlação que expressam inter-relações entre os diferentes aspectos de estimativas subjetivas (sensação térmica, percepções, preferências) e também entre avaliações subjetivas e os correspondentes parâmetros meteorológicos.
25	Makaremi et al. (2012)	O objetivo deste trabalho foi determinar os componentes térmicos de ambientes e respostas de humanos em contexto quente e úmido da Malásia. (Malásia)	As condições aceitáveis (PET <34 °C) ocorreram normalmente durante as primeiras horas de medição (9-10 am) e no final da tarde (4-5 pm), enquanto os locais com alto nível de sombreamento obtidos de plantas e edifícios circundantes teve um período mais longo aceitável termicamente.
26	Nasir et al. (2012)	O objetivo deste estudo foi identificar a adaptação das pessoas para a condição externa quente e úmida e sombreada. (Malásia)	Os resultados confirmaram a existência de conforto térmico adaptativo entre os respondentes, pelo qual eles perceberam melhores condições microclimáticas do que o que foi medido, ou seja, os malaios estão fisiologicamente e psicologicamente adaptado à condição de microclima sombreado com base em sua experiência e percepção.
27	Yahia e Johansson (2013)	O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento de diferentes índices térmicos, investigando diferentes ambientes térmicos em Damasco durante o verão e o inverno. Um segundo objetivo foi definir os limites inferior e superior da faixa de conforto térmico para alguns desses índices. (Damasco, Síria)	Concluiu-se que o desenho urbano em Damasco precisa incluir espaços bem sombreados para pedestres - por exemplo, usando alta densidade de construções ou vegetação - para proteger os pedestres no verão, bem como espaços abertos para fornecer acesso solar no inverno. O estudo definiu o menor limite de conforto no inverno para

			21°C e o limite superior no verão para 31,3°C para PET. Para OUT_SET*, os limites inferior e superior correspondentes foram 27,6°C e 31,3 °C, respectivamente.
28	Yang et al. (2013)	Realizaram análise comparativa entre os achados de duas pesquisas de campo de condições térmicas humanas em espaços urbanos ao ar livre durante a temporada de verão. A temperatura fisiologicamente equivalente (PET) foi utilizada como índice térmico para avaliar as condições térmicas. (Singapura; e Changsha, China)	Concluíram que os ocupantes em Singapura e Changsha têm requisitos de conforto térmico diferentes para os espaços urbanos ao ar livre, apesar das condições térmicas exteriores semelhantes. Os entrevistados em Singapura e Changsha tiveram expectativas térmicas diferentes com o PET preferido de 25,2°C e 22,1°C para Singapura e Changsha, respectivamente.
29	Cohen et al. (2013)	Avaliaram a percepção das condições de conforto térmico em espaços urbanos variados ao ar livre durante o verão e o inverno e calibrar os limites da escala de sensação térmica humana no clima mediterrâneo em comparação com outras zonas climáticas. (Tel Aviv, Israel).	Os resultados analíticos indicam que a faixa “neutra” de Voto de Sensação Térmica (TSV) para o clima mediterrâneo é entre 20 e 25°C PET, maior que a dos climas temperados e menor que a dos climas quente e úmido.
30	Rossi; Krüger (2013)	Analisaram comparativamente a sensação térmica da população de Curitiba/PR e a sensação térmica predita pelo índice PET. (Curitiba, Brasil).	Devido à grande sobreposição das respostas reais nas três categorias de estresse térmico, é difícil separar as categorias de sensação térmica real dentro dos grupos de estresse térmico definidos pelo índice e, como consequência, prever a sensação térmica real da população estudada por meio do índice analisado. A grande amplitude térmica diária de Curitiba, com média anual de 16 °C, pode explicar a grande dispersão das respostas de conforto em função da temperatura do ar.
31	Lai et al. (2014)	Avaliaram a aplicabilidade de diferentes índices térmicos, incluindo PMV, PET e UTCI, a um ambiente externo em um clima frio na China. (Tianjin, China).	A faixa de temperatura equivalente fisiológica neutra (PET) encontrada foi de 11–24 °C, que foi mais baixa do que as faixas na Europa e em Taiwan. Nosso estudo indicou que os moradores de Tianjin estavam mais adaptados ao ambiente frio.
32	Kariminia et al. (2014)	Investigar o conforto térmico de visitantes em duas praças da cidade do Irã, bem como o papel do ambiente térmico. A avaliação do conforto térmico requerido foi realizada por medição física e questionário. Um modelo conhecido como rede autorregressiva neural (NN-ARX) foi empregado. Cinco índices de temperatura fisiológica equivalente (PET),	Os resultados foram comparados com a rede neural artificial (RNA) e o sistema de inferência neuro-fuzzy adaptativo (ANFIS), as evidências mostrou a superioridade do NN-ARX sobre a RNA e ANFIS. Para o modelo NN-ARX, os indicadores estatísticos do erro quadrático médio (RMSE) e o erro médio absoluto (MAE) foram 0,53 e 0,36

		voto médio previsto (PMV), temperatura efetiva padrão (SET), votos sensitivos térmico (TSVs) e temperatura radiante média (TMRT) foram treinados e testados usando o NN-ARX. (Irã).	para o PET, 1,28 e 0,71 para o PMV, 2,59 e 1,99 para o SET, 0,29 e 0,08 para o TSV e, finalmente, 0,19 e 0,04 para o TMRT.
33	Pearlmutter et al. (2014)	Examinar a influência simultânea do ambiente urbano externo sobre o índice de estresse térmico (ITS) e a sensação térmica subjetiva em um clima quente-árido. Foi calculado a temperatura fisiologicamente equivalente (PET). (Negev, Israel).	O nível de sensação térmica confortável foi de -160 a 160W para o ITS e de 21 a 33°C para o PET. Os resultados indicam que os pedestres que experimentam condições externas variáveis têm maior tolerância a mudanças no estresse térmico.
34	Tsitoura et al. (2014)	Estimar o conforto térmico ao ar livre em quatro ambientes diferentes, foram realizadas medidas no local e questionários foram aplicados. Para atingir o objetivo, vários índices de conforto foram utilizados. Inicialmente tentou encontrar o mais adequado para descrever os votos de conforto e depois foi ajustado este índice para melhor conformidade com as respostas reais. (Creta, Grécia)	A partir da comparação dos índices com os votos da sensação real foi possível concluir que: O índice SET é afetado pelo ambiente solar, porém não pode descrever a tolerância dos usuários às condições climáticas. O índice WBGT é próximo da temperatura do ar, mas os níveis de conforto não seguem as variações de temperatura. O índice PET é afetado pela temperatura do ar e os resultados, especialmente no verão, não se encaixam no conforto. O PMV, não pode descrever o conforto durante o verão, mas pode prever o aumento ou a queda dos votos de conforto de forma bastante realista em todas as praças, tanto no inverno e no verão.
35	Chen et al. (2015)	Investigar o papel do conforto térmico em um parque urbano em Xangai, por meio de medições meteorológicas e questionários, assim verificar a avaliação das pessoas sobre o espaço externo e a atividade. (Xangai, China).	O estudo revela que o PET neutro em Xangai no inverno fica em torno de 15 a 29 °C. O estudo também descobriu que a temperatura do ar e a radiação solar são fatores importantes que afetam o uso do espaço ao ar livre no inverno.
36	Silva e Alvarez (2015)	Avaliaram o efeito da ventilação no conforto térmico de pedestres em regiões costeiras com clima quente e úmido e calibrar a faixa térmica o PET para esse contexto climático. (Vitória, Espírito Santo, Brasil)	De acordo com os resultados do estudo, edifícios altos (dezesseis andares) com grande distância entre eles têm menos efeito sobre a velocidade do vento do que casas (até para dois andares) com uma pequena distância entre eles. A faixa de conforto para Vitória foi de $22^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 30^{\circ}\text{C}$.
37	Zeng e Dong (2015)	Avaliar o conforto térmico em três locais em uma área de pedestres de Chengdu, na China. Medições meteorológicas e questionários foram utilizados para avaliar a sensação térmica dos entrevistados. (Chengdu, China).	A temperatura neutra em Chengdu foi de 24,4°C PET, o valor é semelhante à de Taiwan, demonstrando substancial tolerância humana a condições quentes em regiões quentes e úmidas.

38	Salata et al. (2016)	Examinaram o conforto térmico ao ar livre na área do Mediterrâneo. Determinaram um valor de PET para cada questionário respondido. (Roma, Itália).	Os valores de PET neutro são 26,9 e 24,9 °C, respectivamente, para as estações quente e fria. Os valores PET preferidos são 24,8 e 22,5 °C, respectivamente, para as estações quente e fria. Isso mostra a influência da adaptação térmica.
39	Jeong et al. (2016)	Medir o ambiente físico-térmico e as respostas psicológicas e fisiológicas humanas associadas nas estações de verão e outono no distrito central de construção (CBD) e na floresta urbana, a fim de avaliar o efeito das florestas urbanas sobre as condições térmicas humanas. (Seul, Coreia do Sul)	Durante o verão, 60,3% dos participantes sentiram sensação de calor no CBD (23,8%, na floresta), enquanto 79,3% se sentiram confortáveis na floresta urbana (31,1%, no CBD). A faixa confortável de temperatura do ar na área florestal urbana foi 12,1 a 21,6 °C, foi mais amplo do que no CBD. As pessoas na área de floresta urbana se sentiam mais confortáveis do que fez aqueles no CBD.
40	Kovács et al. (2016)	Este artigo descreve a metodologia proposta para a integração dos novos sistemas de classificação PET sazonais, baseados em percepção e baseados em preferências no TCI (Índice Climático do Turismo) e apresenta a incorporação de novos limites de PET no CTIS (Sistema Clima-Turismo / Transferência-Informação). (Szeged, Hungria).	Os resultados revelaram diferenças significativas entre as categorias de estresse térmico - inicialmente derivadas para o contexto da Europa Ocidental / Central - e a percepção térmica e os padrões de preferência térmica dos húngaros. As faixas de PET para as estações do ano foram: 34 °C < PET < 40,5°C (Primavera); 23,5°C < PET < 27°C (Verão); 22,5°C < PET < 29°C (Outono).
41	Li et al. (2016)	Este estudo teve como objetivo compreender melhor o conforto térmico ao ar livre e as atividades na comunidade residencial em uma área subtropical úmida da China. Foram realizadas medidas físicas e coletas de questionários, para determinar o conforto térmico e atividades do espaço ao ar livre. (China)	Os indivíduos tiveram preferências diferentes para fatores ambientais térmicos durante as diferentes estações do ano. No inverno, os moradores preferiam atividades em áreas iluminadas pelo sol. No verão, os moradores preferiam a atividade no guarda-sol. Os PET neutros foram 15,6°C no inverno e 25,6°C na primavera. No entanto, não houve PET neutro no verão.
42	Liu et al. (2016)	Investigar os efeitos de diferentes parâmetros microclimados na sensação térmica externa e temperatura neutra no clima de verão quente e inverno frio, com base em uma investigação de campo de longo prazo (quase 2 anos) realizada em vários espaços públicos de uma cidade típica da China. (Changsha, China)	Os resultados revelaram que a temperatura do ar desempenha um papel importante na sensação térmica ao ar livre. Diferenças sazonais e regionais na temperatura neutra externa foram encontradas, o que reflete diferentes requisitos de conforto térmico sob condições distintas de microclima ao ar livre.
43	Kántor et al. (2016)	Foram realizados estudos de campo em uma ampla gama de regiões geográficas, a fim de investigar a relação entre a	Foi verificada diferenças sazonais significativas nas temperaturas neutras (17,1 a 21°C PET no caso do banco de

		sensação térmica das pessoas e os índices de conforto térmico. (Szeged, Hungria).	dados geral), especialmente entre o verão (15,4 a 26 °C) e os dois ambientes estudados (ensolarado e sombreado).
44	Lucchese et al. (2016)	Compararam a capacidade preditiva dos seguintes índices: temperatura equivalente fisiológica (PET), universal Índice de Clima Térmico (UTCI), Temperatura Equivalente Percebida (TEP), Senso de Conforto Térmico (YDS) e Votação Média Prevista (PMV). Para obter os dados necessários, medidas micrometeorológicas e questionários foram realizados simultaneamente durante as campanhas de campo. (Campo Grande, Brasil).	O PMV não foi adequado para avaliação externa. O TEP e o YDS tiveram limitações devido à adaptação térmica local. PET e UTCI tiveram desempenhos relativamente satisfatórios, mas a calibração regional foi necessária. A gama de conforto obtida foi de 21 - 27°C PET. Os resultados reafirmam que as sensações térmicas variam em todo o mundo, sugerindo a influência da aclimação regional.
45	Elnabawi et al. (2016)	Este estudo investiga o conforto térmico dos usuários em uma rua urbana em um clima quente e árido do Cairo, Egito. A investigação foi realizada em duas condições climáticas diferentes; verão e inverno, utilizando pesquisas subjetivas sobre a percepção do ambiente térmico aplicação dos votos de sensibilidade térmica (TSV) de sete pontos ASHRAE 55. (Cairo, Egito).	A faixa de conforto térmico foi de 23 – 32°C PET, que é 1 a 2°C maior do que os estudos anteriores realizados no Green Park urbano do Cairo, onde o intervalo era de 21 a 30°C. A temperatura neutra de verão (29,5°C PET) foi de 5°C PET maior que no inverno (24,5°C PET). Isto sugere que as pessoas aceitam temperaturas mais altas no verão do que no inverno.
46	Hirashima et al. (2016) ^a	Este artigo apresenta os resultados de pesquisas de conforto térmico em duas praças localizadas na cidade de Belo Horizonte, Brasil, em duas diferentes estações do ano. Os objetivos foram comparados com respostas subjetivas coletadas durante levantamentos de campo para avaliar as condições de conforto térmico que as pessoas experimentam e identificar potenciais processos de adaptação térmica. (Belo Horizonte, Brasil).	A calibração do índice PET, resultou na definição da faixa de aceitabilidade térmica de: “Frio” para valores de PET abaixo de 19 °C; “Neutro” para valores de PET entre 19°C e 27 °C; “Quente” para valores de PET superiores a 27 °C. As temperaturas neutras foram de 27,7 °C, no verão, e de 15,9 °C, no inverno; enquanto as temperaturas preferidas foram de 14,9 °C, no verão, e 20,9 °C, no inverno.
47	Hirashima et al. (2016) ^b	Este artigo contém um conjunto de dados sobre a variável microclimática, sobre valores do índice PET, sobre respostas subjetivas relativas à percepção da sensação térmica, avaliação do conforto térmico e preferências da sensação térmica, e sobre as características individuais e comportamentais dos entrevistados. (Belo Horizonte, Brasil).	Esses dados podem auxiliar pesquisadores e profissionais da área na avaliação das condições térmicas externas, realizarem tratamentos estatísticos e fazerem comparações das condições de conforto térmico em contextos climáticos e/ou culturais diferentes ou semelhantes e também identificarem possíveis processos de adaptação térmica.
48	Middel et al. (2017)	Quantificar o impacto da sombra na sensação térmica subjetiva em uma cidade quente do deserto, usando medidas de conforto subjetivas e objetivas para abordar os fatores	Uma regressão da sensação térmica subjetiva na temperatura equivalente fisiológica produziu uma temperatura neutra de 28,6 °C. O intervalo de conforto

		ambientais e não ambientais que afetam o conforto térmico. (Arizona, Estados Unidos)	aceitável foi de 19,1°C - 38,1°C com uma temperatura preferida de 20,8 °C. E uma análise sazonal, a sombra aumentou significativamente o conforto térmico na primavera, verão e outono.
49	Huang et al. (2017)	Este trabalho apresenta uma investigação das condições de sensação térmica e conforto térmico em áreas da UEB (área sob um edifício elevado) em contraste com a área aberta, por meio de medições no local e questionários. Os dados obtidos a partir das medições e levantamentos foram então usados para comparar as neutralidades térmicas entre UEB e áreas abertas, e para comparar a precisão dos três modelos de conforto térmico ao ar livre PET, UTCI e UCB. (Hong Kong).	A UEB e área aberta diferem-se principalmente nos parâmetros de radiação e vento. Os resultados de PET, UTCI e UC-Berkeley se correlacionam bem com o Voto de Sensação Térmica Média. A UEB é significativamente mais confortável em climas quentes.
50	Krüger et al. (2017)	Apresentaram um procedimento de calibração preliminar para o índice PET para três diferentes regiões climáticas: Curitiba, Brasil, uma localização subtropical; Rio de Janeiro, Brasil, uma cidade tropical; e Glasgow, Reino Unido, um local de alta latitude. Estudos de campo foram realizados pelos autores de acordo com um protocolo similar e usando equipamento similar, produzindo votos de sensação térmica e dados microclima, pós-processados como dados de PET. (Curitiba, Rio de Janeiro/ Brasil e Glasgow/ Reino Unido).	Mesmo utilizado o procedimento de análise igual para os 3 locais, as classes de conforto / estresse do PET diferem. Conforme os pesquisadores ainda existem aspectos confusos nas respostas de sensação térmica relatadas. Por isso, defendem padronização de protocolos usados para avaliar condições de conforto preferenciais em espaços externo.
51	Louafi et al. (2017)	O objetivo desta pesquisa é comparar o desempenho de áreas sombreada por cinco tipos diferentes de cobertura de árvores, incluindo uma área aberta sem vegetação, localizada em clima quente e seco. (Constantina, Argélia).	Os resultados do questionário indicam que a maioria (70%) dos usuários localizados sob a cobertura de árvores sentiu sensação térmica neutra durante a manhã (às 6h, 8h e 10h, enquanto 50% das pessoas localizadas em espaço aberto com radiação solar completa sentiu uma sensação de calor na ao mesmo tempo. Foram encontradas diferenças de valores de PET entre o local mais arborizado e o local aberto sem cobertura de árvore com variações entre 2°C e 5,4°C (às 14h), o que significa um conforto significativo de melhorias em áreas sombreadas por árvores.

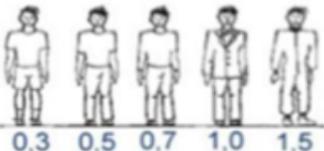
52	Lucchese e Andreasi (2017)	O objetivo foi propor diretrizes de projeto para áreas abertas de acordo às preferências térmicas locais. O PET foi calibrado para a região. (Campo Grande, Brasil)	A diferença do índice PET neutro na estação inverno para a estação verão foi de 1,3°C (verão) 24,4°C PET e (inverno) 23,1°C PET. Sombreamento arbóreo melhora o microclima.
53	Nasrollahi et al. (2017)	Avaliar as condições de conforto térmico em microclimas das áreas históricas urbanas de Isfahan, Irã. As condições de conforto térmico de diferentes locais históricos foram comparadas durante o dia para determinar a melhor época para visitar cada local histórico. (Isfahan, Irã.)	A faixa aceitável de conforto térmico dos turistas nos locais históricos estudados varia de 23,06 a 29,73°C de PET.
54	Ndetto e Matzarakis (2017)	Avaliaram a percepção e adaptação térmica humana, dois locais populares, um em um parque urbano e outro em um ambiente de praia, foram selecionados e questionários foram realizados em agosto-setembro de 2013 e janeiro de 2014, simultaneamente com medidas micrometeorológicas locais. nos locais de pesquisa. As condições térmicas foram quantificadas em termos do índice térmico da temperatura fisiologicamente equivalente (PET) usando o modelo climático em microescala RayMan. (Tanzania)	A faixa de conforto térmico do conforto térmico humano e a capacidade adaptativa térmica local foram determinadas em relação ao índice térmico por meio da categorização dos votos de sensação térmica. O intervalo de conforto térmico foi encontrado para ser bem acima do que em climas temperados em cerca de 23 – 31°C de PET.
55	Shih et al. (2017)	Parâmetros do ambiente térmico foram medidos e coletados em vários espaços ao ar livre de uma escola primária no sul de Taiwan. Foram realizados questionários para explorar as percepções térmicas de longo prazo dos ocupantes desses espaços.	Nos meses de verão, entre as 10 e 16 horas (mais de 60%) a temperatura foi maior que 38°C PET, indicando estresse de calor elevado. Os resultados mostram que a insatisfação no conforto térmico estava mais associada à radiação solar do que à velocidade do vento.
56	Wang et al. (2017)	Analisar a percepção e a preferência do conforto térmico das pessoas em espaços verdes urbanos ao ar livre e especificar os efeitos combinados entre os fatores ambientais e pessoais térmicos. (Groningen, Holanda).	Através da aplicação de regressão linear e análise proibit, a temperatura de conforto foi de 22,2°C e a temperatura preferida foi a surpreendentemente alta de 35,7 °C, especialmente expressa por pessoas de regiões temperada que tem uma tendência natural de descrever seu estado preferido como "mais quente", mesmo estando "quente".
57	Yang et al. (2017)	O estudo analisou os resultados de experimentos de dois meses no verão para conforto térmico ao ar livre no clima subártico do norte da Suécia. Índices térmicos diferentes, incluindo PMV, PET e UTCI foram comparados com o TSV subjetivo humano. (Umeå, Suécia).	As pessoas suecas locais apreciam a luz do sol e preferem tomar banho de sol no verão, que é a possível razão pela qual o voto de conforto térmico atinge o valor máximo sob o TSV “um pouco quente”. As pessoas locais estão mais adaptadas ao clima subártico do que as pessoas não locais,

			que têm uma faixa de PET menor (10 a 17 °C) para a zona de sensação térmica neutra.
58	Pantavou et al. (2018)	Quantificaram a contribuição do clima para a adaptação térmica a longo prazo, examinando a relação entre a temperatura do ar anual normal do clima (1971-2000) e as escalas de avaliação desses índices térmicos calibrados pelo clima. A sensação térmica varia de dois índices térmicos, o UTCI e o PET, foram calibrados para três contextos de clima temperado quente (Cfa, Cfb, Csa), contra a avaliação subjetiva do ambiente térmico indicado por entrevistados durante pesquisas de campo realizadas em sete cidades europeias: Atenas (GR), Salónica (GR), Milão (IT) , Fribourg (CH), Kassel (DE), Cambridge (Reino Unido) e Sheffield (Reino Unido), sob o mesmo protocolo de pesquisa.	Este estudo mostrou e quantificou o efeito do clima local na sensação térmica em termos de dois índices térmicos e da temperatura média do ar. Os resultados sugerem uma mudança nos limiares dos índices relacionados à temperatura média do ar, destacando a experiência de longo prazo e o efeito de expectativa na sensação térmica.
59	Potchter et al. (2018)	Os objetivos deste estudo foram: (a) revisar estudos contendo ambas as condições térmicas humanas calculadas e percepção térmica subjetiva no ambiente externo; (b) identificar os índices térmicos humanos mais utilizados para avaliar a percepção térmica humana; (c) examinar a relação entre o conforto térmico humano e o ambiente térmico ao ar livre e (d) comparar as categorias de sensação térmica em diferentes zonas climáticas com base na percepção subjetiva e nos níveis de tensão térmica.	Com base em uma revisão abrangente, parece que de 165 índices térmicos humanos que foram desenvolvidos, apenas 4 (PET, PMV, UTCI, SET *) são amplamente utilizados para estudos de percepção térmica ao ar livre. Os valores percebidos da zona de conforto foram bastante semelhantes entre o PET e UTCI.
60	Fang et al. (2018)	É demonstrar a importância de diferentes fatores nos modelos PET e UTCI. (Guangzhou, Cantão).	Houve uma relação linear entre PET e Top (temperatura operativa). Houve uma relação exponencial entre UTCI e Top adquirida via regressão. Houve algumas diferenças no PET neutro e no UTCI entre as condições de 1,0 a 2,0 met e 2,6 met. A diferença na temperatura neutra foi de quase 2,5 °C.
61	Sharafkhani et al (2018)	Avaliaram o impacto das alterações do índice PET na mortalidade em Tabriz, Irã.	O estresse pelo frio intensificado aumentou o risco de morte não acidental em pessoas de 65 a 74 anos em Tabriz. O estresse por calor e o PET alto aumentam o risco de DCV 3(morte cardiovascular), NAD (morte não acidental) e RD

			4 morte respiratória); mas o estresse pelo frio (PET baixo) até diminuiu o risco de NAD em algumas circunstâncias.
62	Golasi et al. (2018)	Este trabalho propõe o Índice Global de Conforto ao Ar Livre (GOCI), que é obtido graças à combinação das relações empíricas fornecidas pela literatura existente. Os desempenhos do índice foram comparados aos do Voto Médio Predito (PMV), Temperatura Equivalente Fisiológica (PET), Índice de Conforto ao Ar Livre do Mediterrâneo (MOCI) e Índice de Clima Termal Universal (UTCI) por meio de uma pesquisa de campo experimental realizada em Roma (Itália).	O GOCI relatou um percentual total de previsões corretas de 27,8%, superior ao PMV (27,7%), PET (25,4%) e UTCI (23,0%), mas inferior ao MOCI (32,2%). A maior capacidade de previsão deste último índice é devido ao fato de que foi especificamente destinado para a população do Mediterrâneo.
63	Lindner-Cendrowska e Błażejczyk (2018)	Avaliar sensações térmicas e preferências de recreacionistas (ou seja, turistas e pessoas que ficam ao ar livre para fins recreativos) em ambiente urbano em zona de clima moderado, bem como identificar como fatores pessoais (físicos ou fisiológicos) modificam a percepção bioclimática. (Polônia).	Os resultados sugerem que as sensações térmicas recreativas diferiram respostas de outros entrevistados. Impacto significativo do local de origem dos entrevistados nas respostas de sensações e preferências térmicas foi observado. A faixa de temperatura neutra foi definido pelos valores de PET de 6,3 a 21,8 °C.
64	Hirashima et al. (2018)	O objetivo deste estudo é apresentar os resultados de investigações realizadas em Belo Horizonte (Brasil, clima tropical), em Kassel e em Freiburg (Alemanha, clima temperado). O mesmo método foi utilizado em todas as cidades para comparar os limites de estresse térmico e estudar a resposta dos pedestres em relação à avaliação subjetiva da sensação térmica, quando considerado o microclima específico. (Belo Horizonte, Brasil) e (Freiburg, Alemanha).	A faixa de valores de conforto neutro da PET em Belo Horizonte é de 16°C a 30°C e a faixa quente inicia em 32°C, enquanto na faixa neutra Kassel / Freiburg é de 18°C a 28°C e início a quente com 35°C PET. Uma comparação da percepção térmica em climas tropicais e temperados mostra diferenças na zona de conforto de quase 4°C de PET. Nas cidades alemãs, as pessoas são mais tolerantes ao frio e calor do que na cidade brasileira.
65	Xu et al. (2018)	Os objetivos deste estudo foram: 1) investigar os efeitos de tipos e elementos de paisagem no conforto térmico humano em um parque urbano durante o inverno, a partir de uma perspectiva de paisagem. 2) examinar a adaptação térmica e avaliar a aplicabilidade do PET e UTCI em um ambiente externo em China (China).	Durante o inverno, a radiação solar afetou mais significativamente o conforto geral externo, seguido pela temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. Diferentes tipos e características do espaço da paisagem tiveram efeitos significativos no conforto térmico externo. O PET neutro e o UTCI variaram entre 13,3°C a 23,6°C e 14,9°C a 23,2°C, respectivamente.
66	Biqaraz et al. (2019)	Comparar o conforto térmico ao ar livre em construções urbanas históricas e contemporâneas na cidade de Lar (Irã).	De acordo com a simulação baseada no fator da geometria urbana, a construção da cidade velha é mais favorável

		Realizou simulações com o software ENVI-met. Para avaliar as condições térmicas dessas áreas, utiliza-se o índice PET. (Irã).	termicamente que da nova cidade. No entanto, nenhum deles atingiu o nível de conforto fisiológico equivalente à temperatura (18 a 23 °C).
67	Canan et al. (2019)	Verificar as condições de conforto térmico ao ar livre durante o verão em um clima semi-árido frio. Um estudo de campo transversal na Anatólia Central (Turquia).	Os valores do PET neutro e preferido são 26,8°C e 19,2°C, respectivamente. A faixa de conforto do PET é caracterizada por valores que variam de 21,6°C a 32,0°C. A relação de porcentagem prevista de insatisfação (PPD) é modificada.
68	Fang et al. (2019)	Analisar as adaptações de diferentes índices de conforto térmico (PMV, WBGT, PET, SET * e UTCI) para avaliação dos ambientes térmicos externos em ambientes construídos da China subtropical. (China).	Os resultados revelaram fortes relações lineares entre temperatura operativa e temperatura radiante média (TMRT), WBGT, PET, SET *, UTCI, bem como PMV. No entanto, as relações entre esses índices de conforto térmico e o voto médio de sensação térmica (MTSV) não são claras para um ambiente quente ao ar livre, especialmente quando a temperatura operativa está acima de 34°C.
69	Roshan et al. (2019)	Estimar limiares altos e baixos do conforto térmico para diferentes índices de conforto térmico: SET *, PT, PET e UTCI. (Irã)	Para alto limiar da categoria de conforto o PET e SET * são 22,16°C e 24,28°C e para UTCI e PT são 23,68°C e 17,82°C. Para baixos limiares da categoria de conforto estimada para os índices PET e SET * são 19,64°C e 21,90°C, respectivamente; para UTCI e PT são 20,65°C e 16,16°C.

ANEXO B – Modelo do questionário utilizado

A. Com relação às condições climáticas, como você se sente neste momento? [1] Com muito frio [2] Com frio [3] Um pouco de frio [4] Bem [5] Um pouco de calor [6] Com calor [7] Com muito calor.	B. Com relação às condições climáticas, como você gostaria de estar se sentindo agora: [1] Com muito mais frio [2] Com mais frio [3] Um pouco de frio [4] Sem mudanças [5] Um pouco de calor [6] Com mais calor [7] Com muito mais calor	C. Com relação às condições climáticas, neste momento agora você está [1] Confortável [2] Um pouco desconfortável [3] Desconfortável [4] Muito desconfortável	E. Com relação à temp. do ar, gostaria que estivesse: [1] Mais baixa [2] Como está [3] Mais alta [4] Não sei dizer	G. Com relação ao vento, gostaria que estivesse: [1] Mais fraco [2] Como está [3] Mais forte [4] Não sei dizer	I. Altura (m): [1] < 1,50 [2] 1,50 – 1,59 [3] 1,60 – 1,69 [4] 1,70 – 1,79 [5] > 1,80	J. Peso (Kg): [1] < 50 [2] 50 – 59 [3] 60 – 69 [4] 70 – 79 [5] > 80	K. Idade (anos): [1] 20 - 29 [2] 30 - 39 [3] 40 - 49 [4] 50 - 59 [5] 60 - 69								
		D. Você é uma pessoa que geralmente sente muito frio, muito calor ou nem um nem outro? [1] Muito frio [2] Muito calor [3] Nem um nem outro	F. Com relação à umidade do ar, gostaria que estivesse: [1] Mais seco [2] Como está [3] Mais úmido [4] Não sei dizer	H. Com relação à radiação, gostaria que estivesse: [1] Mais branda [2] Como está [3] Mais intensa [4] Não sei dizer	L. Vestimenta (clo): <div style="text-align: center;">  </div>										
CENÁRIO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	SEXO (F / M)	INÍCIO (h)	FIM (h)