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

AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA E DE CONFORTO TÉRMICO EM PARQUES URBANOS COM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE CUIABÁ-MT

ANA CLARA ALVES JUSTI

Prof.ª Dr.ª MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA
ORIENTADORA

Cuiabá, MT
Setembro de 2021

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

AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA E DE CONFORTO TÉRMICO EM PARQUES URBANOS COM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE CUIABÁ-MT

ANA CLARA ALVES JUSTI

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

Prof.ª Dr.ª MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA
ORIENTADORA

Cuiabá, MT
Setembro de 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A474a Alves Justi, Ana Clara.
AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA E DE CONFORTO TÉRMICO EM PARQUES URBANOS COM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE CUIABÁ - MT / Ana Clara Alves Justi. -- 2021
123 f. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Ambientes extremos. 2. Clima urbano. 3. Rayman. 4. Superfícies impermeáveis. 5. UTCI. 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.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA E DE CONFORTO TÉRMICO EM PARQUES URBANOS COM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE CUIABÁ - MT

AUTORA: DOUTORANDA **ANA CLARA ALVES JUSTI**

Tese defendida e aprovada em 30 de setembro de 2021

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

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

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

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

4. Profa. Dra. Dorcas Florentino de Araújo - Examinadora Externa - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia UFMT

5. Profa. Dra. Elisa Pagliarini Cox - Examinadora Externa - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia UFMT

Cuiabá-MT, 30/09/2021.

Documento assinado eletronicamente por **SERGIO ROBERTO DE PAULO**, **Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT**, em 30/09/2021, às 18:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**, **Docente da Universidade Federal de Mato**

RPIC0gRm9saGEgZGUgQXByb3Zh5+NvIElGIC0gUFBHIGVtIEbtc2ljYSBBbWJpZW50YWwgMzkwNjg0Ng==

Grosso, em 30/09/2021, às 18:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **FLAVIA MARIA DE MOURA SANTOS**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 30/09/2021, às 18:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **JOÃO BASSO MARQUES**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 30/09/2021, às 19:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **ELISA PAGLIARINI COX**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 30/09/2021, às 19:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **DORCAS FLORENTINO DE ARAUJO**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 04/10/2021, às 06:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **ROMILDO JERONIMO RAMOS**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 04/10/2021, às 14:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3906846** e o código CRC **9E64A88F**.

RPIC0gRm9saGEgZGUgQXByb3Zh5+NvIElGIC0gUFBHIGVtIEbtc2ljYSBBbWJpZW50YWwgMzkwNjg0Ng==

DEDICATÓRIA

A Deus, a quem amo sobre todas as coisas e ao meu próximo, a quem procuro amar como a mim mesmo. Dedico também a todas as famílias que perderam seus entes queridos para a pandemia COVID-19. *In memoriam* Nair Rodrigues de Godoi, Antônio Colombari, Élide Colombari e Maria Dal Rovere Colombari.

AGRADECIMENTOS

- A trindade Pai, Filho e Espírito Santo, demonstro aqui toda a minha gratidão. Gratidão por todos os momentos ser contemplada pela proteção, saúde e amor. Por sentir abraçada mesmo quando estava sozinha. Por ter me mantido forte quando eu tinha motivos para fraquejar. Por ter me dado coragem diante das dificuldades e pelo consolo perante as tristezas. Por me mostrar que tudo na vida tem um sentido e que somente depois que passamos pelas adversidades é que entendemos o real motivo. Pela infinita bondade e compaixão, me provando que mesmo sendo falha o Senhor jamais me abandonou. Enfim, por ter me abençoado, colocando em meu caminho pessoas tão maravilhosas e que agora eu também as cito.

- Aos meus queridos pais, Marco Antônio e Lídia, que muitas vezes abdicaram de seus sonhos, para que eu e minhas irmãs pudéssemos realizar os nossos objetivos de vida.

- As minhas irmãs Lara e Sarah pelo companheirismo e cumplicidade.

- Ao meu esposo Gabriel, por presenciar todos os momentos da minha jornada, me apoiando, me confortando e me incentivando constantemente.

- Aos meus avós pelos exemplos de força e perseverança.

- As famílias Matias, Rodrigues, Alves, Justi e Colombari, pelo carinho e apoio.

- Aos colegas e amigos que conquistei ao longo da realização do doutorado, pelas experiências compartilhadas, pela contribuição para que meus dias fossem mais felizes durante os períodos de estudo e pelos laços de amizade cada vez mais estreitos.

- Aos alunos de Iniciação Científica, pelo esforço, dedicação e empenho no auxílio da coleta de dados.

- A professora e orientadora Dr.ª Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, por ter me cedido esse tema de trabalho, pela orientação e contribuições durante o desenvolvimento da pesquisa. Também pela confiança depositada em mim, pelos incentivos e pelas críticas construtivas que visaram o meu crescimento acadêmico e profissional.

- Aos professores Drs. Flávia Maria de Moura Santos e Carlo Raph de Musis, pela assistência nos momentos de dúvidas e por todo o esteio cedido.

- Aos professores Drs. José de Souza Nogueira e Sérgio Roberto de Paulo, pela dedicação e empenho na coordenação do Programa de Pós-graduação.

- Ao Cesário, a Jesulina e a Soilce, pelo amparo técnico e de gestão.

- Ao Instituto de Física e ao Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, por toda estrutura cedida.

- A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

- A todos acima citados e aos que não foram mencionados, mas que de alguma forma contribuíram para a execução desse trabalho, expresso aqui os meus mais sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

EPÍGRAFE

Bons jovens têm sonhos ou disciplina. Jovens brilhantes têm sonhos e disciplina. Pois sonhos sem disciplina produzem pessoas frustradas, que nunca transformam seus sonhos em realidade e disciplina sem sonhos produz servos, pessoas que executam ordens, que fazem tudo automaticamente e sem pensar. Bons alunos escondem certas intenções, mas alunos fascinantes são transparentes. Eles sabem que quem não é fiel à sua consciência tem uma dívida impagável consigo mesmo. Não querem, como alguns políticos, o sucesso a qualquer preço. Só querem o sucesso conquistado com suor, inteligência e transparência. Pois sabem que é melhor a verdade que dói do que a mentira que produz falso alívio. A grandeza de um ser humano não está no quanto ele sabe, mas no quanto ele tem consciência que não sabe. O destino não é frequentemente inevitável, mas uma questão de escolha. Quem faz escolha, escreve sua própria história, constrói seus próprios caminhos. Os sonhos não determinam o lugar onde vocês vão chegar, mas produzem a força necessária para tirá-los do lugar em que vocês estão. (...) Bons alunos aprendem a matemática numérica, alunos fascinantes vão além, aprendem a matemática da emoção, que não tem conta exata e que rompe a regra da lógica. Nessa matemática, você só aprende a multiplicar quando aprende a dividir, só consegue ganhar quando aprende a perder, só consegue receber, quando aprende a se doar. Uma pessoa inteligente aprende com os seus erros, uma pessoa sábia vai além, aprende com os erros dos outros (...).

Augusto Cury

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS xii
LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS xiv
LISTA DE SÍMBOLOS xvi
RESUMO xviii
ABSTRACT xix
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 PROBLEMÁTICA 1
1.2 JUSTIFICATIVA 2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4
2.1 CLIMA URBANO 4
2.1.1 CARACTERÍSTICAS DO CLIMA URBANO 6
2.1.2 INFRAESTRUTURAS QUE MELHORAM O CLIMA URBANO 14
2.1.3 MÉTODOS QUE AVALIAM O CLIMA URBANO 17
2.2 CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS 19
2.2.1 VARIÁVEIS PESSOAIS 23
2.2.2 VARIÁVEIS AMBIENTAIS 26
2.2.3 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO 27
2.3 ESTUDOS SOBRE O MICROCLIMA E O CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS 30
3 MATERIAIS E MÉTODOS 35
3.1 ÁREA DE ESTUDO 35
3.1.1 PARQUES URBANOS AVALIADOS 36
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA POR TRANSECTOS MÓVEIS 38
3.3 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO METEOROLÓGICA FIXA 46
3.4 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA 48

3.5 ESTIMAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO 49
4 RESULTADOS 52
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA POR TRANSECTOS MÓVEIS 52
4.2 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO METEOROLÓGICA FIXA 65
4.3 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA 70
4.4 ESTIMAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO 80
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 87
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 89
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90
7.1 REFERÊNCIAS CITADAS 90
7.2 REFERÊNCIAS CONSULTADAS 104

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Representação esquemática das escalas climáticas em relação à porção urbana e suas camadas limites 5
FIGURA 02 - Representação esquemática do balanço de energia na atmosfera terrestre 8
FIGURA 03 - Valores mínimos e máximos dos albedos de revestimentos e materiais em recinto urbano 9
FIGURA 04 - Comportamento da temperatura do ar em relação a variação da radiação solar diária 10
FIGURA 05 - Representação esquemática do perfil de vento em ambiente construído 12
FIGURA 06 - Trocas térmicas exercidas entre a vegetação e a radiação solar .15
FIGURA 07 - Microescala de arrefecimento dos corpos hídricos durante o dia e a noite.....17
FIGURA 08 - Exemplificações dos tipos de medições móveis e fixa 18
FIGURA 09 - Esquema representativo das trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente 21
FIGURA 10 - Faixas do UTCI 29
FIGURA 11 - Linha do tempo com estudos nacionais e internacionais sobre o microclima e o conforto térmico em espaços abertos durante o período de vinte anos 30
FIGURA 12 - Localização de Cuiabá em relação à América do sul, ao Brasil e ao estado de Mato Grosso e sua respectiva malha urbana 35
FIGURA 13 - Localização do Parque das Águas e do Parque Tia Nair 37
FIGURA 14 - Transecto móvel realizado no PA, no sentido horário e seus respectivos dez pontos de coleta de dados, com o raio de 200 m, formando a zona de influência (ZI) 40
FIGURA 15 - Transecto móvel realizado no PTN, no sentido anti-horário e seus respectivos dez pontos de coleta de dados, com o raio de 200 m, formando a zona de influência (ZI) 42

FIGURA 16 - Esquema representativo do abrigo alternativo de PVC e do sensor termo-higrômetro, com suas respectivas medidas 44
FIGURA 17 - a) Termo-higroanemômetro e b) termômetro e suas respectivas medidas 45
FIGURA 18 - Localização da Estação Meteorológica do INMET em relação ao PA e PTN 46
FIGURA 19 - Posicionamento da câmera e da lente, com suas respectivas medidas 48
FIGURA 20 - Janela de entrada do software RayMan, com a marcação dos tipos de dados 50
FIGURA 21 - a) e b) T_a no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, c) e d) UR no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, e) e f) v no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, para os dez pontos aferidos no PA 52
FIGURA 22 - a) T_s às 8h00 no período QU e b) no período QS, c) T_s às 14h00 no período QU e d) no período QS. Todas aferidas no PA 55
FIGURA 23 - a) e b) T_a no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, c) e d) UR no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, e) e f) v no período quente-seco (QS) e quente-úmido (QU) respectivamente, para os dez pontos aferidos no PTN 57
FIGURA 24 - a) T_s às 8h00 no período QU e b) no período QS, c) T_s às 14h00 no período QU e d) no período QS. Todas aferidas no PTN 59
FIGURA 25 - Dendrograma de similaridade entre os grupos homogêneos para as variáveis T_a, UR, v, T_s, em ambos períodos a) para o PA e b) para o PTN e distribuição espacial dos agrupamentos c) no PA e d) no PTN 60
FIGURA 26 - a) Comportamento das variáveis P, T_a e UR ao longo do ano da realização da presente pesquisa, b) Comportamento da v e da Dv durante o período quente-úmido e C) comportamento da v e Dv durante o período quente-seco 66
FIGURA 27 - a) Valores médios das variáveis aferidas no PA e b) Valores médios das variáveis aferidas no PTN 68
FIGURA 28 - Fator de Visão do Céu para todos os pontos do PA 70

FIGURA 29 - Mapas de classificação de cobertura do solo dos dez pontos pertencentes ao PA.....72
FIGURA 30 - Fator de Visão do Céu para todos os pontos do PTN 75
FIGURA 31 - Mapas de cobertura do solo dos dez pontos pertencentes ao PTN 77
FIGURA 32 - a) T_{rm} no período quente-úmido (QU) e b) T_{rm} no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PA.....80
FIGURA 33 - a) Resultados do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Resultados do UTCI no período quente-seco (QS), para os dez pontos pertencentes ao PA.....81
FIGURA 34 - a) Percentuais do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Percentuais do UTCI no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PA.....82
FIGURA 35 - a) Trm no período quente-úmido (QU) e b) Trm no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PTN 83
FIGURA 36 - a) Resultados do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Resultados do UTCI no período quente-seco (QS), para os dez pontos pertencentes ao PTN 84
FIGURA 37 - a) Percentuais do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Percentuais do UTCI no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PTN 85

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Principais taxas metabólicas por atividade física 24
TABELA 02 - Vestimenta e resistência térmica (clo) 25
TABELA 03 - Dias de medições em relação aos intervalos, meses, estações e períodos do ano.....39
TABELA 04 - Caracterização dos pontos do Transecto móvel realizado no PA, em relação à sua localização, trajeto, distância e descrição física 41
TABELA 05 -Caracterização dos pontos do Transecto móvel realizado no PTN, em relação à sua localização, trajeto, distância e descrição física 43
TABELA 06 - Descrição técnica do sensor utilizado 44
TABELA 07 - Descrição técnica dos sensores da estação meteorológica fixa do INMET 47
TABELA 08 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis T_a, UR e v, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PA 53
TABELA 09 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, da variável T_s, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PA ...54
TABELA 10 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis Ta, UR e v, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PTN 56
TABELA 11 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, da variável T_s, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PTN.58
TABELA 12 - Similaridades encontradas para o grupo 1 pertencente ao PA ...61
TABELA 13 - Similaridades encontradas para o grupo 2 pertencente ao PA ...61
TABELA 14 - Similaridades encontradas para o grupo 3 pertencente ao PA ...62
TABELA 15 - Similaridades encontradas para o grupo 4 pertencente ao PA ...62
TABELA 16 - Similaridades encontradas no grupo 1 pertencente ao PTN 63
TABELA 17 - Similaridades encontradas para o grupo 2 pertencente ao PTN.63
TABELA 18 - Similaridades encontradas para o grupo 3 pertencente ao PTN.64
TABELA 19 - Similaridades encontradas para o grupo 4 pertencente ao PTN.64

TABELA 20 - Resultados do teste U de Man-Whitney, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), considerando os grupos da análise de agrupamento, tanto para o PA quanto para o PTN e com nível de significância (Sig.) a 5 %.....65
TABELA 21 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis Ta, UR, P, *v* e D*v*, aferidas pela estação meteorológica fixa, com nível de significância a 5 %.....66
TABELA 22 - Resultados do teste de qui-quadrado (χ^2), com seus graus de liberdade (GL) e o p valor, entre a estação meteorológica fixa e ambos os parques 70
TABELA 23 - Correlação entre os valores de FVC e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PA, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 % 71
TABELA 24 - Percentuais das classes de cobertura do solo para os dez pontos pertencentes ao PA.....73
TABELA 25 - Correlação entre a cobertura do solo e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PA, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 % 74
TABELA 26 - Correlação entre os valores de FVC e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PTN, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 %.....76
TABELA 27 - Percentuais das classes de cobertura do solo correspondentes ao PTN.....78
TABELA 28 - Correlação entre a cobertura do solo e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PTN, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 %.....79

LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASM	*American Society Meteorology* - Sociedade Americana de Meteorologia
CPA	Centro Político Administrativo
FVC	Fator de Visão do Céu
GL	Graus de Liberdade
GMT	*Greenwich Mean Time* - Horário do Meridiano de Greenwich
IAF	Índice de Área Foliar
IC	Índice de Calor
IFG	Instituto Federal de Goiás
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISB	*International Society of Biometeorology* - Sociedade Internacional de Biometeorologia
ISO	*International Organization for Standardization* - Organização Internacional de Normalização
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Parque da Águas
PTN	Parque Tia Nair
PET	*Physiological Equivalent Temperature* - Temperatura Fisiológica Equivalente
PMV	*Predict Mean Vote* - Voto Médio Predito
p-valor	Valor de prova
QS	Quente-seco
QU	Quente-úmido
UBL	*Urban Boundary Layer* - Camada Limite Urbano
UCL	*Urban Canopy Layer* - Camada Limite do Dossel Urbano
UHI	*Urban Heat Island* - Ilha de Calor Urbana
UNIC	Universidade de Cuiabá

UTC	*Universal Time Coordinate* – Tempo Universal Coordenado
UTCI	*Universal Thermal Climate Index* - Índice Universal Térmico Climático
ZCTR	Zona de Corredores de Tráfego
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZEX	Zona de Expansão Urbana
ZI	Zona de Influência
ZIA	Zona de Interesse Ambiental
ZPR	Zona Predominantemente Residencial
ZM	Zona Urbana de Uso Múltiplo

LISTA DE SÍMBOLOS

k	Coeficiente de extinção
C	Perda de calor sensível pela pele por convecção
C_{res}	Fluxo de calor perdido por convecção pela respiração
D	Diâmetro do globo
D_v	Direção do vento
ε_g	Emissividade do globo
E_{res}	Fluxo de calor perdido por evaporação pela respiração
E_{sk}	Fluxo total de calor perdido por evaporação pela pele
FVC	Fator de visão do céu
l_{cl}	Resistência térmica
M	Fluxo metabólico de produção de calor
P	Precipitação
q_{res}	Fluxo total de calor perdido pela respiração
q_{sk}	Fluxo total de calor perdido pela pele
R	Perda de calor sensível pela pele por radiação
r	Coeficiente de correlação de Pearson
S	Fluxo de armazenamento de calor corporal
S_{res}	Fluxo de calor armazenado no núcleo
S_{sk}	Fluxo de calor armazenado na pele
t	Tempo
T_a	Temperatura do ar
T_g	Temperatura do termômetro de globo
T_{rm}	Temperatura radiante média
T_s	Temperatura superficial
T_sA	Temperatura superficial do asfalto
T_sC	Temperatura superficial do concreto
T_sG	Temperatura superficial da grama
T_sS	Temperatura superficial do solo exposto
UR	Umidade relativa do ar

v	Velocidade do vento
W	Fluxo de trabalho mecânico realizado
χ^2	Qui-quadrado

RESUMO

JUSTI, A. C. A. **Avaliação microclimática e de conforto térmico em parques urbanos com corpos hídricos na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2020, 123f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Em meio à crescente urbanização, estudar parques urbanos tem sido cada vez mais frequente, pois planejar, reestruturar e/ou construir esses tipos de ambientes abertos de forma adequada, pode auxiliar a mitigação dos impactos microclimáticos na qualidade de vida das pessoas. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o microclima e o conforto térmico em parques urbanos com corpos hídricos na cidade de Cuiabá-MT. Para tal, o Parque das Águas (PA) e o Parque Tia Nair (PTN) foram escolhidos como área de estudo e durante os meses de novembro de 2017, as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura superficial, foram coletadas por Transecto móvel. Para critério de validação, utilizou-se a estação meteorológica fixa, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Conjuntamente, os aspectos morfológicos como, o Fator de Visão do Céu (FVC) e a cobertura do solo de cada parque, foram avaliados e correlacionados ao microclima, por intermédio do coeficiente de correlação de Pearson. Por fim, o conforto térmico foi estimado pelo *Universal Thermal Climate Index* (UTCI), usufruindo-se do *software* RayMan Pro 3.1 Beta. No PA, considerando os períodos quente-úmido e quente-seco respectivamente, a amplitude térmica foi de 15,0 °C e 17,1 °C, a amplitude higrométrica de 14,0 % e 33,0 %, com o vento variando de calmaria a leve brisa e o asfalto, que obteve as maiores temperaturas superficiais, variou de 26,0 a 52,6 °C. Em relação ao PTN e sob as mesmas condições, a amplitude térmica foi de 15,9 °C e 18,4 °C, a amplitude higrométrica de 15,8 % e 36,9 %, com o vento também variando de calmaria a leve brisa e o asfalto, de maneira similar, variou de 30,1 a 55,0 °C. As variáveis caracterizadas em ambos parques apresentaram o mesmo comportamento da estação meteorológica fixa, sendo validadas. O FVC não se correlacionou ao microclima, diferentemente da cobertura do solo, que além de se correlacionar, obteve correlações estatisticamente significativas. A estimação do conforto térmico pelo UTCI mostrou-se adequada para os parques de Cuiabá. Todavia, os percentuais obtidos no horário das 14h00 foram desfavoráveis, indicando a indispensabilidade de estratégias bioclimáticas para amenizar os efeitos do microclima local. Nessa perspectiva, reforça-se a importância desse tipo de trabalho, pois serve como ferramenta de auxílio aos gestores, para o planejamento, reestruturação ou construção de novos parques urbanos, eficientemente adequados.

Palavras-chave: Ambientes externos; clima urbano; rayman; superfícies impermeáveis; UTCI.

ABSTRACT

JUSTI, A. C. A. **Microclimatic and of thermal comfort evaluation in urban parks with hydric bodies in the city of Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2020, 122f. Thesis (Doctorate in Environmental Physic) - Institute of Physic, Federal University of Mato Grosso.

In the midst of growing urbanization, studying urban parks has been increasingly frequent, as planning, restructuring and/or building these types of open environments in an appropriate way, can help mitigate the microclimate impacts on people's quality of life. In this context, the objective of the work was to evaluate the microclimate and the thermal comfort in urban parks with water bodies in the city of Cuiabá-MT. To such, Parque das Águas (PA) and Parque Tia Nair (PTN) were chosen as the study area and during the months of November 2017 to October 2018, the variables air temperature, relative humidity, wind speed and surface temperature, were collected by mobile transect. For validation criteria, the fixed meteorological station, belonging to the National Institute of Meteorology (INMET), was used. Together, the morphological aspects, such as the Sky Vision Factor (FVC) and the soil cover of each park, were evaluated and correlated to the microclimate, using Pearson's correlation coefficient. Lastly, thermal comfort was estimated by the Universal Thermal Climate Index (UTCI), enjoying the RayMan Pro 3.1 Beta software. In the PA, considering the hot-humid and hot-dry periods respectively, the thermal amplitude was 15.0 °C and 17.1 °C, the hygrometric amplitude of 14.0 % and 33.0 %, with the wind varying from calm to light breeze and the asphalt, which obtained the highest surface temperatures, ranged from 26.0 to 52.6 °C. In relation to PTN and beneath the same conditions, the thermal amplitude was 15.9 °C and 18.4 °C, the hygrometric amplitude of 15.8 % and 36.9 %, with the wind also varying from calm to light breeze and the asphalt, in a similar way, varied from 30.1 to 55.0 °C. The FVC did not correlate with the microclimate, differently from the soil cover, which besides being correlated, obtained statistically significant correlations. The estimation of thermal comfort by UTCI proved to be adequate for the parks in Cuiabá. However, the percentages obtained at 2 pm were unfavorable, indicating the need for bioclimatic strategies to mitigate the effects of the local microclimate. From this perspective, the importance of this type of search is reinforced, as it serves as a tool to help managers in the planning, restructuring or construction of new, efficiently appropriate urban parks.

Keywords: Outdoor environments; urban climate; rayman; impervious surfaces; UTCI.

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

Atualmente as áreas urbanas concentram grande parte da população mundial, induzindo o crescimento citadino tanto em tamanho, quanto em densidade e favorecendo o desenvolvimento econômico, social e cultural.

Entretanto, a rápida urbanização quando não planejada, promove não apenas estilos modernos e convenientes em termos de centralização funcional, mas também a deterioração contínua do ambiente.

O acréscimo de revestimentos impermeáveis, a redução de áreas verdes, as alterações do albedo e da rugosidade superficial, a canalização de corpos hídricos e a emissão de poluentes por parte das indústrias e automóveis, são alguns dos exemplos, que de modo geral, interferem negativamente na qualidade de vida da sociedade.

A interferência mais influente advém das condições microclimáticas, que variam significativamente das áreas rurais, visto que a estruturação urbana modifica a incidência solar e o fluxo de vento, enquanto que as propriedades físicas dos materiais afetam o balanço energético das superfícies, promovendo o aumento da temperatura do ar.

Por consequência de tal fenômeno, o ser humano vivencia alterações nos graus de conforto térmico, que são potencializadas em cidades de clima tropical, desencadeando problemas de saúde e de convívio social.

Assim, diversos índices de conforto térmico foram desenvolvidos para avaliar a relação entre o homem e o ambiente ao qual está exposto. A maioria deles, utilizados em espaços fechados, pois são controláveis e passíveis de condicionamento. Em espaços abertos, existe uma quantidade bem maior de variáveis ambientais atuantes e as suas flutuações tornam complexa a aplicação dos mesmos.

Nessa perspectiva, além do desafio de aplicar os índices de conforto térmico em espaços abertos, a própria diversidade climática encontrada no Brasil indica a necessidade de estudos específicos para as diferentes localidades, principalmente para a capital cuiabana, que detém poucos trabalhos na área.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com a finalidade de melhorar o planejamento e/ou a reestruturação das cidades em relação ao microclima e ao conforto térmico, a inserção de parques urbanos surge como um importante elemento para a manutenção do equilíbrio térmico, acústico, ambiental e de saúde.

Isso porque, esses espaços abertos contêm espécies arbóreas que fornecem proteção e absorvem a radiação solar, influenciam os movimentos gasosos e trocas de calor, retêm parte da poluição atmosférica, refrigeram o ar por meio do processo de evapotranspiração combinado ao efeito de sombreamento, evitam erosões, diminuem os ruídos quando organizadas em grupos e proporcionam aos seres humanos bem-estar físico e visual.

Além disso, os parques quando planejados e construídos de forma adequada, possuem na totalidade de sua extensão, a maior quantidade de áreas permeáveis, que mitigam o aquecimento urbano por se aquecerem menos do que as superfícies impermeáveis.

Os corpos hídricos também podem ser componentes fundamentais na estrutura paisagística de parques urbanos. Pois, através da distribuição horizontal das massas de ar, facilitam o efeito do resfriamento evaporativo no microclima, criando zonas de ventilação mais abundantes.

Geralmente os corpos hídricos ocupam grande parte do espaço em que se encontram e localizam-se em costas inferiores, com poucos obstáculos e pouca rugosidade nas superfícies, contribuindo para o aumento da pressão atmosférica local e para a renovação do ar urbano com maior frequência.

Logo, o aumento das taxas de umidade relativa do ar desencadeada pela evaporação de água e consequentemente a redução da temperatura do ar, propiciam menores amplitudes térmicas na região, aumentando a sensação de conforto térmico da população.

Desse modo, estudar o microclima e o conforto térmico de parques urbanos é fundamental, uma vez que possibilita a formação de bancos de dados que auxiliem na criação de outros parques eficientemente apropriados.

Sendo assim, o objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar as condições microclimáticas e de conforto térmico dos usuários que frequentam parques

urbanos com corpos hídricos, localizados na cidade de Cuiabá-MT. Para atingir tal objetivo, estipulou-se como objetivos específicos:

a) Caracterizar o microclima dos parques, durante os períodos quente-úmido e quente-seco, pelo método do Transecto móvel;

b) Analisar as condições microclimáticas de cada parque em relação à estação meteorológica fixa;

c) Avaliar as morfologias dos parques e suas respectivas correlações com o microclima e

d) Estimar o conforto térmico por intermédio do Índice Universal Térmico Climático (*Universal Thermal Climate Index* - UTCI).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CLIMA URBANO

Desde o início da década de 1960, quando surgiram as primeiras observações de processos meteorológicos a partir de métodos descritivos, o campo da climatologia se expandiu para incluir laços mais estreitos com a meteorologia e amadureceu para tornar-se um campo científico preditivo de estudo (MASSON; LEMONSU & VOOGT, 2018).

A meteorologia e a climatologia são ramos da ciência que se ocupam dos fenômenos físicos da atmosfera, cujas áreas de atuações abrangem o conhecimento das condições do tempo e do clima respectivamente.

O termo tempo é utilizado para abordar o estado momentâneo da atmosfera, enquanto que o termo clima refere-se ao estado médio dessa mesma camada de gases que envolve a Terra (KATZAV & PARKER, 2018).

Logo, considerando as possibilidades de interação entre os fluxos de matéria e energia ao longo do tempo e do espaço, com os fatores e elementos que condicionam as suas características, pode-se definir para o clima as escalas espaciais e temporais macro, meso e micro (FOKEN, 2017).

A escala macroclimática corresponde ao clima geral de larga escala de uma grande área. A escala mesoclimática, é caracterizada pelo clima de uma região natural de pequena extensão, que devido às diferenças sutis de elevação e exposição, não pode ser representativa do clima geral da região. Já a escala microclimática, equivale a fina estrutura do clima no espaço aéreo, que se estende da própria superfície da Terra até uma altura em que os efeitos do caráter imediato da superfície subjacente, não possam mais ser distinguidos do clima local geral (AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY, 2018)

Entretanto, para Oke *et al*. (2017) o clima pode ser observado por meio da mesoescala, escala local e microescala, que correspondem a distância horizontal e pelas camadas-limite urbano (*Urban Boundary Layer* - UBL) e do dossel urbano (*Urban Canopy Layer* - UCL), que caracterizam a distância vertical, conforme a Figura 01.

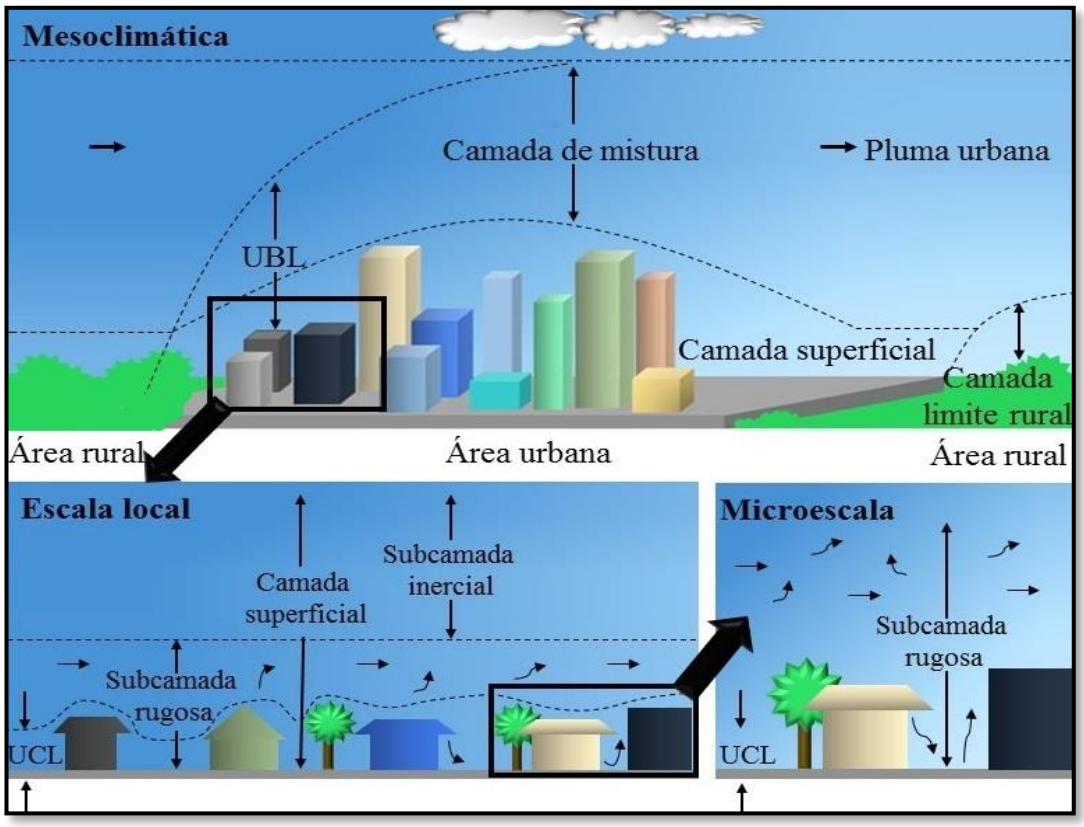


FIGURA 01 - Representação esquemática das escalas climáticas em relação à porção urbana e suas camadas limites
FONTE: Adaptada de Oke (2006)

Desse modo, a mesoescala, representa a atuação da cidade no clima urbano, englobando dezenas de quilômetros de extensão. A escala local compreende os impactos climáticos resultantes da forma da paisagem, tal como a configuração topográfica, mas elimina as decorrências microclimáticas como a cobertura superficial, o tamanho e o arranjo das edificações, dentre outros, alterando de um para vários quilômetros. Já a microescala, característica do microclima urbano, está correlacionada com as dimensões individuais de cada elemento urbano (edificação, vegetação, estradas, ruas, pátios e jardins), podendo variar de um metro a centenas de metros (OKE *et al*., 2017).

Segundo os mesmos autores, com relação a distância vertical, a UBL pode ser estabelecida como a porção delimitada entre a superfície da terra e uma altura definida, pelo qual o movimento das massas de ar tem comportamento diferenciado, livre do atrito entre as camadas de ar e a superfície terrestre. E, a UCL, é a camada estratificada abaixo do nível dos telhados, gerada pelos

processos de microescala, em que o ambiente ativo dessa superfície favorece uma relevante complexidade de fatores atuantes.

Nesse contexto, sabendo que os seres humanos se agrupam cada vez mais em cidades e assentamentos, a ponto de a população urbana atual exceder a população rural (BAKLANOV *et al*., 2018), o aumento da urbanização em todo o planeta tem influenciado diversas questões sociais e científicas, relacionadas com o clima urbano em suas distintas escalas climáticas.

Isso porque, quando ocorre a substituição do ambiente natural por ambientes construídos, condições próprias são estabelecidas, formando o que se denomina de clima urbano, uma vez que os balanços de energia e água desses espaços são grandemente modificados como resultado das características da superfície do terreno edificado (GEBERT; COUTTS & TAPPER, 2018).

De acordo com Oke *et al*. (2017), as principais características envolvem a textura, a cobertura e a estrutura dos materiais e da superfície. Em outras palavras, incluem a variedade dos materiais utilizados, a rugosidade superficial, a densidade construída, a permanência ou extração da vegetação e o tipo da espécie, a permeabilidade do solo, a emissão de poluentes na atmosfera e o calor antropogênico gerado pelos transportes e indústrias.

Por consequência, tem-se a elevação da temperatura do ar, a diminuição da umidade relativa do ar, o aumento da nebulosidade e precipitação, a redução da velocidade do vento, a evolução da turbulência e a alteração do conforto das populações (GARUMA *et al*., 2018).

Nessa perspectiva, o clima urbano é caracterizado pelos efeitos da relação conjunta entre o desenho das cidades e as propriedades da atmosfera local, que interferem na condição de vida das pessoas, dos ecossistemas e da biodiversidade como um todo.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DO CLIMA URBANO

A organização do espaço urbano sob a perspectiva física, fenomenológica e estatística, interage com importantes fatores e elementos climáticos, compondo diferentes estados de equilíbrio ecológico-ambiental e de qualidade de vida humana.

Perante os fatores climáticos que determinam as diferenças entre um ambiente rural e um urbano, a altitude e a latitude se destacam e devem ser imprescindivelmente consideradas. Pois, a altitude controla a coluna de ar sobre o local e a latitude condiciona o balanço de energia radiante (OKE *et al*., 2017).

A altitude é a distância vertical em relação ao nível médio do mar, sendo positiva se estiver acima deste nível e negativa se estiver abaixo. Sua associação com a temperatura do ar dar-se-á devido a diminuição das moléculas de gases na atmosfera. Nessas circunstâncias, quanto maior for a altura de uma região, menor será a temperatura do ar (YNOUE *et al*., 2017).

Já a latitude é a distância medida em graus a partir da linha do Equador, ou seja, afere-se a mesma de 0° a 90° e dirá que ela é Norte se estiver acima desta linha e sul se estiver abaixo (FOKEN, 2017). Sua atuação está ligada aos movimentos da Terra-Sol, regulando a quantidade de radiação solar disponível, com tendência de diminuição da temperatura do ar quando se vai das regiões equatoriais para as polares (ALMEIDA, 2016).

A radiação solar por sua vez, é a fonte de energia para tudo que acontece no planeta Terra, toda a vida, todas as condições meteorológicas e todas as atividades que se tem conhecimento (CHUKWUJINDU, 2017).

Essa variável sofre alterações de curto e longo prazo, influenciadas principalmente por mudanças na composição atmosférica e na cobertura de nuvens (KAMBEZIDIS, 2018).

Sua distribuição espaço-temporal está relacionada com o padrão de relevo, com os processos físicos, químicos e biológicos do ecossistema terrestre, com a agricultura e com o clima, especialmente de áreas urbanizadas (FENG *et al*., 2018).

Segundo Ynoue *et al*. (2017), tanto o tempo quanto o clima são determinados pela quantidade de radiação solar que entra e que sai do planeta. Essa característica é denominada de balanço de energia.

Sendo assim, a energia emitida pelo Sol na forma de radiações, entra pelo topo da atmosfera com aproximadamente 340 W m^{-2}. Deste total, cerca de 100 W m^{-2} é refletida de volta ao espaço por nuvens, gases e partículas e em torno de 24 W m^{-2} pela superfície terrestre. Outras pequenas frações próximas de 79 W m^{-2} e

161 W m^{-2} são absorvidas pela atmosfera e pela superfície terrestre respectivamente (JAMIL & BELLOS, 2019).

Com isso, estima-se que a mesma quantidade de radiação solar recebida pela Terra é reirradiada de volta para o espaço, de modo que o equilíbrio do balanço de energia seja mantido (TRENBERTH; FASULLO & KIEHL, 2009) (Figura 02).

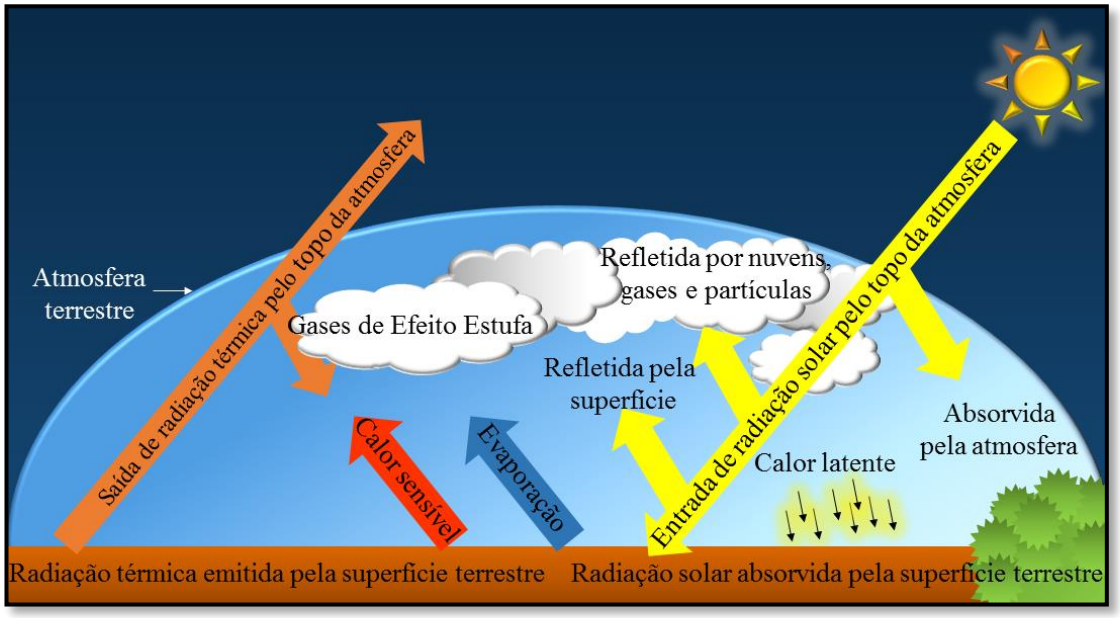


FIGURA 02 - Representação esquemática do balanço de energia na atmosfera terrestre
FONTE: Adaptada de Jamil & Bellos (2019)

Assim, a porção de radiação solar que atinge diretamente a Terra é conhecida por radiação direta, a espalhada é conhecida por radiação difusa e a porcentagem recebida, mas que é refletida pelas superfícies ao redor, é conhecida como albedo.

O Albedo é um parâmetro adimensional, relacionado à mudança climática global e especificamente ao clima de ambientes urbanos (ELE; WANG & QU, 2018). Quando o albedo equivale a 0, significa que em uma superfície perfeitamente preta, a absorção da radiação solar é total, não havendo reflexão. Em compensação, quando é 1, indica que em uma superfície perfeitamente branca, a reflexão da radiação solar é total, não havendo absorção (CHEN *et al*., 2019).

A Figura 03 exibe os principais valores de albedo em recinto urbano.

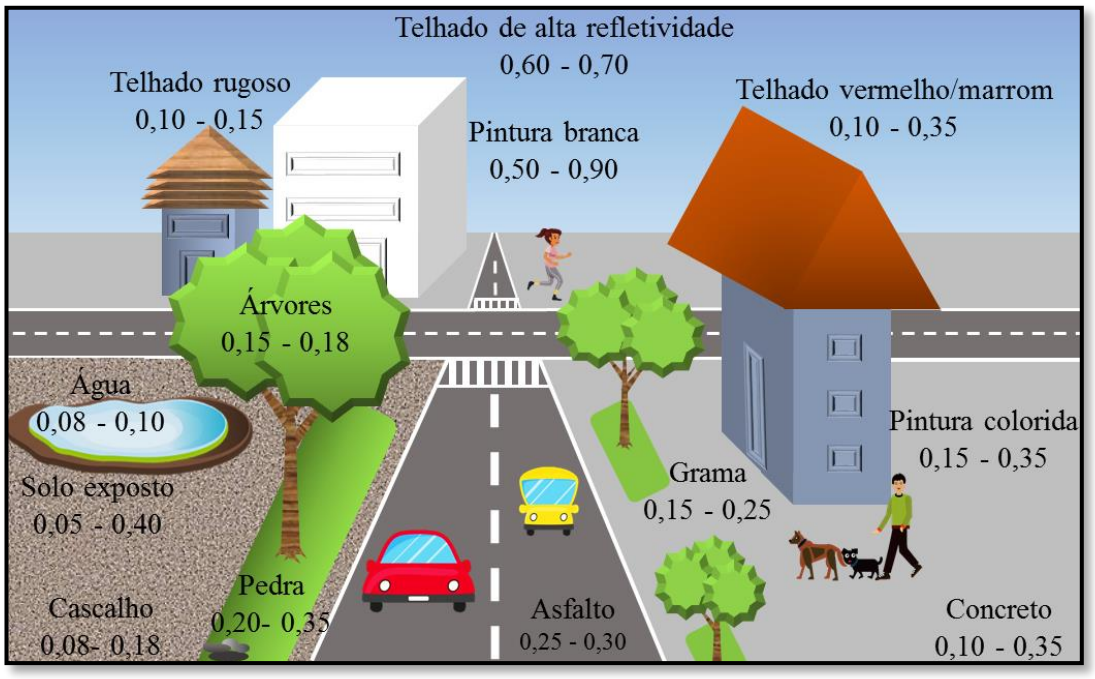


FIGURA 03 - Valores mínimos e máximos dos albedos de revestimentos e materiais em recinto urbano
FONTE: Adaptada de Bias *et al*. (2003)

Dessa maneira, devido à estruturação das cidades e ao albedo dos revestimentos e materiais, em áreas urbanizadas há menor reflexão de radiação solar quando comparadas com as áreas rurais.

As ruas e vias cercadas por paredes verticais vizinhas entre si, viabilizam que grande parte da radiação refletida por uma superfície qualquer, seja absorvida por outra da vizinhança, propiciando altas temperaturas do ar (SOUZA, 2016).

A temperatura do ar desempenha um papel notável na vida humana, afetando não apenas o conforto pessoal, mas também os processos ambientais em todo planeta (CHRISTOPHERSON & BIRKELAND, 2017). As alterações locais dessa variável estão associadas aos processos de recepção e dissipação de radiação solar, além de outros fatores, como a latitude, altitude, continentalidade, nebulosidade, a proximidade com corpos hídricos, os ventos e as propriedades da superfície terrestre e atmosférica.

No entanto, para compreender a distribuição espacial da temperatura do ar ao longo dos anos, é fundamental considerar as ações da continentalidade e dos oceanos. Pois, em uma mesma latitude, os continentes são mais frios no inverno quando comparados com os oceanos e mais quentes durante o verão, (YNOUE *et al*., 2017).

Almeida (2016) também afirma que a temperatura do ar sinaliza o quanto o ar está sendo aquecido ou resfriado pela radiação solar e pela superfície. Dessa forma, a radiação solar incidente inicia ao nascer do Sol, atinge seu pico ao meio-dia de cada local e retorna a zero depois do pôr do sol.

A Figura 04 exemplifica o comportamento da temperatura do ar em relação a variação da radiação solar.

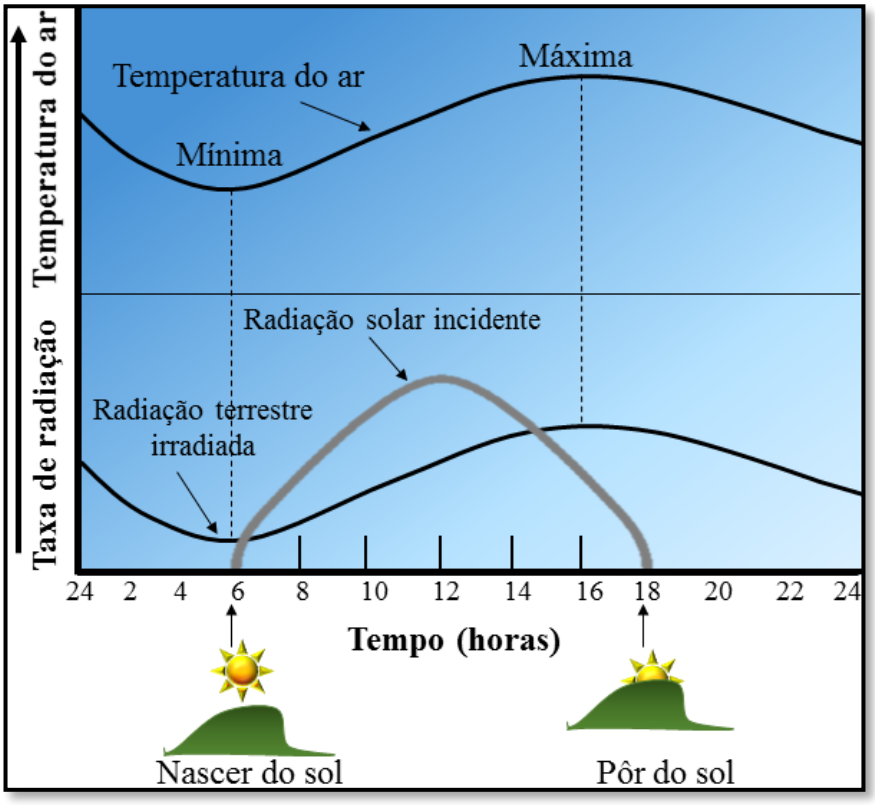


FIGURA 04 - Comportamento da temperatura do ar em relação a variação da radiação solar diária
FONTE: Adaptada de Petersen; Sack & Gabler (2014)

Consequentemente, a quantidade de radiação solar incidente varia ao longo do ano e do dia. As flutuações anuais estão associadas com o movimento de translação e, portanto, com as estações do ano. Já as mudanças diurnas, estão relacionados à rotação diária da Terra.

Entretanto, Li *et al*. (2018) ressaltam que a mudança da cobertura natural para impermeável, altera as propriedades superficiais, proporcionando menor albedo, maior razão de Bowen (razão de fluxo de calor sensível e latente) e maior armazenamento de energia. Como resultado, as áreas urbanas possuem temperaturas do ar mais elevadas

do que as áreas rurais do entorno, fenômeno que é denominado de Ilha de Calor Urbana (*Urban Heat Island* - UHI).

A UHI significa que as cidades e vilas são mais quentes a noite do que as áreas rurais, devido a absorção da radiação solar pelo concreto e asfalto, principais materiais do meio urbano, que dissipam no período noturno toda a energia acumulada durante o dia (LEVEMORE *et al*., 2018).

Logo, a formação de UHI tem consequências ambientais, de saúde, sociais e econômicas. Estas incluem a diminuição da produtividade e desempenho dos trabalhadores, a duração e frequência das atividades ao ar livre (SHARIFI; SIVAM & BOLAND, 2016), o desenvolvimento de tempestades, o aumento na demanda de energia, a emissão de gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos (SANTAMOURIS *et al*., 2015; DEILAMI; KAMRUZZAMAN & HAYES, 2016; SIDIQUI; HUETE & DEVADAS, 2016) a poluição hídrica (PHELAN *et al*., 2015), a redução da saúde e conforto dos cidadãos, o aumento da intensidade e duração das ondas de calor e consequentemente alterações da umidade relativa do ar (SACHINDRA *et al*., 2015).

Por este motivo, a umidade relativa do ar também é um elemento meteorológico fundamental, que influencia a vida dos moradores das cidades, e em vários processos físicos naturais.

A exemplo, tem-se o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação e evapotranspiração, a absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre, o controle de pragas/moléstias vegetais e animais, como determinante da qualidade, do armazenamento e da conservação dos produtos agrícolas, bem como do conforto humano e animal (ZHANG & WU, 2018).

É definida como a relação entre a pressão de vapor real e a pressão de vapor saturado na atmosfera. Nesse sentido, a variação diária da umidade relativa do ar é maior no verão que no inverno, principalmente em regiões com clima tropical.

O verão, por ser uma estação com maior ocorrência de precipitações pluviométricas, é mais úmido e o inverno, em que as precipitações pluviométricas são mais escassas, é uma estação mais seca e fria, com valores normalmente

abaixo da média ideal, que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), é entre 50 % a 80 % (ALMEIDA, 2016).

Isto posto, se as superfícies que formam o espaço urbano armazenam e irradiam muito calor, aumenta-se a temperatura do ar e consequentemente diminui-se a umidade relativa do ar.

Nessas circunstâncias, o teor de umidade dependerá da interação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial do meio circundante, além do uso e ocupação do solo, da presença ou ausência de áreas verdes e corpos hídricos e do regime de ventos (LIU *et al*., 2018).

A Sociedade Americana de Meteorologia (*American Society Meteorology* - ASM), explica que o vento é o ar em movimento em relação à superfície terrestre (Figura 05).

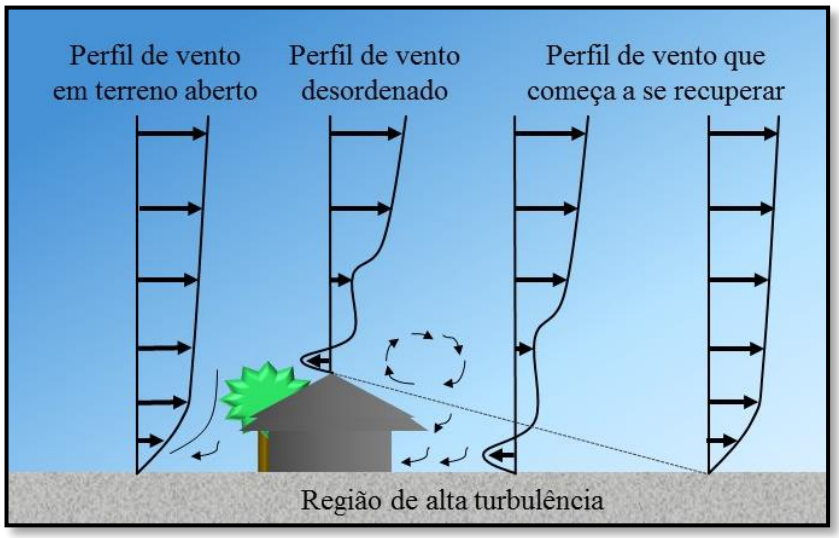


FIGURA 05 - Representação esquemática do perfil de vento em ambiente construído
FONTE: Adaptada de Lee (2018)

Desse modo, as condições de regime de vento no ambiente construído, são complexas por natureza, caracterizadas por velocidades médias anuais mais baixas e por maior fluxo turbulento, devido à presença de obstruções (KC; WHALE & URMEE, 2019).

No entanto, Oke *et al*. (2017) alertam que em duas situações esta premissa não é verdadeira: (1) quando a ventilação é canalizada ao longo de vias orientadas

na direção do fluxo de ar e (2) quando os ventos regionais são fracos ou há calmaria.

Assim, de acordo com os mesmos autores, dois fatores influenciam a ventilação urbana: os ventos regionais e o gradiente de temperatura do ar entre a área urbana e a rural. Os ventos regionais são característicos de cada localidade. Já o gradiente de temperatura do ar descreve a variação dessa grandeza, considerando um perfil vertical que vai da superfície do solo até uma altura de interesse.

Nesse contexto, a ventilação é uma característica que não deve ser desconsiderada, pois as irregularidades do relevo das cidades modificam a direção, a velocidade e a intensidade dos ventos. Propriedades estas que, dentro do contexto de circulação atmosférica, também alteram o comportamento da precipitação pluviométrica (YNOUE *et al*. 2017).

Christopherson & Birkeland (2017), afirmam que nos estudos de meteorologia, a precipitação pluviométrica é o fenômeno relativo à queda livre de água do céu no aspecto líquido ou sólido. Eles também reiteram que se trata de um componente essencial do ciclo hidrológico, responsável por retornar a maior parte da água que circula no planeta.

Para complementar, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), explica que a ação dos raios solares e dos ventos sobre as águas da superfície terrestre provoca a evaporação, com isso uma quantidade enorme de gotículas de água fica em suspensão na atmosfera, formando as nuvens. Ao se resfriar, a água das nuvens se precipita e o seu volume pode ser contabilizado em polegadas ou milímetros, referindo-se ao estado da água que cai sobre uma determinada região por um período de tempo (INMET, 2018).

Ademais, em meio urbano, a alteração das paisagens naturais pela substituição de superfícies impermeáveis e a ausência de infraestruturas adequadas, ocasionam a diminuição substancial da capacidade de infiltração das precipitações pluviométricas.

Logo, o excesso de escoamento pode induzir inundações e resultar em interrupções no tráfego, perdas econômicas, poluição, problemas de saúde e piora

acentuada da qualidade do clima, representando ameaças potenciais aos moradores locais e ao desenvolvimento das cidades (LEI; WEI & CHEN, 2016).

2.1.2 INFRAESTRUTURAS QUE MELHORAM O CLIMA URBANO

Adaptar o conjunto arquitetônico ao clima de uma determinada região, significa construir espaços que permitam ao homem condições de conforto e de qualidade de vida.

Dessa maneira, o desenho urbano deve amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito severos e assegurar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis quanto os espaços abertos de climas agradáveis.

A construção de parques urbanos que simulam a natureza, é uma prática conhecida desde os tempos pré-clássicos e os seus efeitos podem ser encontrados em obras como a de Evelyn (1661).

Em Londres, os parques urbanos foram descritos como os pulmões da cidade pelo primeiro-ministro William Pitt no século XVIII. Posteriormente, o reconhecimento da importância desses espaços, facilitou a disseminação de projetos e o desenvolvimento em cidades cada vez mais industrializadas (XING & BRIMBLECOMBE, 2019).

Nas décadas de 1970 e 1980, a criação de parques nas capitais brasileiras de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná, tornou-se um dos objetivos do poder público, incluso nos programas de governo e na rotina administrativa, propagando-se com o passar dos anos nas demais partes do Brasil (SAKATA, 2018).

Atualmente, os parques urbanos são lugares que permitem a percepção do espaço aberto, o céu, o sol e a sombra, o quente e o frio, o vento e a precipitação pluviométrica. Neles os usuários não precisam disputar trajetos com carros e outros veículos automotores. Por essas razões, são vistos como ambientes multifuncionais. Pois, fora as exigências estéticas impostas a eles, exercem papel social e ambiental, principalmente no que diz respeito ao controle das mudanças climáticas, oriundas do crescente processo de urbanização (DEUTSCHER *et al.*, 2019).

Isso ocorre, pois, a vegetação presente em parques urbanos é capaz de mitigar a Ilha de Calor Urbana (*Urban heat Island* - UHI) devido à sua capacidade de atenuar a temperatura do ar, influenciando direta ou indiretamente o transporte de vapor de água, o efeito de sombreamento, a velocidade e direção do vento e o aumento da umidade relativa do ar (YU *et al*., 2018).

As árvores também promovem benefícios como a melhoria dos índices de conforto térmico, a retirada de Dióxido de Carbono (CO_2) do ar, a redução da poluição atmosférica e hídrica, o controle do ciclo hidrológico, a diminuição de inundações e a possibilidade de um ambiente sonoro mais agradável. Além disso, favorecem a relação entre homem e a natureza, garantindo uma melhor qualidade de vida e valorizando as áreas de convívio social (MARRA, 2017).

As copas das árvores funcionam como barreiras, amortecendo o deslocamento dos ventos. Conjuntamente, absorvem a radiação solar em função de seus processos vitais de fotossíntese e evapotranspiração, e refletem, protegendo efetivamente as superfícies do contato direto de energia solar incidente (DECLET-BARRETO *et al*., 2016) (Figura 06).

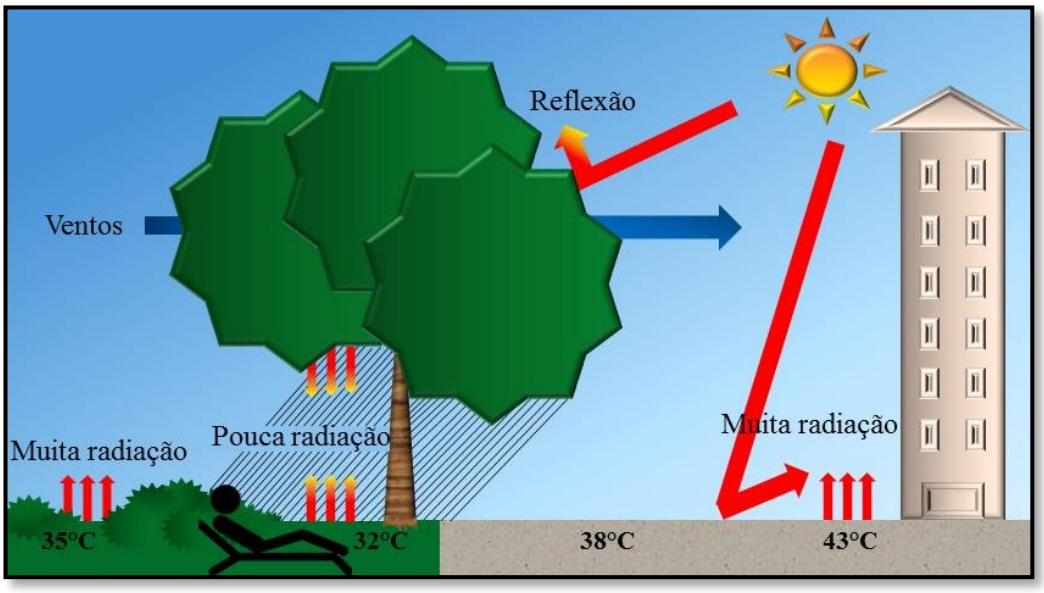


FIGURA 06 - Trocas térmicas exercidas entre a vegetação e a radiação solar
FONTE: Adaptada de Lamberts & Duarte (2016)

Marra (2017) também enfatiza que o fornecimento de radiação solar para a superfície terrestre atua em função das variáveis associadas às relações Terra-

Sol. Contudo, a interceptação dessa radiação por uma árvore, vai depender de suas propriedades ópticas de reflexão e transmissão, que se encontram intimamente relacionadas com a disposição espacial, o ângulo existente entre a folha e a radiação incidente, o coeficiente de extinção (*k*) e o Índice de Área Foliar (IAF).

O *k* revela o grau de diminuição da luz no dossel da vegetação, por absorção e espalhamento (JING & SHAORONG, 2016). Já o IAF, é a razão entre a área foliar unilateral e a unidade de área sombreada na superfície terrestre, constituindo-se em um indicador utilizado para descrever a estrutura e a densidade do dossel (COTTER *et al*., 2017). Por esses motivos, tratam-se de importantes parâmetros, que facilitam a escolha de espécies mais adequadas para parques urbanos, possibilitando efeitos positivos no microclima, principalmente em cidades de clima tropical.

Os corpos hídricos como elementos constituintes da superfície subjacente de parques urbanos também são fundamentais, pois desempenham efeito regulador do espaço e consequentemente do clima (JIN; SAHO & ZHANG, 2017).

Syafii *et al*. (2016) explicam que os corpos hídricos encontrados em parques urbanos, são normalmente constituídos por um volume permanente ou temporário de água, que contribui para alterar o ambiente térmico circundante, devido ao seu efeito de resfriamento, seja por evaporação ou por transferência de calor entre o ar e a água.

Essa contribuição pode ser explicada pela maior capacidade de calor específico, quando comparados a outros materiais da superfície terrestre. Com tal característica, a velocidade de aquecimento é mais lenta do que a das áreas vizinhas, resultando em ilhas de frescor durante o dia e noite.

Assim, através da troca de convecção do ar, o ar mais frio desloca-se para as áreas do entorno, produzindo um efeito de arrefecimento, que ocasionalmente pode atingir uma distância de aproximadamente mil metros (GUNAWARDENA; WELLS & KERSHAW, 2017) (Figura 07).

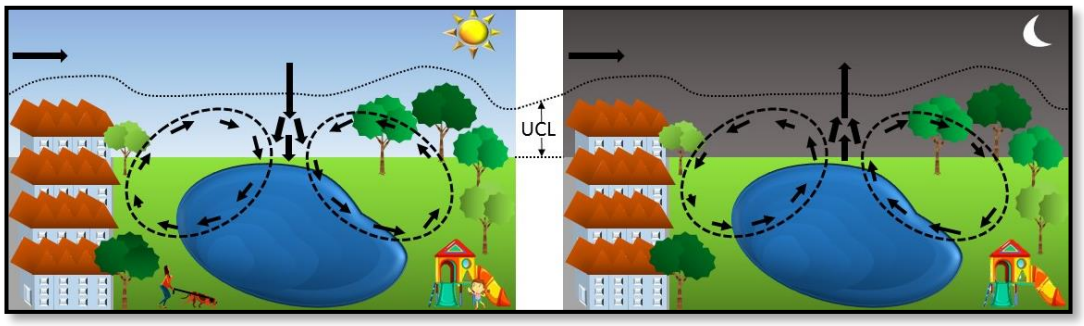


FIGURA 07 - Microescala de arrefecimento dos corpos hídricos durante o dia e a noite
FONTE: Adaptada de Gunawardena; Wells & Kershaw (2017)

Então, os corpos hídricos reduzem potencialmente o consumo de energia, amenizam as consequências da UHI e geralmente aumentam o conforto térmico de espaços fechados e abertos.

Por essa razão, no atual cenário de desenvolvimento e crescimento das cidades, escolher infraestruturas adequadas para o conforto da população, requer a avaliação microclimática, uma vez que através dessa prática, ações de mitigação quanto ao aquecimento urbano e o seu controle, podem ser efetuadas.

2.1.3 MÉTODOS QUE AVALIAM O CLIMA URBANO

Diversos instrumentos de medida e metodologias são aplicados na composição de estudos sobre as variações climáticas urbanas. Todavia, ainda existem falhas relativas à avaliação de um ambiente complexo e heterogêneo como o de uma cidade, e à padronização dos procedimentos de coleta e análise de dados.

Oke *et al*. (2017), declaram que a avaliação do clima urbano ocorre de duas maneiras. A primeira consiste em uma estação instrumentada que fornece informações meteorológicas de rotina e a segunda, é uma investigação de campo, muitas vezes com o intuito de responder perguntas específicas. Fora isso, para ambos os casos, a medição pode ser do tipo fixa e/ou móvel.

De acordo com os mesmos autores, a medição fixa é realizada em longo prazo, observando as propriedades em intervalos regulares de tempo à medida que a atmosfera passa por um ponto fixo no espaço. Já a medição móvel é usualmente empregada para detalhar a distribuição horizontal das variáveis

climáticas. Neste método, os sensores são posicionados em um veículo ou transportados por uma pessoa ao longo de um trajeto específico do meio urbano.

A Figura 08 esquematiza os tipos de medições no espaço e no tempo (t).

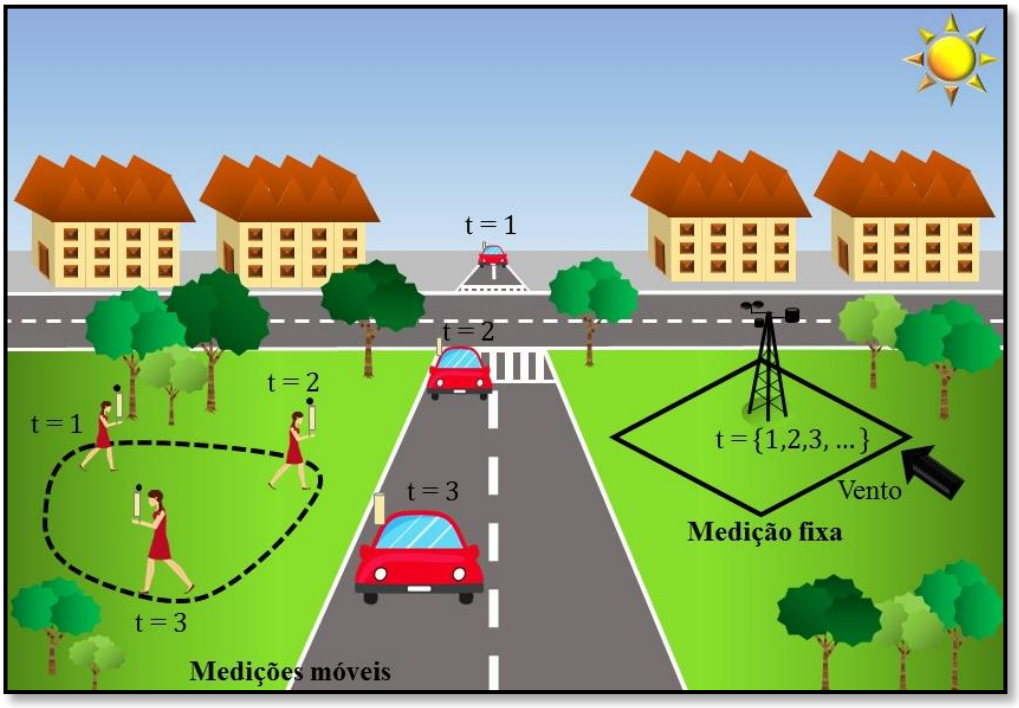


FIGURA 08 - Exemplificações dos tipos de medições móveis e fixa
FONTE: Elaborada pela autora

É válido destacar que juntamente com as medições móveis, devem ser combinados registros contínuos de medições fixas, com a finalidade de correlacionar os resultados e obter índices de correções confiáveis.

Outra questão importante a ser observada independentemente do tipo de medição, relaciona-se ao conhecimento das características do ambiente urbano que possam influenciar as avaliações, bem como os métodos empregados para a coleta de dados e os custos envolvidos (OKE *et al*, 2017).

O método de Transecto móvel permite caracterizações com elevada densidade de pontos e baixo custo de operação. Por essa razão, é adotado na climatologia urbana, considerando que são observados ambientes físicos que se modificam de forma dinâmica (HÄB; RUDDELL & MIDDEL, 2015).

A obtenção de dados por Transecto móvel deve acontecer em lugar específico, seja este uma cidade, bairro, ruas do bairro, parques urbanos, entre

outros, desde que o trajeto seja previamente definido. Porque, como o trajeto pode ser realizado a pé, de bicicleta ou com veículos automotores, o tipo de locomoção escolhida dependerá da extensão e da distância entre os pontos amostrados, respeitando o tempo máximo de 1h00 e a velocidade não superior a 40 km h^{-1}.

Para Häb; Ruddell & Middel (2015), questões como a inércia do sensor, velocidade do ar, velocidade de locomoção e a frequência de amostragem, também devem ser minuciosamente analisadas, uma vez que determinam a resolução espacial dos dados.

Além disso, os sensores devem ser posicionados em uma altura entre 1,25 a 2,0 m acima da superfície do solo, com coletas de dados em dias de condição atmosférica ideal, ou seja, céu com ausência de nuvens e ventos fracos, nos horários das 08h00, 14h00, 20h00 e 02h00 (OKE, 1984).

No Brasil, o INMET realiza as coletas às 12h00, 18h00 e 00h00 do Horário do Meridiano de Greenwich (*Greenwich Mean Time* - GMT), que correspondem às 8h00, 14h00 e 20h00 de Cuiabá.

No mais, trata-se de um método eficiente e consolidado, com utilização datada desde o século XX até o presente século XXI, como por exemplo os estudos desenvolvidos por Oke (1982) e Justi *et al*. (2019), que investigaram a ilha de calor urbana e o conforto térmico de espaços abertos respectivamente.

2.2 CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define conforto térmico como o estado de espírito que exprime a satisfação do homem com o ambiente térmico e a temperatura corporal que o circunda (ABNT, 2017).

Segundo Lima (2016), no ambiente urbano uma gama de fatores colabora para a sensação de conforto térmico, dentre eles, a impermeabilização do solo, a vegetação, a geometria urbana, o adensamento populacional, os materiais de construção e a poluição atmosférica.

Além dos aspectos físicos (estrutura das cidades) e ambientais (variáveis climáticas), o mesmo autor ressalta que o conforto térmico também se relaciona com as variáveis pessoais, como por exemplo, o metabolismo e a vestimenta. Por

essa razão, pode-se admitir que as condições que desencadeiam o conforto térmico não são iguais para todos.

Para Lamberts & Duarte (2016) o conforto térmico é importante, uma vez que proporciona o aumento do rendimento em atividades intelectuais, manuais e perceptivas e evita o desperdício de energia com aquecimento e refrigeração.

Dessa forma, por mais que esse parâmetro tenha surgido da necessidade de acondicionar ambientes fechados, a demanda por novas alternativas que possam melhorar as condições térmicas de espaços públicos, tem gerado o interesse de estudiosos em relação ao conforto térmico de espaços abertos.

Ou seja, em um contexto de mudança climática, os planejadores urbanos precisam encontrar soluções para amenizar os impactos do aquecimento global e garantir que esses locais permaneçam utilizáveis (MORILLE & MUZY, 2017).

Hanafi & Alkama (2017) complementam, afirmando que os espaços abertos servem para a reunião da população, a comunicação e o convívio. Isto posto, para que desempenhem seu papel, devem ser regidos por um ambiente físico agradável, visto que o grau de conforto térmico que as pessoas experimentam é um dos requisitos determinantes para a sua utilização, especialmente em áreas com climas severos.

A Norma 7730/05 da Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization* - ISO) enfatiza que o ambiente térmico só é aceitável quando não mais que 10 % da população sente-se desconfortável em um determinado lugar e que a insatisfação térmica pode ser provocada tanto pelo calor, quanto pelo frio no corpo (ISO, 2005).

Os humanos são seres homeotérmicos que mantêm uma temperatura corporal relativamente constante, por volta de 35 a 37 °C, através do equilíbrio dinâmico entre a produção de calor endógeno e a dissipação de calor para o ambiente circundante (CRAMER & JAY, 2016).

De acordo com Charkoudian (2016), essa característica é denominada de termo regulação e trata-se de um fenômeno fisiológico complexo, integrativo e, em última análise, autonômico, que pode ser considerado como o esforço que o organismo estabelece para resguardar sua temperatura interna contínua, regulando a temperatura do corpo à do ambiente.

Sendo assim, em um local quente, o organismo ativa o processo de vasodilatação cutânea, possibilitando que um maior fluxo sanguíneo percorra os vasos superficiais, aumentando a temperatura da pele e proporcionando maior dissipação de calor por convecção e radiação. Entretanto, em situações críticas, quando a vasodilatação cutânea não é suficiente, o organismo inicia o sistema de sudorese, para que o corpo perca calor por evaporação (SMITH & JOHNSON, 2016).

Diferentemente, em um local frio, o organismo tenta entrar em equilíbrio térmico por meio da vasoconstricção cutânea, diminuindo a passagem do fluxo sanguíneo nos vasos superficiais. Nesse sentido, a circulação do sangue é direcionada para o cérebro e órgãos vitais, reduzindo a temperatura da pele e moderando a troca de calor por condução, convecção, radiação e evaporação com o ambiente. No entanto, em situações extremas, quando a vasoconstricção cutânea não é suficiente, o organismo provoca uma série de movimentos musculares involuntários, aumentando o metabolismo muscular e a produção de calor interno (CASTELLANI & YOUNG, 2016).

Já em um local neutro por definição, é necessária pouca regulação da temperatura corporal, pois o calor produzido é proporcional à sua dissipação para o ambiente, por meio da pele e da respiração, fazendo com que a temperatura do corpo permaneça constante (Figura 09).

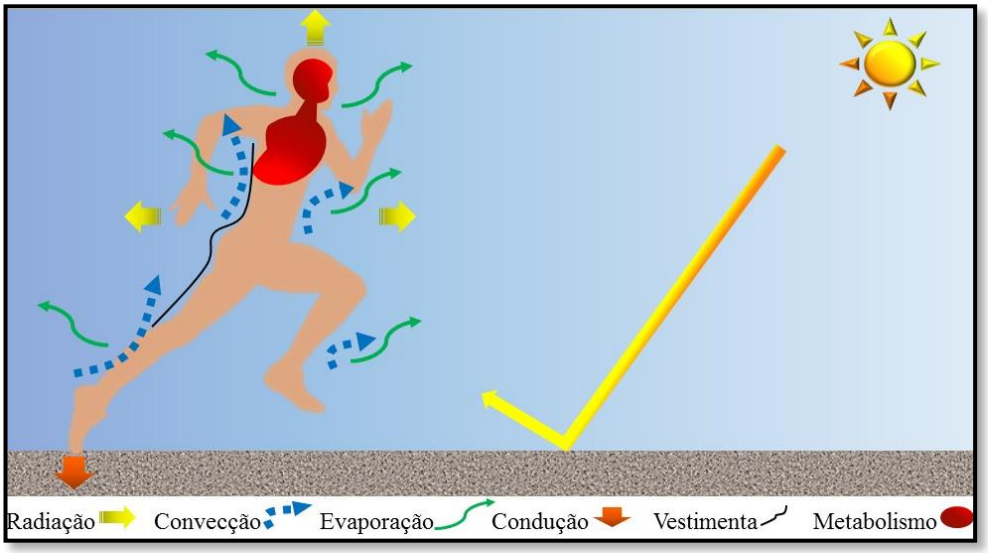


FIGURA 09 - Esquema representativo das trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente
FONTE: Adaptada de Lamberts (2016)

A radiação é o processo de troca de calor entre corpos de distintas temperaturas superficiais, no aspecto de ondas eletromagnéticas. Então, dentro de um campo radiante, o fluxo dessa troca entre o corpo e o ambiente dependerá das temperaturas superficiais de todos os objetos envolvidos, da temperatura e emissividade corporal, do isolamento da vestimenta e da área de superfície radiante efetiva (MARINO *et al*., 2018).

A convecção acontece pelo deslocamento do ar, que está em permanente movimentação. Com tal particularidade, quando o ar apresenta temperatura menor que a do corpo, ao passar próximo a pele, remove o ar aquecido de junto desta. Nessas circunstâncias, quanto maior o movimento do ar, maior será a taxa de resfriamento da pele.

Quando as trocas de calor por convecção e radiação não são satisfatórias, o organismo ativa a produção de suor para que o corpo se resfrie por evaporação. Sendo assim, a evaporação do suor é a principal via de perda de calor durante a prática de exercícios e o único meio pelo qual os humanos podem dissipá-lo pela pele (CRAMER & JAY, 2016).

A condução é desencadeada por meio de contato. Contudo, o calor perdido por condução é pequeno se o indivíduo estiver vestido e calçado, fazendo com que em ambientes abertos, a perda por condução seja desconsiderada (MELNIKOV *et al*., 2018).

Nesse contexto, o calor sensível é perdido para o ambiente por condução, convecção e radiação, primeiramente da superfície da pele até a superfície externa da vestimenta e posteriormente, da superfície externa da vestimenta para o ambiente. Enquanto que, o calor latente é perdido para o ambiente em função da combinação da evaporação do suor expelido e da difusão natural da água através da pele. No mais, tanto o calor sensível quanto o latente são perdidos por convecção e evaporação durante a respiração (GALVAN, 2018).

Por esses argumentos apresentados, um ponto de referência fundamental e útil para qualquer discussão sobre a troca de energia humana e a regulação da temperatura, é a equação conceitual do balanço de calor:

$$M - W = q_{sk} + q_{res} + S \quad (1)$$

Sendo:

$$q_{sk} = C + R + E_{sk} \quad (2)$$

$$q_{res} = C_{res} + E_{res} \quad (3)$$

$$S = S_{sk} + S_{cr} \quad (4)$$

Em que:

M É o fluxo metabólico de produção de calor (W m^{-2});
W É o fluxo de trabalho mecânico realizado (W m^{-2});
q_{sk} É o fluxo total de calor perdido pela pele (W m^{-2});
q_{res} É o fluxo total de calor perdido pela respiração (W m^{-2});
S É o fluxo de armazenamento de calor corporal (W m^{-2});
C+R É a perda de calor sensível pela pele, por convecção e radiação (W m^{-2});
E_{sk} É o fluxo total de calor perdido por evaporação pela pele (W m^{-2});
C_{res} É o fluxo de calor perdido por convecção pela respiração (W m^{-2});
E_{res} É o fluxo de calor perdido por evaporação pela respiração (W m^{-2});
S_{sk} É o fluxo de calor armazenado na pele (W m^{-2});
S_{res} É o fluxo de calor armazenado no núcleo (W m^{-2}).

Logo, caso o valor de S seja positivo, ocorrerá o aquecimento do corpo, caso seja negativo, haverá o resfriamento, e se S for equivalente a zero, o corpo estará em equilíbrio térmico. O valor de W é comumente considerado zero, pois para a maioria das atividades o seu valor é nulo.

2.2.1 VARIÁVEIS PESSOAIS

As variáveis pessoais causam alterações fisiológicas e psicológicas que ocorrem de pessoa para pessoa e dependem da idade, do sexo, do peso, da aclimatação, da dieta e da prática ou não de atividades físicas, cujas principais são o metabolismo e a vestimenta.

O metabolismo é a quantidade de energia que o organismo, em repouso ou em atividade física, necessita para manter em funcionamento todos os órgãos vitais, liberando em forma de calor o excedente. Sendo assim, cada ser vivo possui uma taxa metabólica única.

Em geral, os valores das atividades são dados na unidade (Met), em que 1 Met equivale a 58,2 W m^{-2}, representando a energia produzida no tempo por unidade de área superficial do corpo. Por consequência, é variável conforme o biótipo corporal das pessoas (NASCIMENTO, 2016).

Além disso, quanto maior o nível de trabalho muscular desenvolvido, mais calor é produzido pelo indivíduo. Para facilitar a compreensão, a Tabela 01 apresenta os principais valores de taxa metabólica em conformidade com a atividade física, utilizando como base a Norma ISO 7730/2005.

TABELA 01 - Principais taxas metabólicas por atividade física

Atividade	**Taxa metabólica**	
	W m^{-2}	**Met**
Deitado, reclinado	46	0,8
Sentado, relaxado	58	1,0
Atividade sedentária	70	1,2
Atividade leve em pé	93	1,6
Atividade média em pé	116	2,0
Andando em nível: 2 km h^{-1}	110	1,9
Andando em nível: 3 km h^{-1}	140	2,4
Andando em nível: 4 km h^{-1}	165	2,8
Andando em nível: 5 km h^{-1}	200	3,4

FONTE: Adaptada de ISO (2005)

Nessas circunstâncias, o calor produzido em excesso precisa ser perdido, para que não ocorra o superaquecimento do corpo e, por esse motivo, o impacto do metabolismo no conforto térmico é crítico, não devendo ser desconsiderado (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2019).

A vestimenta também é uma variável que não pode ser desprezada. Ela corresponde à resistência térmica (l_{cl}) interposta entre o corpo e o meio externo, ou seja, representa uma barreira para as trocas de calor e de massa por convecção. Portanto, funciona como isolante térmico, pois mantém junto à superfície

corporal uma camada de ar mais aquecido ou menos aquecido, conforme o seu ajuste ao corpo, a porção que cobre e o tipo de tecido (WANG; PENG & SHI, 2016).

A resistência térmica de uma vestimenta é expressa em (*clo*), que deriva da palavra inglesa *clothes* e significa roupas. Desse modo, um 1 *clo* representa 0,155 m^2 °C W^{-1}.

A Tabela 02 contém as peças básicas de vestimenta e seus respectivos valores de resistência térmica.

TABELA 02 - Vestimenta e resistência térmica (*clo*)

Vestimenta	***clo***	**Vestimenta**	***clo***
Calcinha	0,03	Macacão manga longa	0,49
Soutien/Sutiã	0,01	Colete fino	0,13
Cueca	0,04	Colete grosso	0,22
Ceroulas	0,15	Suéter fino	0,23
Meia fina/meia calça	0,02	Suéter grosso	0,29
Meião fino	0,03	Jaqueta leve curta	0,21
Meião grosso	0,06	Jaqueta leve longa	0,34
Camiseta manga curta	0,09	Jaqueta grossa curta/blazer	0,35
Camiseta manga longa	0,16	Jaqueta grossa longa	0,42
Camisa manga curta	0,25	Paletó	0,44
Camisa manga longa	0,28	Moleton	0,36
Regata	0,06	Saia longa	0,23
Blusa	0,27	Saia até a coxa	0,10
Calça fina	0,15	Saia até o joelho	0,14
Calça grossa/calça jeans	0,24	Vestido manga curta	0,29
Bermuda	0,11	Vestido manga longa	0,32
Shorts	0,08	Vestido sem manga	0,23
Macacão sem mangas	0,24	Sandália/chinelo/tênis	0,02

FONTE: Adaptada de ISO 9920 (ISO, 2007)

Nessa perspectiva, quando as variáveis ambientais externas superam as necessidades corporais ideais, vestimentas específicas são utilizadas para suprir as demandas de cada indivíduo e assim melhorar a sensação de conforto térmico.

2.2.2 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As variáveis ambientais são parâmetros medidos que agem na perda de energia, dentre as quais se destacam a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a umidade relativa do ar e o regime de ventos.

A temperatura do ar (T_a) é uma das principais variáveis ambientais de conforto térmico. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, por meio do processo de convecção, complementada por outros mecanismos termorreguladores. Logo, o calor é produzido pelo corpo por meio do metabolismo e suas perdas são menores quando a T_a está alta, ou maiores quando está baixa (NASCIMENTO, 2016).

Para o conforto térmico, é interessante conhecer também a temperatura operativa, que pode ser definida como a temperatura uniforme de um ambiente radiante negro hipotético, no qual o ocupante pode trocar a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que em ambiente real (LAMBERTS & DUARTE, 2016).

Dessa forma, os valores de temperatura operativa combinam a temperatura do ar e a temperatura radiante média em um único valor para expressar seu efeito conjunto no conforto (FERREIRA, 2015).

A temperatura radiante média das superfícies de um ambiente, participa das trocas de calor com o corpo, por radiação térmica. Ela pode ser maior ou menor que a temperatura do ar, já que as superfícies geralmente possuem diferentes temperaturas.

A obtenção da temperatura radiante média (T_{rm}) dar-se-á pelo termômetro de globo. Este instrumento de medição possui uma esfera metálica, pintada de preto, medindo aproximadamente 0,08 m de diâmetro, com um sensor de temperatura do ar no centro (GUO *et al.*, 2018).

Assim, para calcular T_{rm} em espaços abertos com ventilação natural, é utilizada a equação a seguir:

$$T_{rm} = \left[\left(T_g + 273\right)^4 + \frac{1{,}1 \cdot 10^8 . v^{0,6}}{\varepsilon_g . D^{0,4}} . \left(T_g - T_a\right)\right]^{\frac{1}{4}} - 273 \qquad (5)$$

Em que:

T_g É a temperatura do termômetro de globo (ºC);
v É a velocidade do vento (m s^{-1});
ε_g É a emissividade do globo (0,9 para cor preto fosco);
D É o diâmetro do globo (0,08 m);
T_a É a temperatura do ar (ºC).

A umidade relativa do ar (UR) varia conforme a T_a. Portanto, quando a T_a aumenta, eleva-se também a capacidade do ar de absorver vapor d'água, ocorrendo o contrário no sentido inverso.

Desse modo, a UR tem grande influência no mecanismo de evaporação. Pois, a baixa UR faz com que o ar parcialmente seco absorva o suor da pele e com isso, retire rapidamente o calor do corpo. Em contrapartida, a alta UR promove a dificuldade do organismo em perder o calor do corpo pelo mesmo mecanismo (AFLAKI *et al*., 2015).

O ar, no que lhe diz respeito, quando se desloca por meios naturais ou mecânicos, o coeficiente convectivo de transferência de calor aumenta, elevando também a sensação de perda de calor. Então, o deslocamento do ar amplia os efeitos da evaporação no corpo humano, retirando o suor em contato com a pele com mais eficiência e assim, ameniza a sensação de calor (NASCIMENTO, 2016).

Com isso, nota-se que o regime de ventos atua em conjunto com a temperatura do ar e com a umidade relativa do ar e suas ações combinadas com as variáveis pessoais, impulsionaram a criação dos índices de conforto térmico.

2.2.3 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Diferentes índices são utilizados como ferramenta para orientar as etapas iniciais de um projeto arquitetônico, pois permitem a prévia avaliação do clima em relação à resposta de conforto térmico do usuário, além de indicar diretamente estratégias para a adequação climática (STENSJÖ, 2015).

A escolha do índice mais adequado, geralmente é realizada alicerçando a simplicidade com a aplicabilidade do próprio índice (PROVENÇAL *et al*., 2017). Todavia, as suas limitações sob o ponto de vista das simplificações entre as interações do corpo e do meio também devem ser ponderadas, para que se obtenha resultados consistentes (BATISTA *et al*., 2016).

De modo geral, os índices de conforto térmico são desenvolvidos fixando um tipo de atividade física e a vestimenta do indivíduo para, a partir de então, relacionar as variáveis do ambiente e agrupar, sob a forma de cartas ou diagramas, as diversas condições ambientais que proporcionam reações iguais pela maioria dos indivíduos (NASCIMENTO, 2016).

O Índice Universal Térmico Climático - (*Universal Thermal Climate Index* - UTCI) tem origem em uma abordagem que foi proposta há mais de dez anos pela Sociedade Internacional de Biometeorologia (*International Society of Biometeorology* - ISB), com o objetivo de avaliar as condições de temperatura em ambientes abertos, por meio da resposta fisiológica do corpo humano (ZARE *et al*., 2018).

Sua criação baseou-se no modelo térmico regulatório multimodal elaborado por Fiala *et al*. (1999; 2001; 2003; 2007; 2012) e prioriza:

a) O comportamento adaptativo em relação ao isolamento térmico, fundamentado em estudos de campo desenvolvidos na Europa;
b) A distribuição da vestimenta em diferentes partes do corpo e;
c) A diminuição da resistência térmica e evaporativa da vestimenta, provocada pelo vento e pelo movimento da pessoa caminhando a 4 km h^{-1} em superfície plana.

Subsequentemente, o UTCI foi reforçado, tornando-se aplicável a todos os climas e a qualquer escala espacial, levando em consideração as trocas de fluxos de calor e a regulação da temperatura do indivíduo, refletindo em uma maior preocupação na modelação do balanço energético e considerando os efeitos térmicos locais em todo o corpo (PAPPENBERGER *et al*., 2015).

Os dados de entrada para calcular o UTCI incluem variáveis meteorológicas e não-meteorológicas, como por exemplo a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a pressão de vapor d'água ou umidade relativa, a

velocidade do vento, a taxa metabólica e a resistência térmica da vestimenta, respectivamente (FARAJZADEH; SALIGHEH & ALIJANI, 2016).

Com isso, o UTCI é dividido em dez faixas, categorizando níveis que variam de extremo estresse para o calor ao extremo estresse para o frio (YOUNG, 2017), considerando a velocidade do vento em torno de 0,5 a 17,0 m s^{-1} (FRÖEHLICH & MATZARAKIS, 2015).

A Figura 10 apresenta todas as faixas do índice em questão.

UTCI (°C)	Faixas do UTCI
>46	Extremo estresse para o calor
38 a 46	Fortíssimo estresse para o calor
32 a 38	Forte estresse para o calor
26 a 32	Moderado estresse para o calor
18 a 26	Conforto térmico
9 a 18	Sem estresse
0 a 9	Pouco estresse para o frio
0 a -13	Moderado estresse para o frio
-13 a -27	Forte estresse para o frio
-27 a -40	Fortíssimo estresse para o frio
<-40	Extremo estresse para o frio

FIGURA 10 - Faixas do UTCI
FONTE: Adaptada de Havenith & Fiala (2015)

Ademais, esse índice pode ser aplicado com eficiência em biometeorologia humana, tais como previsões e advertências diárias, planejamento urbano e regional, epidemiologia ambiental e pesquisa de impacto climático, assegurando-se como um dos índices mais abrangentes para o cálculo de conforto térmico em espaços abertos (PAPPENBERGER *et al*., 2015).

2.3 ESTUDOS SOBRE O MICROCLIMA E O CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS

Nos últimos vinte anos, as pesquisas sobre o microclima e o conforto térmico em espaços abertos, analisaram a percepção dos usuários destes espaços em relação ao ambiente térmico, fazendo uso de índices existentes e/ou por meio de respostas reais (Figura 11).

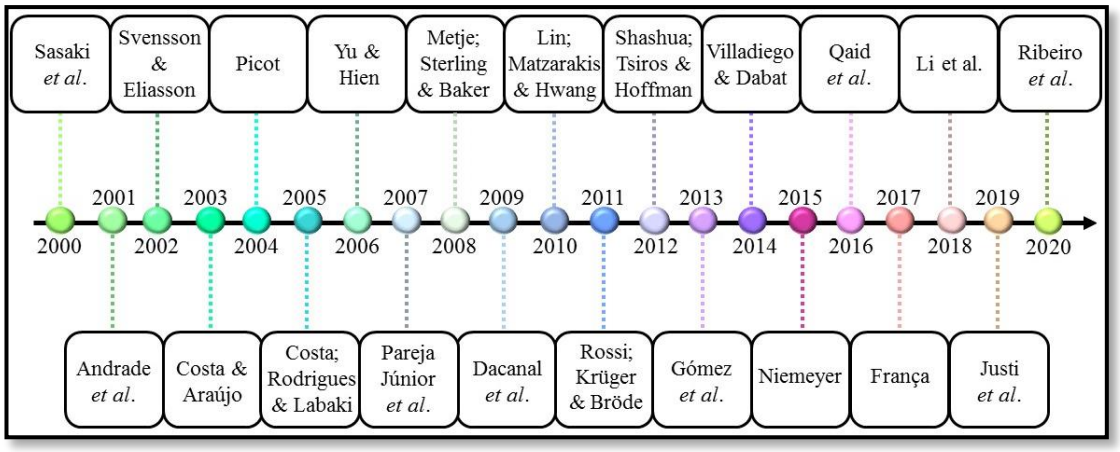


FIGURA 11 - Linha do tempo com estudos nacionais e internacionais sobre o microclima e o conforto térmico em espaços abertos durante o período de vinte anos
FONTE: Elaborada pela autora

Sasaki *et al*. (2000) desenvolveram um método para avaliar o conforto térmico de um espaço ao ar livre, baseado em questionários respondidos por moradores de áreas urbanas das cidades do norte do Japão e do subúrbio de Tóquio. Com essa finalidade, os modelos de regressão multivariada criados tanto para a sensação de conforto, quanto para a de desconforto, foram úteis na reestruturação do espaço analisado, atuando como ferramenta de planejamento e gestão de novos ambientes abertos.

Andrade *et al*. (2001) averiguaram o microclima da orla de Salvador - BA, com o objetivo de analisar o conforto térmico e apresentar recomendações para o planejamento urbano em regiões de clima quente e úmido. Os resultados indicaram que não houve conforto térmico nas zonas aferidas. Apesar disto, verificaram que a vegetação propiciou sombreamento e diminuiu a temperatura

do ar em alguns pontos, e que a ventilação exerceu importante papel na atenuação do desconforto térmico.

Svensson & Eliasson (2002) coletaram dados de temperatura do ar em dezoito locais de Gotemburgo - Suécia e com as informações de uso do solo do plano diretor da cidade, caracterizaram o conforto térmico pela Temperatura Fisiológica Equivalente (*Physiological Equivalent Temperature* - PET), concluindo que os valores de PET são geralmente mais altos dentro da categoria densamente construída.

Costa & Araújo (2003) verificaram a influência da morfologia urbana no microclima e na sensação térmica da população do bairro Petrópolis, em Natal - RN. Os autores constataram altos valores de temperatura do ar nos locais monitorados e propuseram melhorias climáticas, como a implantação de arborização nos lotes e a utilização de recuos entre as edificações.

Picot (2004) avaliou o impacto da vegetação no conforto térmico dos usuários de uma praça em Milão - Itália. Os resultados mostraram que a vegetação deve ser considerada como um mecanismo essencial para o controle das condições microclimáticas e de conforto térmico em espaços abertos, uma vez que modifica o albedo e a quantidade de radiação solar que atinge esses espaços.

Costa; Rodrigues & Labaki (2005) pesquisaram a influência do asfalto e da grama nas variáveis ambientais e na sensação de conforto térmico de alunos da Universidade Estadual de Campinas. As autoras observaram que, na área asfaltada, a temperatura superficial e consequentemente a sensação de desconforto térmico, foram mais elevadas.

Yu & Hien (2006) mediram a temperatura do ar e a umidade relativa do ar em parques urbanos de Singapura. Como resultado, notaram que os impactos de resfriamento e de conforto térmico foram refletidos não apenas nos parques estudados e seus respectivos usuários, mas também, no ambiente construído e nos habitantes das proximidades.

Pareja Júnior *et al*. (2007) estudaram o conforto térmico pelo Voto Médio Predito (*Predict Mean Vote – PMV)* em quatro praças de Presidente Prudente - SP. As medições de temperatura do ar e de globo, velocidade dos ventos e umidade relativa do ar, foram realizadas em dez pontos de cada praça e

perceberam que a radiação solar, a vegetação, o tipo de revestimento e a presença de fluxo de automóveis são determinantes na análise do conforto.

Metje; Sterling & Baker (2008) mensuraram a complexa relação entre os parâmetros físicos e psicológicos, nos níveis de conforto térmico de pedestres da Universidade de Birmingham - Reino Unido. Os resultados apontaram que a temperatura do ar e a velocidade do vento possuíram uma clara influência no nível de conforto térmico, enquanto que a radiação solar e a umidade relativa do ar não desempenham uma relação tão forte.

Dacanal *et al*. (2009) caracterizaram o conforto térmico em duas praças públicas da cidade de Campinas - SP, com distintas configurações espaciais. Para cada praça, levantaram dados climáticos e respostas individuais, e calcularam a sensação térmica pelos índices PMV e PET. Como resultado, verificaram que as respostas reais diferiram das respostas calculadas pelos índices, e que fatores qualitativos influenciaram a percepção térmica do espaço de permanência.

Lin; Matzarakis & Hwang (2010) fizeram uma análise das condições térmicas de um campus universitário da região central de Taiwan e utilizaram o modelo RayMan para prever o conforto térmico a longo prazo, aplicando dados meteorológicos por um período de dez anos. Os autores notaram que os locais poucos sombreados eram desconfortáveis no verão e os altamente sombreados eram desconfortáveis no inverno.

Rossi; Krüger & Bröde (2011) obtiveram dados climáticos e pessoais de pedestres de ruas de Curitiba - PR, com o intuito de definir níveis de estresse térmico e calibrar as faixas do Índice Universal Térmico Climático. Os resultados revelaram que é possível definir os níveis de estresse térmico a partir das respostas reais de sensação dos pedestres, adaptando o índice utilizado para qualquer localidade.

Shashua; Tsiros & Hoffman (2012) analisaram através do design urbano adequado, como reduzir a temperatura do ar e melhorar as condições térmicas de pedestres em ruas de Atenas - Grécia. Para isso, preconizaram o aumento da área de cobertura do dossel, a redução de tráfego, a utilização de cores claras e o desenvolvimento de espaços abertos. Os autores repararam que efeito térmico da

cobertura do dossel é o fator dominante que afeta o conforto, pois o seu aumento de 8 % para 50 % gerou um decréscimo de 13,6 K da temperatura do ar.

Gómez *et al*. (2013) exploraram espaços urbanos de Valência - Espanha, avaliando o conforto térmico de seus habitantes e os efeitos que as lagoas e as ruas com árvores exercem nesse parâmetro. Os resultados destacaram que as lagoas atuaram como elementos de resfriamento, principalmente devido à evaporação. Já as ruas com árvores, agiram positivamente no conforto térmico do que aquelas que não possuíam essa barreira natural para a radiação solar. No entanto, em ruas estreitas, as árvores apresentaram um impedimento à passagem de ventos.

Villadiego & Dabat (2014) realizaram uma pesquisa de conforto térmico em clima tropical, com pedestres de cinco zonas diferentes de Barranquila - Colômbia. Os resultados mostraram alta tolerância à elevada temperatura do ar e umidade relativa do ar, incentivando os planejadores a incluir considerações sobre o clima no planejamento urbano, a fim de melhorar a qualidade do ambiente térmico.

Niemeyer (2015) investigou fatores ambientais que interferem na qualidade de fruição dos lugares públicos, tendo como estudo de caso duas praças localizadas no centro da cidade de Caraguatatuba - São Paulo. O estudo permitiu ressaltar que em regiões de clima quente e úmido, deve-se aproveitar ao máximo o efeito refrigerante da ventilação associada aos recursos do sombreamento natural e a redução da absorção e transmissão da radiação solar, mitigando assim ganhos de calor.

Qaid *et al*. (2016) avaliaram a ilha de calor urbana e o conforto térmico em diferentes áreas de uma cidade planejada de Malásia. Para isso, realizaram medições de temperatura do ar em estação fixa e determinaram a condição de conforto térmico pelo *software* Envi-met V4 e o índice PET. Os resultados indicaram que a ilha de calor urbana foi de intensidade moderada e o conforto térmico dos habitantes excede a faixa natural de 30 °C.

França (2017) aplicou o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Calor (IC) na área central da cidade de Sorriso - Mato Grosso, através do método de Transecto móvel. Os resultados apontaram que as condições

ambientais são preocupantes na cidade, especificamente com relação ao conforto térmico. Porque, durante a estação quente-seca, predominaram dias levemente desconfortáveis para o ITU e de cautela para o IC. Já na estação quente-úmida, predominaram dias levemente desconfortáveis para o ITU e dias confortáveis para o IC.

Li *et al*. (2018) efetuaram um estudo em que o conforto térmico ao ar livre de Hong Kong - China foi avaliado a partir de uma nova perspectiva, observando as percepções dos indivíduos sobre as condições de sol e de vento, usando o Índice Universal Térmico Climático. Os autores verificaram que os indivíduos foram mais tolerantes às condições de sol do que às de vento, caracterizando uma faixa aceitável entre 16,5 a 35,0 °C para o índice utilizado.

Justi *et al*. (2019) averiguaram as condições termo higrométricas de um parque, em comparação com uma área urbana, avaliando suas contribuições no conforto térmico dos cidadãos de Cuiabá - MT. Como resultado, verificaram que a temperatura do ar e a umidade relativa do ar aferidas no parque reduziu até 5,2 ºC e aumentou até 10 % respectivamente, propiciando melhores zonas de conforto aos cidadãos, quando comparadas à área urbana.

Ribeiro *et al*. (2020), analisaram o conforto térmico em cenários com sombreamento arbóreo, sombreamento artificial e totalmente exposto ao sol, também na cidade de Cuiabá - MT. O cenário com sombreamento arbóreo foi o que obteve melhores valores de conforto térmico tanto no período quente-seco, quanto no período quente-úmido. Assim, os autores ressaltaram a importância da arborização em meio urbano para melhorar termicamente o ambiente, a sensação térmica dos indivíduos e o microclima como um todo, essencialmente em cidades que possuem um rigor climático.

Nessa perspectiva, os trabalhos expostos compreendem uma pequena fração da grandiosa literatura nacional e internacional que reporta sobre a temática de microclima e conforto térmico em espaços abertos. Contudo, pela primeira vez, foi realizada uma avaliação microclimática e de conforto térmico em dois importantes parques urbanos com corpos hídricos na cidade de Cuiabá – MT, o que torna a presente pesquisa inovadora.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, está situada na Região Centro-Oeste do Brasil e no Centro Geodésico da América do Sul, a 15°35’46” de latitude Sul e 56°05’48” de longitude Oeste, com altitude média aproximada de 200 m acima do nível do mar (Figura 12).

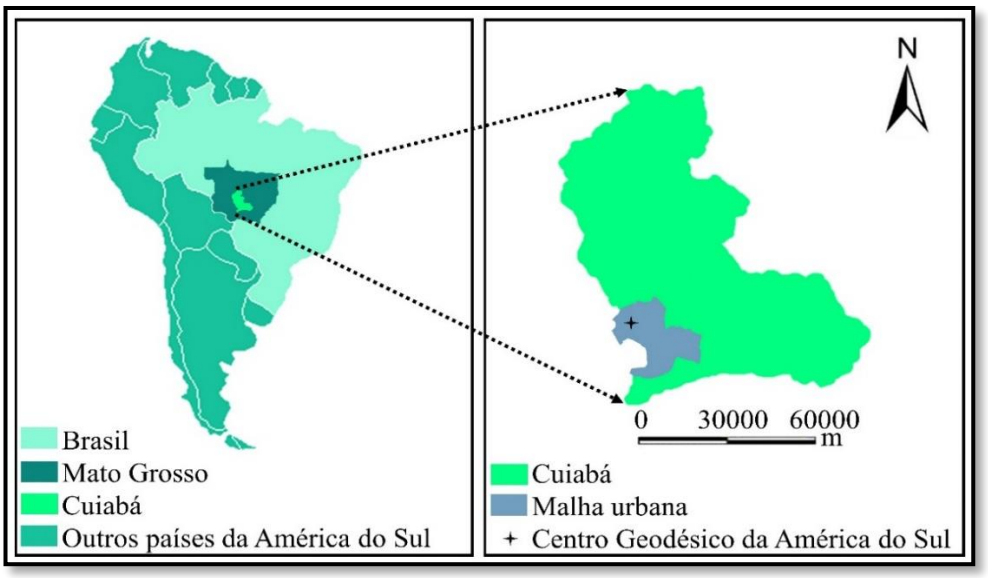


FIGURA 12 - Localização de Cuiabá em relação à América do sul, ao Brasil e ao estado de Mato Grosso e sua respectiva malha urbana

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o perfil climático da cidade em questão, é tropical continental semiúmido do tipo Aw, com dois períodos bem definidos, caracterizados por chuvas na primavera-verão e por estiagem no outono-inverno.

Logo, a temperatura média máxima anual do ar em Cuiabá varia de 31 a 34 °C e a média mínima anual, varia entre 18 a 21 °C. Ao mesmo tempo que, a umidade relativa do ar tem a média anual de 70 % no período chuvoso, alcançando valores de 12 % no período de estiagem (INPE, 2020).

A direção dos ventos foi por muito tempo predominantemente norte e noroeste na maior parte do ano e sul na estação de inverno. Contudo, devido à própria urbanização, fatores como a rugosidade superficial vem alterando esse

padrão (CHEGURY, 2019; RIBEIRO, 2019). Mesmo assim, pelas suas particulares características geomorfológicas, Cuiabá possui baixa frequência e baixa velocidade dos ventos quando comparada à outras cidades (ROCHA, 2018).

Em relação a precipitação pluviométrica, o total anual aproxima-se aos 1.350 mm, com concentração nos meses de setembro a maio, porém maior intensidade no mês de janeiro, com aproximadamente 215 mm (INPE, 2020).

Ademais, o território de Cuiabá tem uma extensão de 3.266,538 km^2, sendo que deste total, cerca de 92,2 % é referente a área rural e 7,8 % a área urbana, que se divide nas regiões administrativas Norte, Sul, Leste e Oeste (CUIABÁ, 2010; IBGE, 2018).

3.1.1 PARQUES URBANOS AVALIADOS

Os parques selecionados para a avaliação foram o das Águas (PA) e o Tia Nair (PTN) (informação verbal)[1]. O PA situa-se na região Norte de Cuiabá, com altitude de 242 m, a 15º34’15” de latitude Sul e 56º4’55” de longitude Oeste.

A criação do PA teve como finalidade a proteção ambiental de uma Área Verde de 215.987 m^2, que contêm espécies nativas do cerrado. Por esse motivo, o PA fica ao lado da mesma e possui ao total 249.050 m^2 de extensão.

Desse total, parte da vegetação foi mantida e outra foi introduzida, como o caso da vegetação rasteira e da espécie *Archontophoenix cunninghamiana*, popularmente conhecida por Palmeira real. Do restante, 12.946 m^2 pertence aos estacionamentos, 3.867 m^2 à área de alimentação, 1.450 m à pista de caminhada e 2.345 m à ciclovia.

Além disso, o seu corpo hídrico é um lago de formato irregular, com superfície de 80.000 m², profundidade de 0,4 m nas bordas e de 2,5 m na região central, com temperatura da água que varia de 16 a 27 °C nos períodos quente-seco e quente-úmido respectivamente.

O PTN por sua vez, localiza-se na região Leste de Cuiabá, com 182 m de altitude, a 15°35’40” de latitude Sul e 56º3’40” de longitude oeste e apresenta a

[1]- Todas as informações referentes ao PA e PTN, foram repassadas verbalmente em uma reunião com o senhor Márcio Alves Puga, Superintendente do Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano (IPDU) do Município de Cuiabá, no dia 03 de março de 2020.

mesma finalidade e atributos paisagísticos do PA. No entanto, a Área Verde dispõe de 85.000 m^2 e além das espécies já mencionadas, também foi introduzida a *Mangifera indica*, popularmente conhecida por Mangueira.

Sendo assim, o PTN detém em sua totalidade 200.000 m^2 de extensão, cujo restante pertence aos estacionamentos de 10.400 m^2, à área de alimentação de 2.435 m^2, à pista de caminhada de 920 m e à ciclovia de 1.110 m.

No mais, o lago apresenta formato irregular, com superfície de 41.690 m^2, profundidade de 0,6 m nas suas bordas e de 2 m na região central, com temperatura da água que varia de 14 a 29 °C nos períodos quente-seco e quente-úmido respectivamente (Figura 13).

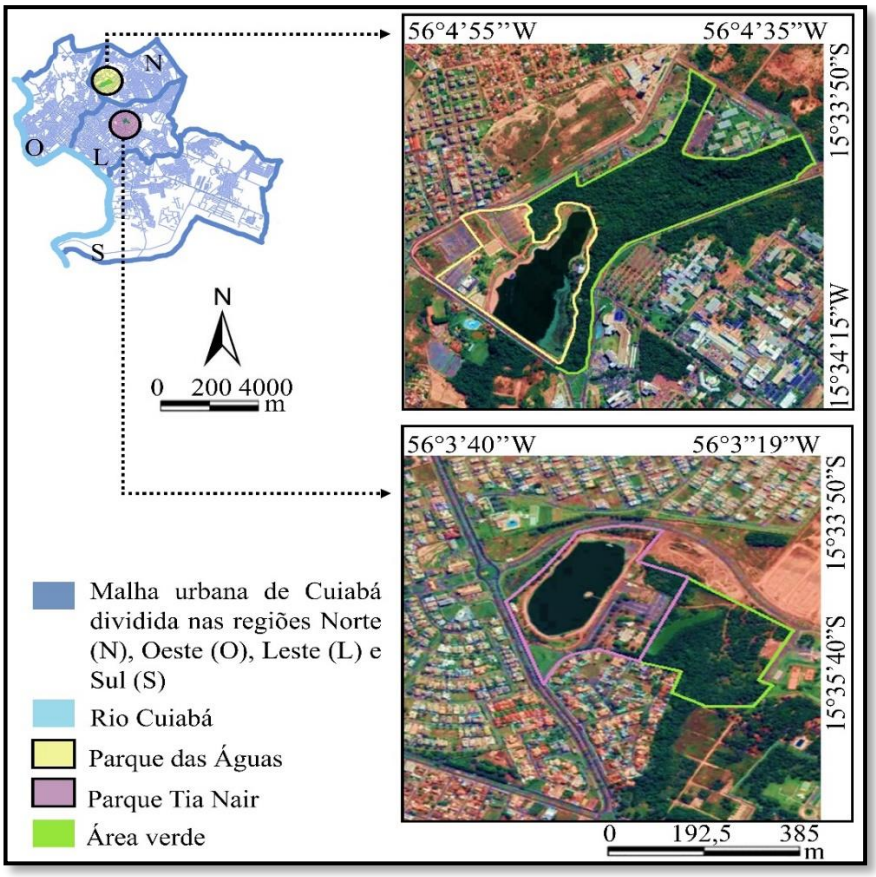


FIGURA 13 - Localização do Parque das Águas e do Parque Tia Nair
FONTE: Adaptada de Google Earth, 2019

As características do entorno de cada parque são distintas. O PA fica inserido no bairro Centro Político Administrativo (CPA), estruturado para abrigar os poderes judiciário, legislativo e executivo. Consequentemente, a maior parte

de suas construções é representada por edificações acima de três andares, cujas finalidades são institucionais, comerciais e residenciais.

Por essas razões, é considerado um bairro com médio potencial de expansão e a sua densidade demográfica é classificada como médio-alta, com cerca de 29 a 57 habitantes por hectare (CUIABÁ, 2013).

Ademais, conforme a lei complementar de Uso, Ocupação e Urbanização do Solo do município de Cuiabá, N° 389 de novembro de 2015, o bairro CPA possui Zona Urbana de Uso Múltiplo (ZM), Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), Zona de Expansão Urbana (ZEX), Zona de Corredores de Tráfego 1, 2 e 3 (ZCTR) e Zona de Interesse Ambiental 1, 2 e 3 (ZIA) (CUIABÁ, 2013; CUIABÁ, 2015).

Em relação ao PTN, o mesmo fica inserido no bairro Jardim Itália, qualificado pela presença de poucos comércios e a predominância de condomínios residenciais de alto padrão. Sua densidade demográfica também é classificada como médio-alta, porém com pequeno potencial de expansão (CUIABÁ, 2011).

Dessa forma, a maior parte de suas construções é composta por edificações abaixo de três andares e suas zonas de ocupação enquadram-se em Zona Predominantemente Residencial (ZPR), ZM, ZEX, ZCTR 1, 2 e 3 e ZIA 1, 2 e 3 (CUIABÁ, 2013; CUIABÁ, 2015).

Por fim, ambos os parques são utilizados em horário integral como opção de turismo, lazer e para a prática de atividades físicas, por pessoas que habitam ou não a cidade. Além disso, a literatura ainda não tem trabalhos que avaliam as questões microclimáticas e de conforto térmico em parques com corpos hídricos semelhantes, justificativas pelas quais motivaram a escolha dos mesmos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA POR TRANSECTOS MÓVEIS

A caracterização do microclima por Transectos móveis foi feita caminhando, de acordo com a padronização do horário estabelecida pelo INMET, no intervalo matutino com início às 8h00 e término às 8h58 (12h00 - 12h58 UTC)

e no intervalo vespertino com início às 14h00 e término às 14h58 (18h00 - 18h58 UTC), em dias com condições atmosféricas favoráveis (OKE, 1982).

Os meses amostrados foram novembro de 2017 a outubro de 2018, contemplando os períodos quente-úmido e quente-seco. Todavia, por se tratar de um estudo que depende das condições ambientais externas, analisou-se apenas três dias de cada mês, totalizando trinta e seis medições em cada intervalo e parque.

É válido destacar que, devido a limitação de equipamentos e a dificuldade de monitorar dois lugares ao mesmo tempo, os dias de monitoramento foram diferentes. Porém, como a presente pesquisa não tem como objetivo a comparação de resultados entre os parques, essa metodologia não interferiu negativamente na qualidade da mesma.

Para melhor compreensão, a Tabela 03 evidencia os dias de medições tanto para o PA quanto para o PTN.

TABELA 03 - Dias de medições em relação aos intervalos, meses, estações e períodos do ano

Intervalos	**Dias**		**Meses**	**Estações**	**Períodos**
	PA	**PTN**			
Matutino e vespertino	16-17-21	22-23-24	Nov.	Primavera	Quente-úmido
	13-14-15	18-19-20	Dez.	Primavera	Quente-úmido
	23-24-26	29-30-31	Jan.	Verão	Quente-úmido
	20-22-27	21-23-28	Fev.	Verão	Quente-úmido
	21-26-27	22-28-29	Mar.	Outono	Quente-seco
	02-03-04	26-27-30	Abr.	Outono	Quente-seco
	08-09-10	14-15-16	Mai.	Outono	Quente-seco
	20-21-22	26-28-29	Jun.	Inverno	Quente-seco
	16-17-18	19-20-23	Jul.	Inverno	Quente-seco
	14-15-16	17-20-21	Ago.	Inverno	Quente-seco
	21-24-25	26-27-28	Set.	Primavera	Quente-úmido
	18-20-21	22-23-26	Out.	Primavera	Quente-úmido

Nesse contexto, os Transectos móveis foram divididos previamente em dez pontos, correspondentes à representatividade dos parques e que favoreciam a execução dos trajetos, caminhando em um prazo máximo de 58min.

Assim, tendo em vista a preocupação com a definição do conforto térmico dos usuários dos parques, os Transectos móveis respeitaram o mesmo sentido das pistas de caminhada e a proximidade com o lago. Consequentemente, no PA o sentido foi horário (Figura 14).

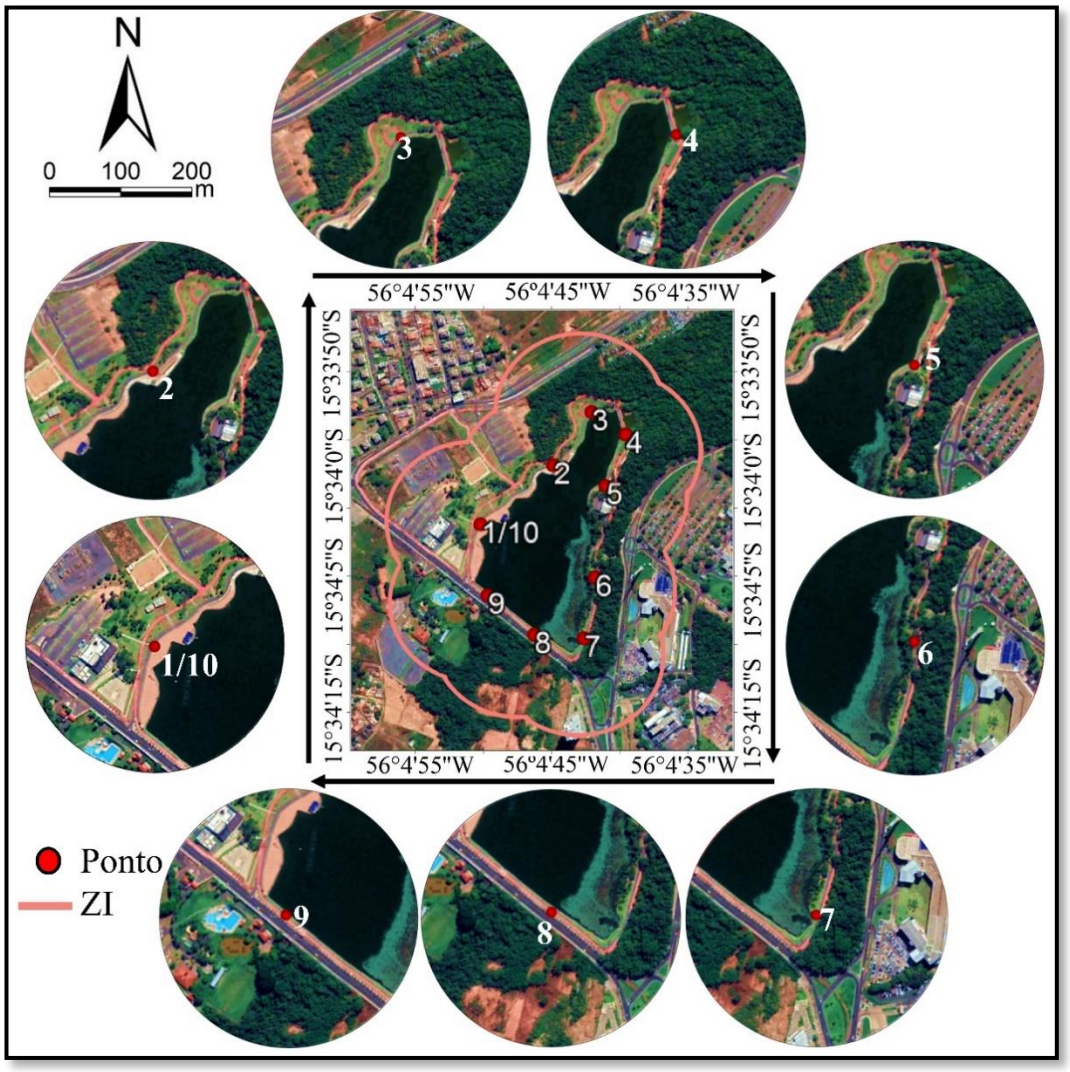


FIGURA 14 - Transecto móvel realizado no PA, no sentido horário e seus respectivos dez pontos de coleta de dados, com o raio de 200 m, formando a zona de influência (ZI)
FONTE: Adaptada de Google Earth, 2019

Para melhor compreensão, a Tabela 04 exibe com mais detalhes, a caracterização de cada ponto do Transecto móvel, realizado no PA.

TABELA 04 - Caracterização dos pontos do Transecto móvel realizado no PA, em relação à sua localização, trajeto, distância e descrição física

Ponto	Latitude	Longitude	Trajeto	Distância	Descrição
1/10	15°34'0.92"S	56°4'50.43"W	P1 - P2	218 m	Em frente a placa que informa sobre o Show das águas. Não possui sombreamento natural e nem artificial, estando do mesmo lado do lago.
2	15°33'56.69"S	56°4'45.06"W	P2 - P3	146 m	Em frente a placa que informa sobre o Túnel de água, possui sombreamento de uma única espécie do cerrado e fica do lado oposto do lago.
3	15°33'52.91"S	56°4'42.23"W	P3 - P4	114 m	Em frente a placa de *Wifi*, na primeira conversão a direita, não possui nenhum tipo de sombreamento e fica do mesmo lado do lago.
4	15°33'54.51"S	56°4'39.71"W	P4 - P5	122 m	Em frente a placa da academia ao ar livre. Não possui nenhum tipo de sombreamento, fica do lado oposto do lago, no meio da ciclovia e da pista de caminhada.
5	15°33'58.17"S	56°4'41.18"W	P5 - P6	240 m	Próximo da área de alimentação, em frente a fonte de água, que tem funcionamento apenas noturno. Não possui nenhum tipo de sombreamento e fica do mesmo lado do lago.
6	15°34'4.72"S	56°4'41.97"W	P6 - P7	140 m	Fica do mesmo lado do lago e é o ponto com maior sombreamento natural, pois as espécies nativas do cerrado estão dispostas em conjunto.
7	15°34'9.06"S	56°4'42.79"W	P7 - P8	155 m	Também fica do mesmo lado do lago, próximo da avenida, entretanto não recebe nenhuma contribuição de sombreamento natural ou artificial.
8	15°34'8.80"S	56°4'46.47"W	P8 - P9	135 m	Em frente a placa de *Wifi*, embaixo do sombreamento de uma Palmeira Real e do lado oposto do lago. É o ponto mais próximo da avenida, com elevada circulação de veículos.
9	15°34'6.00" S	56°4'49.92"W	P9 -P10	180 m	Em frente a um conjunto de lixeiras, não possui nenhum tipo de sombreamento, fica do mesmo lado do lago e próximo da avenida.

Já no PTN, o sentido do Transecto móvel foi anti-horário, conforme a Figura 15 apresenta.

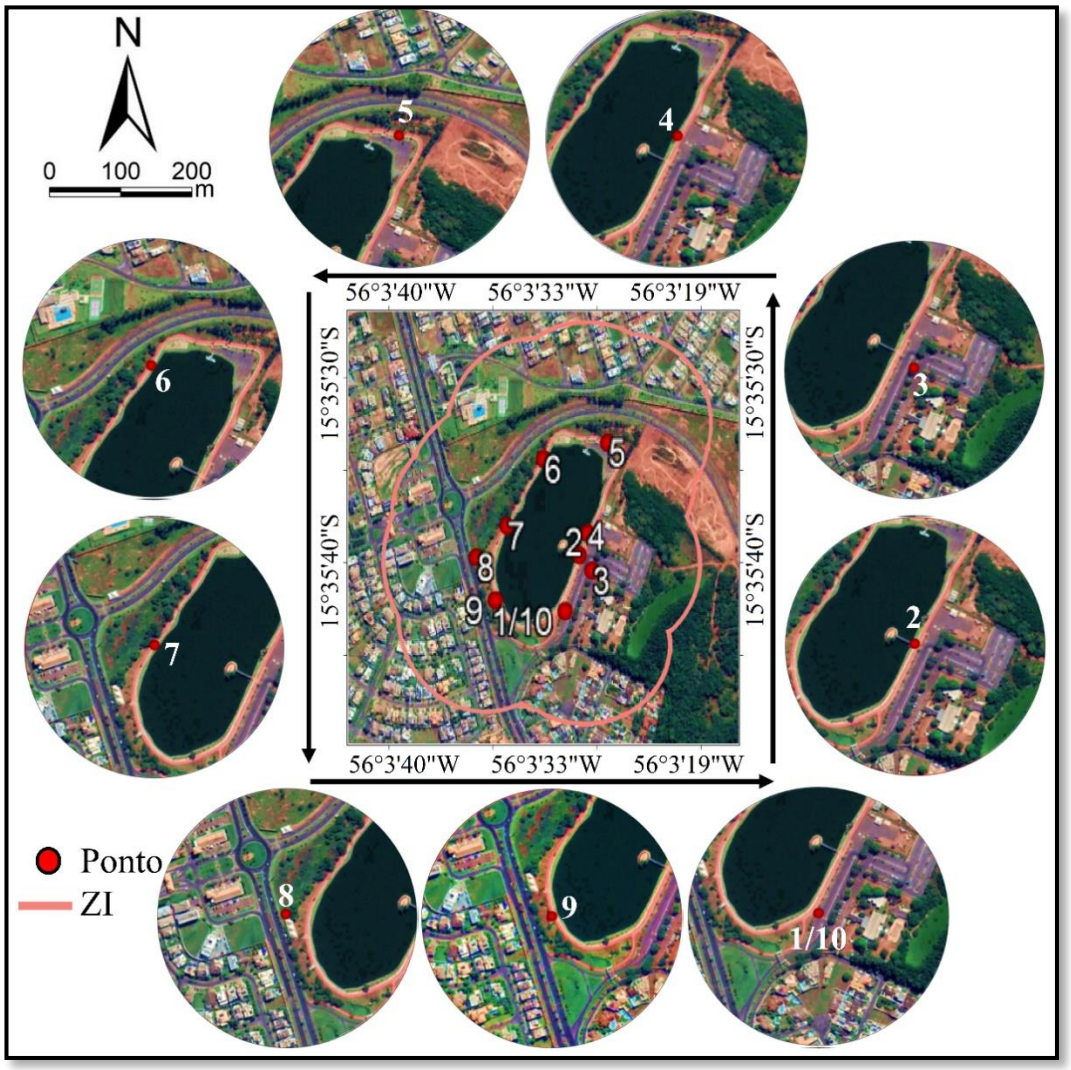
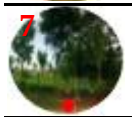


FIGURA 15 - Transecto móvel realizado no PTN, no sentido anti-horário e seus respectivos dez pontos de coleta de dados, com o raio de 200 m, formando a zona de influência (ZI)
FONTE: Adaptada de Google Earth, 2019

Semelhantemente a caracterização anterior, a Tabela 05 evidencia com mais detalhes, os principais aspectos de cada ponto do Transecto móvel, realizado no PTN.

TABELA 05 -Caracterização dos pontos do Transecto móvel realizado no PTN, em relação à sua localização, trajeto, distância e descrição física

Ponto	Latitude	Longitude	Trajeto	Distância	Descrição
1/10	15°35'42.55"S	56°03'27.63"W	P1 - P2	110 m	Fica no início do estacionamento, na quarta vaga de idosos. Não possui sombreamento natural e nem artificial, estando do mesmo lado do lago.
2	15°35'39.46"S	56°03'26.61"W	P2 - P3	50 m	Em frente e à esquerda da entrada da ilha. Não possui sombreamento natural e nem artificial, estando do mesmo lado do lago.
3	15°35'40.32"S	56°03'25.73"W	P3 - P4	53 m	Localiza-se ao final da segunda sequência de estacionamentos, embaixo da sombra de uma Mangueira e do lado oposto do lago.
4	15°35'38.28"S	56°03'26.05"W	P4 - P5	150 m	Em frente a fonte de água, que tem funcionamento apenas noturno. Não possui sombreamento natural e nem artificial, estando do mesmo lado do lago.
5	15°35'33.28"S	56°03'24.63"W	P5 - P6	120 m	Em frente a uma área asfaltada e gramada. Não possui sombreamento natural e nem artificial, estando do mesmo lado do lago.
6	15°35'34.18"S	56°03'29.14"W	P6 - P7	125 m	Situa-se próximo à academia ao ar livre, embaixo da sombra de uma espécie nativa do cerrado e fica do lado oposto do lago.
 7	15°35'37".86S	56°03'31.73"W	P7 - P8	84 m	Fica do lado oposto do lago e é o ponto com maior sombreamento natural, pois as espécies nativas do cerrado estão dispostas em conjunto.
8	15°35'39.59"S	56°03'31.73"W	P8 - P9	88 m	Fica do lado do *playground*, oposto ao lago e é o ponto mais perto da avenida. Não possui nenhum tipo de sombreamento natural e nem artificial.
9	15°35'39.59"S	56°03'33.87"W	P9 -P10	140 m	É o ponto com maior sombreamento artificial, pois fica embaixo da plataforma de chegada da tirolesa, estando próximo da avenida e do lado oposto do lago.

Nessas circunstâncias, percorreu-se a distância entre um ponto e o outro em ambos os parques, em aproximadamente 1min30s, com parada de 5min em cada ponto. Os dados coletados nos três primeiros minutos de cada parada foram descartados, pois foi o tempo necessário para a estabilização do equipamento.

Logo, a temperatura do ar (T_a), a temperatura do termômetro de globo (T_g) bem como a umidade relativa do ar (UR), foram registradas por meio de um sensor termo-higrômetro do tipo *data logger*, modelo HOBO - Onset, calibrado de fábrica e protegido por um abrigo alternativo de Policloreto de Vinila (PVC) (Figura 16).

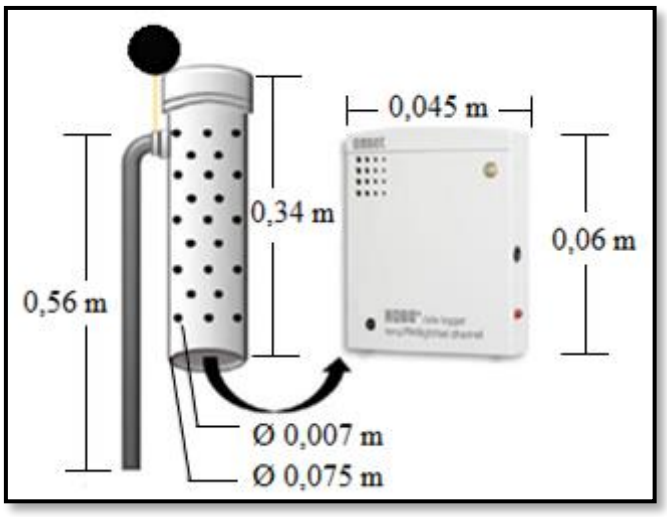


FIGURA 16 - Esquema representativo do abrigo alternativo de PVC e do sensor termo-higrômetro, com suas respectivas medidas
FONTE: Justi *et al*. 2019

É importante mencionar que, embora seja um abrigo fora dos padrões normativos, o mesmo foi desenvolvido por estudiosos do clima e mostrou-se apropriado para a coleta de dados em pesquisas que utilizaram a metodologia de Transecto móvel (VALIN JÚNIOR *et al*., 2016; PAULA *et al*., 2016 PAULA, 2017; MIRANDA, 2018).

A descrição técnica do sensor utilizado pode ser vista na Tabela 06.

TABELA 06 - Descrição técnica do sensor utilizado

Variável	Precisão	Resolução	Faixa de medição
T_a e T_g	± 0,35 °C	0,03 °C	-20 a 70 °C
UR	± 2,5 %	0,05 %	5 a 95 %

Sendo assim, a frequência de amostragem foi de 10 segundos e posicionou-se o abrigo a 2 m acima da superfície do solo, conforme recomendado pela norma ISO 7726 (ISO, 1998).

Para a aferição das variáveis velocidade do vento (v) e temperatura superficial (T_s), utilizou-se um termo-higroanemômetro digital, modelo THAR-185 - Instrutherm e um termômetro de laser infravermelho, modelo MT-350 - Minipa respectivamente, também já calibrados de fábrica (Figura 17a) e b)).

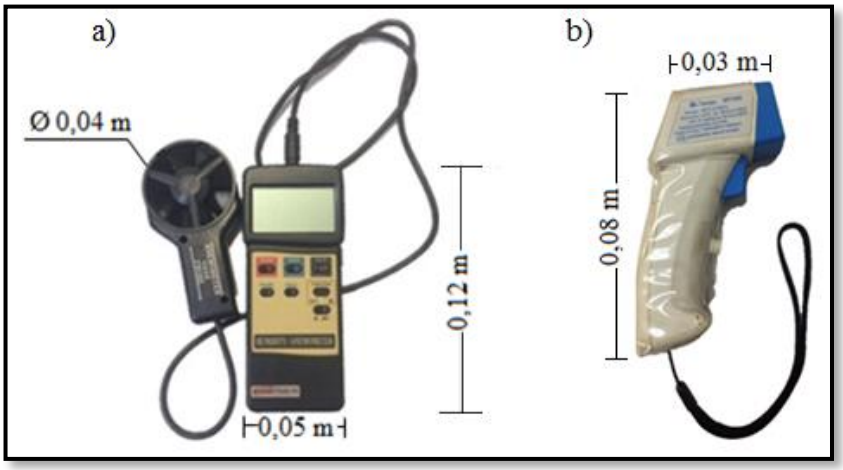


FIGURA 17 - a) Termo-higroanemômetro e b) termômetro e suas respectivas medidas

As características técnicas do termo-higroanemômetro contam com precisão de ± 2 % + 1 dígito, faixa de medição de 0,4 a 25,0 m s^{-1}, resolução de 0,1 m s^{-1} e os dados foram transcritos manualmente, com o equipamento posicionado a 1,5 m acima da superfície do solo.

Já o termômetro, possui uma precisão de -30 a 100 ºC ± 2 °C, resolução de 0,5 °C e faixa de medição de -30 a 550 °C. Nessa perspectiva, em cada ponto, fixou-se o mesmo em uma distância de 1 m das superfícies avaliadas (asfalto (T_sA), concreto (T_sC), grama (T_sG) e solo exposto (T_sS)) e os dados também foram coletados e transcritos manualmente.

No mais, o preenchimento de até 5 % de falhas, baseou-se no método proposto por Ventura *et al*. (2013). Em sequência, foi realizada a estatística descritiva e, para verificar os pressupostos de homogeneidade, variância e aderência à normalidade, aplicou-se o teste estatístico Kolmogorov-Smirnov, com

nível de significância de 5 %, utilizando o *software* IBM SPSS 16.0, licenciado pela Universidade de Cuiabá (UNIC).

Ao averiguar que os dados não possuíam distribuição normal, usufruiu-se do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, com a finalidade de estabelecer as diferenças estatísticas significativas entre as variáveis aferidas e os fatores temporais e espaciais (MARÔCO, 2018). E, a partir dos resultados obtidos, realizou-se a técnica de agrupamento, identificando os grupos homogêneos existentes.

Essa técnica permite a classificação de amostras, de acordo com o grau de semelhança e dissemelhança (BEM *et al*., 2015). Para tal, foi empregada a distância euclidiana quadrática, com padronização das variáveis T_a, UR, v e T_s (score z), nos períodos quente-úmido e quente-seco. Por fim, utilizou-se também o teste U de Mann-Whitney, para verificar as diferenças estatísticas significativas entre os grupos identificados.

3.3 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO METEOROLÓGICA FIXA

Para a análise em questão, utilizou-se os dados das variáveis T_a, UR, v, precipitação (P) e direção dos ventos (D_v), coletados pela estação meteorológica do INMET, durante novembro de 2017 a outubro de 2018 (Figura 18).

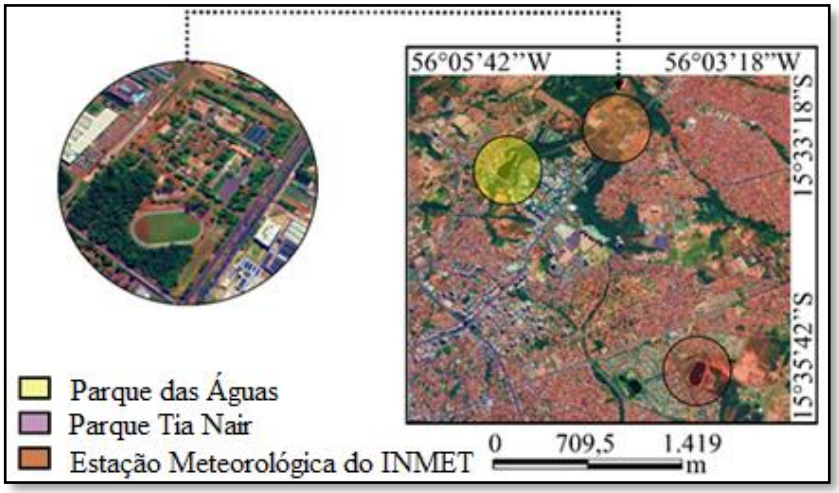


FIGURA 18 - Localização da Estação Meteorológica do INMET em relação ao PA e PTN
FONTE: Adaptada de Google Earth, 2019

Trata-se de uma estação fixa, automática e oficial, instalada no interior da Décima Terceira Brigada de Infantaria Motorizada, localizada na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, com latitude de 15°33’38”S, longitude de 56º03’51”S e altitude de 242 metros.

De acordo com o INMET, suas estações são instaladas em uma base física, situadas em uma área mínima de 14 m por 18 m, revestida de gramínea e cercada por tela metálica. Os sensores são fixados em um mastro de metal, aterrado eletricamente com malha de cobre e possui 10 m de altura. Excetuam-se dessa condição o pluviômetro, o radiômetro e a antena para comunicação, que ficam fora do mastro, porém dentro do cercado (INMET, 2011).

A descrição técnica de cada sensor de interesse é exibida na Tabela 07 (informação verbal)[2].

TABELA 07 - Descrição técnica dos sensores da estação meteorológica fixa do INMET

Variável	Sensor	Precisão	Resolução	Faixa de Medição
T_a	QMT 102	0,08 a 0 °C	0,385 ohm°C^{-1}	-50 a 60 °C
UR	HMP155	1 %	0,5 %	0 a 100 %
v	WAA151	± 0,17 m s^{-1}	< 5,0 m s^{-1}	0,4 a 75 m s^{-1}
D_v	WAV151	± 3°	5,6°	0 a 360°
P	TB3	0 a 250 mm h^{-1} + 2 %	0,254 mm	0 a 700 mm h^{-1}

Com isso, as informações são coletadas de minuto a minuto, sendo a cada hora integralizadas e enviadas à sede do INMET em Brasília. Em seguida, o conjunto de informações recebidas é validado através de um controle de qualidade, armazenado em banco de dados e disponibilizado a todos usuários, de forma aberta e gratuita (INMET, 2011).

Nesse contexto, os dados horários obtidos em UTC foram somados e uma média diária foi definida, para que todo o período da presente pesquisa pudesse ser analisado. Em sequência e semelhantemente ao que foi descrito no tópico 3.2, os mesmos foram testados tanto em relação aos pressupostos, quanto em relação

[2]- Todas as informações referentes a descrição técnica, foram repassadas verbalmente por comunicação telefônica (61) 2102-4643, com o senhor Jorge Emílio Rodrigues, Chefe de Seção do INMET, no dia 19 de março de 2020.

às diferenças significativas, pelos testes Kolmogorov-Smirnov e Kruskal-Wallis respectivamente.

Além disso, esses dados foram considerados como referência e para critério de validação, foram comparados com os valores médios dos dados coletados pelos Transectos móveis, utilizando o teste de qui-quadrado (χ^2).

O qui-quadrado permite verificar se a frequência das variáveis independentes mensuradas, desviam-se ou não da frequência das variáveis independentes referenciais (CORREA, QUEIROZ & TREVISAN, 2020).

Portanto, com base nos graus de liberdade (GL) da análise, é estabelecido um valor de prova (p-valor), que permite concluir se existe diferença estatística significativa, quando o mesmo é menor que 0,05 e se não existe diferença estatística significativa, quando o mesmo é maior que 0,05.

3.4 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA

A avaliação morfológica de cada parque, contou com a definição dos parâmetros de Fator de Visão do Céu (FVC) e classificação de cobertura do solo. O FVC, foi determinado por meio de levantamento fotográfico em campo, com a obtenção de imagens hemisféricas, registradas pela câmera Coolpix-4300 - Nikon e uma lente Nikon 8 mm FC-E8, 0.21x (Figura 19).

FIGURA 19 - Posicionamento da câmera e da lente, com suas respectivas medidas

Sendo assim, nos dez pontos de ambos os parques, posicionou-se a câmera em um tripé, a uma altura de 1,10 m da superfície do solo, conforme é estabelecido pela norma ISO 7726 (ISO, 1998) e complementado por outros estudos (MINELLA *et al.*, 2009 e MIRANDA *et al.*, 2018).

Posteriormente, as imagens obtidas foram tratadas e ajustadas no *software* Inkscape. Após, foram inseridas no *software* RayMan Pro 3.1 Beta, que por meio da ferramenta *Input - sky view factor*, calculou o FVC, assumindo valores de 0 (totalmente obstruído) a 1 (totalmente desobstruído).

Já a classificação de cobertura de solo, foi realizada a partir de imagens de satélite com alta resolução, disponibilizadas pelo *software* Google Eatth, estipulando um raio de influência de 200 m no entorno de cada ponto e usufruindo-se do *software* ArcGIS 10.5, licenciado pelo Instituto Federal de Goiás (IFG).

Logo, através de uma categorização supervisionada e pelo método da máxima verossimilhança, foram classificadas as coberturas com água, asfalto, concreto, edificação, solo exposto, vegetação rasteira, vegetação remanescente e seus respectivos percentuais.

Para finalizar, as correlações entre os aspectos morfológicos de cada parque e o microclima, foram analisados através do coeficiente de Pearson (r), tanto para o período quente-úmido, quanto para o período quente-seco, também manuseando o *software* IBM SPSS 16.0.

3.5 ESTIMAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

A estimação do conforto térmico dos usuários dos parques, também foi feita com a utilização do *software* RayMan Pro 3.1 Beta, pois o mesmo modela as interações microclimáticas no corpo humano, de forma confiável e reconhecida nacionalmente e internacionalmente (MATZARAKIS *et al.*, 2010).

Isto posto, os dados de entrada foram divididos em descritivo, coletado, calculado e hipotetizado, conforme a Figura 20.

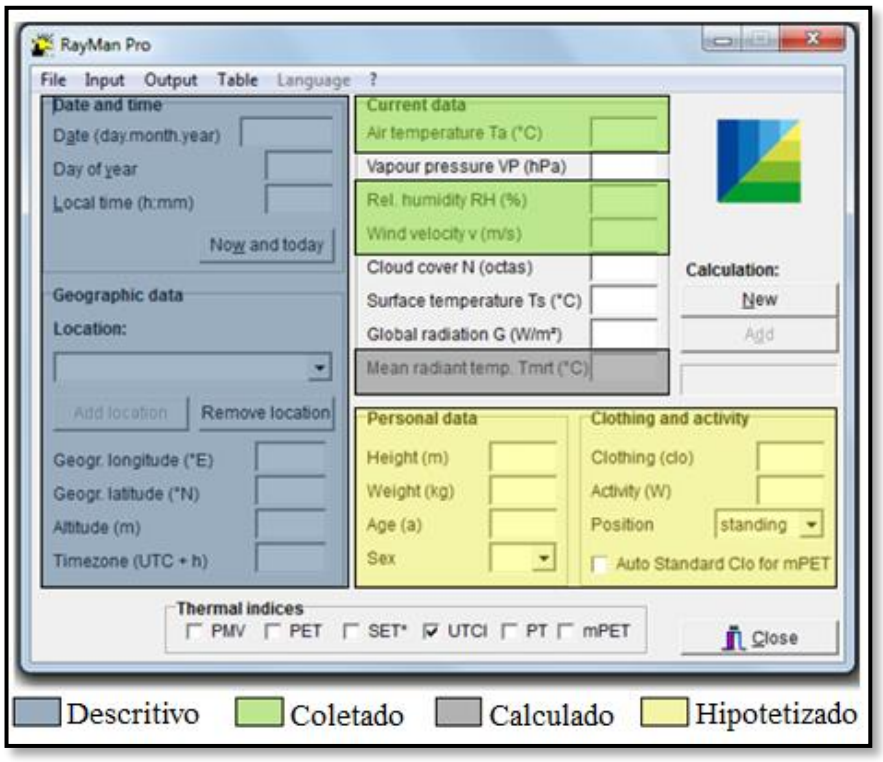


FIGURA 20 - Janela de entrada do *software* RayMan, com a marcação dos tipos de dados

O grupo descritivo, contou com dados de data (dia/mês/ano - dos Transectos móveis), dia juliano, horário local (em cada ponto), localização (sempre Cuiabá- *Brazil*), longitude leste e latitude norte (de cada ponto), altitude (de cada parque), e fuso horário (sempre -4).

O grupo coletado, foi representado pelas variáveis microclimáticas, coletadas durante as realizações dos Transectos móveis em ambos parques. Foram elas, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

A temperatura radiante média foi a única variável calculada pela Equação 5 e, por essa razão, caracterizou isoladamente o grupo denominado de calculado. Já o grupo hipotetizado, computou dados a partir de observações, visto que a quantidade de questionários aplicados, foi insuficiente para representar o presente estudo. Na grande maioria das vezes, os usuários dos parques não queriam interromper suas atividades.

Por esse motivo, definiu-se para vestimenta (sempre 0,5), para atividade (sempre 116) e para posição (sempre em pé). Em relação as informações pessoais, foram adotados os critérios estabelecidos por Nince (2013), com altura (sempre

1,70 para homem e 1,60 para mulher), peso (sempre 70 para homem e 60 para mulher), idade (sempre 30 para ambos) e sexo (masculino ou feminino).

Nessas circunstâncias, após preencher o *software* com todas as informações já mencionadas, escolheu-se o UTCI, para estimar o conforto térmico, com níveis que variam de extremo estresse para o calor ao extremo estresse para o frio.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA POR TRANSECTOS MÓVEIS

Os resultados da caracterização das variáveis T_a, UR e v feita por Transecto móvel no PA, podem ser observados na Figura 21 - a), b), c) d), e) e f).

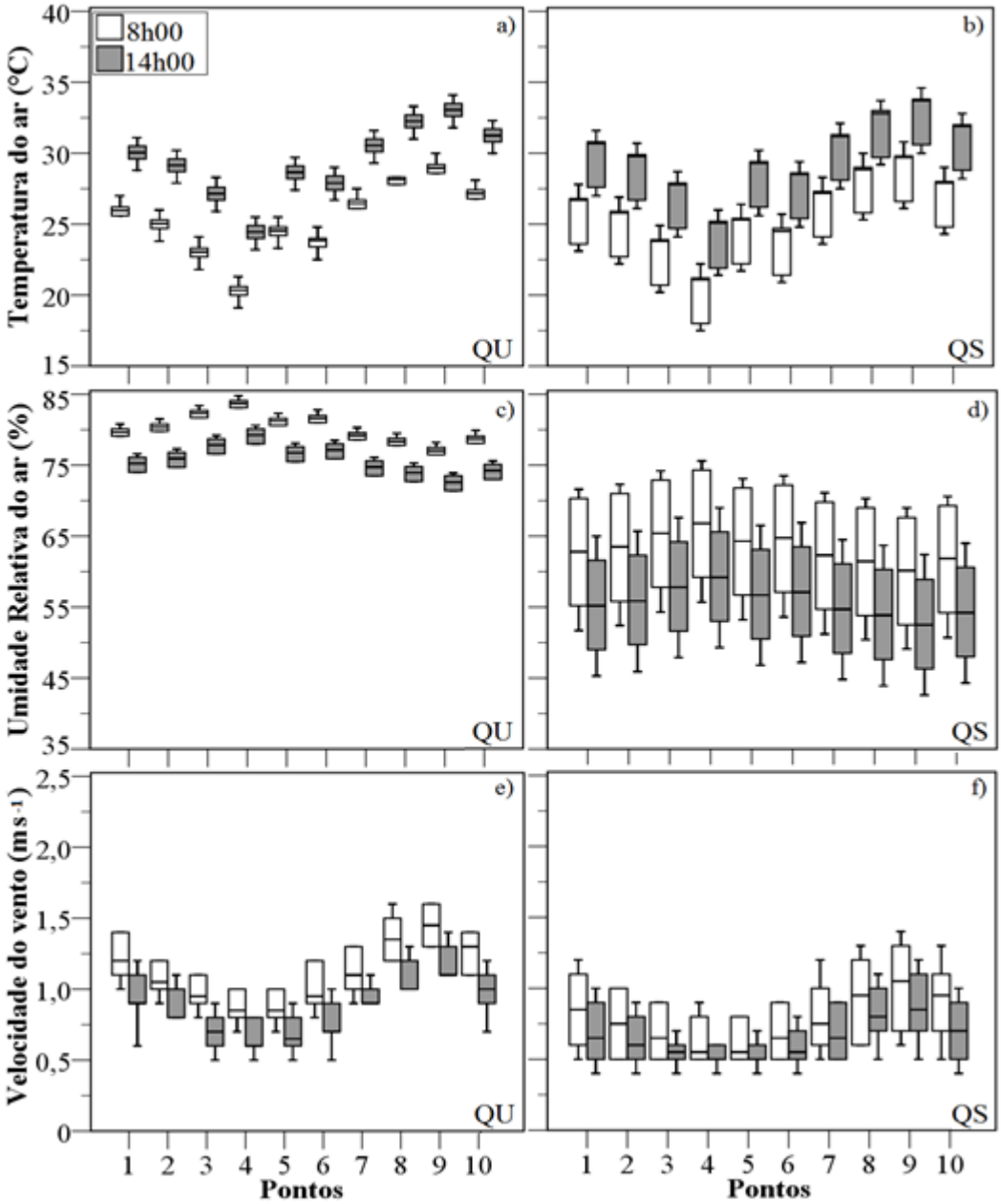


FIGURA 21 - a) e b) T_a no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, c) e d) UR no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, e) e f) *v* no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, para os dez pontos aferidos no PA

De modo geral e diante da não normalidade dos dados, nota-se que somente a variável T_a, não diferenciou significativamente em relação à sazonalidade, ou seja, tanto no período quente-úmido (QU), quanto no período quente-seco (QS), se comportou de maneira semelhante.

Apesar disso, é possível verificar que no período QU, a amplitude de 15,0 °C é menor que a amplitude de 17,1 °C do período QS. Fato que pode ser justificado pela capacidade de regulação térmica da água (CALLEJAS, 2012; SANTOS, 2012; SOUZA, 2016; RIBEIRO, 2019).

Diferentemente, para os fatores horários (8h00 e 14h00) e pontos (1 ao 10), todas as variáveis apresentaram diferenças estatísticas significativas, conforme também pode ser comprovado na Tabela 08.

TABELA 08 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis T_a, UR e v, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PA

Testes	**Fatores**	**Sig. T_a**	**Sig. UR**	**Sig. v**
Kolmogorov-Smirnov	Pontos	0,000	0,000	0,000
Kruskal-Wallis	Períodos	**0,284**	0,001	0,001
	Horários	0,001	0,001	0,001
	Pontos	0,001	0,019	0,001

Dessa forma, no período QU o ponto 9 registrou o maior valor de T_a, com 34,1 °C no horário das 14h00 e o menor valor no ponto 4, com 19,1 °C no horário das 8h00. Em contrapartida, no período QS, o maior valor foi de 34,6 °C e o menor de 17,5 °C para os mesmos pontos e horários sequencialmente.

Os maiores valores registrados no horário das 14h00, podem ser associados ao balanço de energia do ambiente urbano e ao comportamento da T_a em relação à variação da radiação solar diária (PETERSEN, SACK & GLABER, 2014; JAMIL & BELLOS, 2019).

No mais, verifica-se que à medida que se adentra no parque, a T_a, vai diminuindo e à medida que se afasta do interior do mesmo, a T_a vai aumentando, evidenciando os benefícios de suas infraestruturas, como por exemplo o lago e a vegetação.

A UR é inversamente proporcional a T_a. Então, ao passo que se adentra no parque, ela vai aumentado e ao passo que se distancia do interior do mesmo, vai

diminuindo. Sua amplitude higrométrica de 14 % no período QU, também foi menor quando comparada ao do período QS, com 33,0 %. Essa condição foi constatada por outros estudos realizados em Cuiabá (GOMES, 2010; FRANCO, 2013; SOUZA, 2016; RIBEIRO, 2019).

Assim, os pontos 9 e 4 também ficaram em destaque, com os maiores e menores valores registrados às 8h00 e 14h00 concomitantemente. Sendo que no período QU a UR variou de 70,8 % a 84,8 % e no período QS variou de 75,6 % a 42,6 %.

A v teve seus resultados pautados na localização dos pontos, uma vez que o fluxo de carros exerce influência no deslocamento do vento. Com isso, os pontos 8 e 9 que são próximos da avenida, registraram os maiores valores, ambos com 1,6 m s^{-1} às 8h00 no período QU e no período QS, também às 8h00, com 1,2 m s^{-1} e 1,4 m s^{-1} respectivamente. Já os menores valores foram aferidos em todos os pontos do interior do parque, com v de até 0,5 m s^{-1} e 0,4 m s^{-1} às 14h00 nos períodos QU e QS consecutivamente.

Diante do que foi exposto e de acordo com a Escala de Beaufort, a intensidade da v para o PA variou de calmaria a leve brisa, exercendo portanto pouca influência na caracterização do microclima em questão (CIRAM, 2020). Resultados similares também foram encontrados nos trabalhos de Nince (2013), França (2017), e Chegury (2019).

Os valores da T_s de todos os materiais caracterizados no PA, se diferenciaram dos fatores temporais e espaciais (Tabela 09).

TABELA 09 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, da variável T_s, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PA

Testes	**Sig. T_s**				
	Fatores	**Asfalto**	**Concreto**	**Grama**	**Solo exposto**
Kolmogorov-Smirnov	Pontos	0,001	0,001	0,001	0,001
Kruskal-Wallis	Períodos	0,002	0,002	0,004	0,004
	Horários	0,000	0,000	0,000	0,000
	Pontos	0,000	0,000	0,000	0,000

Para melhor compreensão, a Figura 22 - a), b), c) e d), mostra os resultados dessa caracterização.

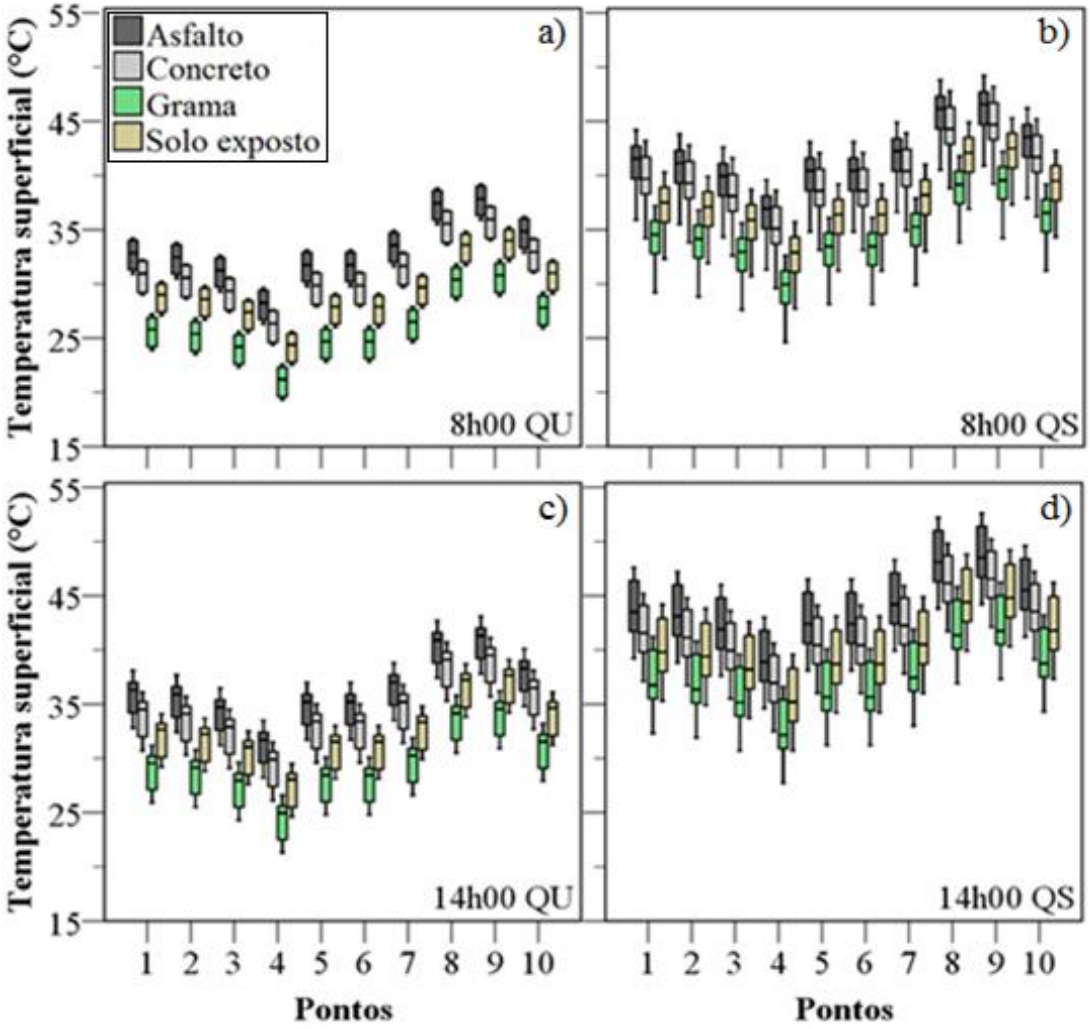


FIGURA 22 - a) T_s às 8h00 no período QU e b) no período QS, c) T_s às 14h00 no período QU e d) no período QS. Todas aferidas no PA

A variação da T_s acompanha a variação da radiação solar. Entretanto, fica evidente que, independentemente do horário e do período, o asfalto e o concreto registraram as maiores T_s em todos os dez pontos. Isso porque, as características desses materiais impermeáveis, tais como condutividade térmica e capacidade calorífica, modificam esse padrão (ALVES & VECCHIA, 2012).

Portanto, o asfalto e o concreto, que possuem maior condutividade térmica e grande capacidade calorífica, são aptos a direcionar energia para seus interiores e capazes de armazená-la em suas massas. Dessa maneira, quanto mais energia é armazenada, maior será a temperatura do material ou de sua superfície (GARTLAND, 2010).

Além disso, é possível verificar que a T_s seguiu um comportamento similar ao da T_a, sendo que às 8h00, obteve-se os menores valores e às 14h00 os maiores. De igual modo ocorreu com os períodos, com menores valores no QU e com os maiores no QS.

Logo, analisando o ponto 4 que alcançou as menores T_s, constata-se que no período QU, a grama variou de 19,3 a 27,0 °C, o solo exposto de 22,5 a 29,9 °C, o concreto de 24,7 a 31,6 °C e o asfalto de 26,0 a 33,8 °C. Já no período QS, a variação foi de 32,5 a 37,0 °C para a grama, 35,8 a 39,9 °C para o solo exposto, 37,8 a 41,2 °C para o concreto e de 39,9 a 42,7 para o asfalto.

Diferentemente, no ponto 9, cujas T_s foram maiores, para o período QU, a grama variou de 28,0 a 36,0 °C, o solo exposto de 32,0 a 39,9 °C, o concreto de 33,3 a 41,7 °C e o asfalto de 35,1 a 43,9 °C. Enquanto que no período QS, a grama variou de 33,8 a 46,0 °C, o solo exposto de 36,7 a 49,9 °C, o concreto de 39,0 a 50,1 °C e o asfalto de 41,0 a 52,6 °C.

Com isso, verifica-se que no ponto 4 e no período QU, o asfalto esquentou 6,8 °C a mais que a grama e no período QS, 5,7 °C a mais. No ponto 9, as mesmas condições resultaram em 7,9 °C e 6,6 °C a mais, comprovando o potencial benéfico das superfícies permeáveis, que também foram citados por outros pesquisadores (OLIVEIRA, 2011; NINCE, 2013; MIRANDA, 2018).

No PTN, os resultados do teste de normalidade e das diferenças estatísticas significativas, para as variáveis T_a, UR e v, podem ser visualizados pela Tabela 10.

TABELA 10 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis Ta, UR e v, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PTN

Testes	Fatores	Sig. T_a	Sig. UR	Sig. v
Kolmogorov-Smirnov	Pontos	0,002	0,000	0,000
Kruskal-Wallis	Períodos	**0,275**	0,001	0,001
	Horários	0,001	0,001	0,001
	Pontos	0,001	**0,237**	0,001

Em geral, percebe-se que somente a T_a não variou significativamente em relação ao fator períodos e apenas a UR não variou significativamente em relação ao fator pontos. A Figura 23 - a), b), c), d), e) e f) ilustra de forma mais específica.

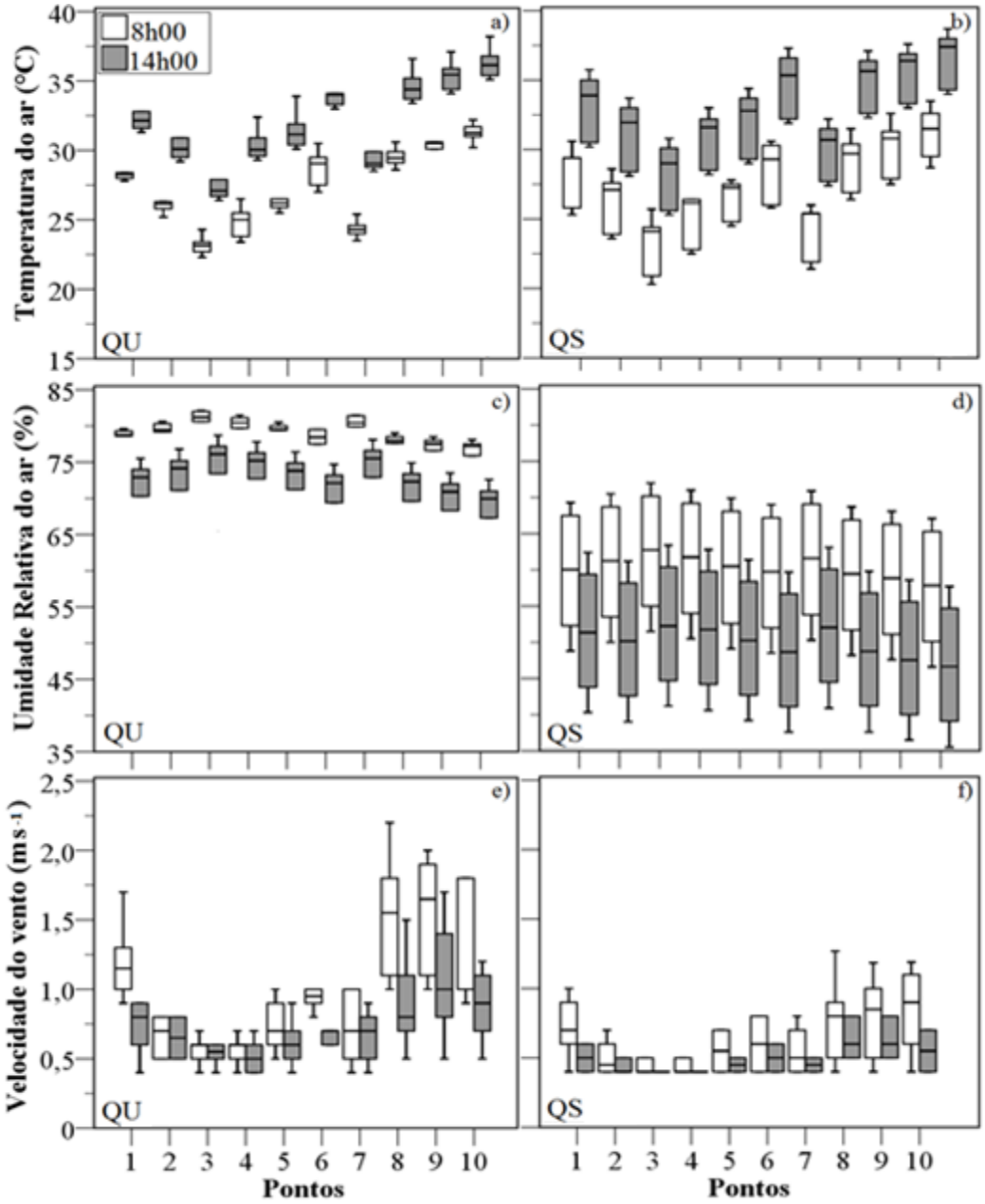


FIGURA 23 - a) e b) T_a no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, c) e d) UR no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, e) e f) *v* no período quente-seco (QS) e quente-úmido (QU) respectivamente, para os dez pontos aferidos no PTN

Nota-se que a T_a também alcançou amplitude térmica menor no período QU, quando comparada a do período QS, com valores de 15,9 °C e 18,4 °C respectivamente.

No período QU, o ponto 10 atingiu a maior T_a, com 38,2 °C no horário das 14h00 e no ponto 3 a menor T_a, com 22,3 °C no horário das 8h00. De forma

distinta, no período QS, a maior e a menor T_a foi de 38,7 °C e 20,3 °C para os mesmos horários e pontos sequencialmente.

A UR se comportou de maneira semelhante a T_a, em relação às amplitudes higrométricas, com 15,8 % no período QU e 36,9 % no período QS. Porém, quando se considera os valores individuais, o comportamento da UR foi contrário ao da T_a. Pois, no período QU, o ponto 10 atingiu a menor UR, com 66,3 % as 14h00 e o ponto 3 a maior UR, com 82,1 % às 8h00. E, no período QS, a menor e a maior UR foi de 35,1 % e 72,0 % também para os mesmos horários e pontos seguidamente.

A v mais uma vez teve seus resultados baseados na localização dos pontos. O ponto 8, que fica próximo da avenida, atingiu os maiores valores nos períodos QU e QS, ambos às 8h00, com 2,2 m s^{-1} e 1,3 ms^{-1} consecutivamente. Enquanto que, os menores valores foram aferidos nos demais pontos do interior do parque, com v de até 0,4 m s^{-1} em ambos os horários e períodos respectivamente.

Nesse contexto, mesmo que a caracterização das variáveis T_a, UR e v para o PTN, possa ser explicada de modo análogo ao da caracterização feita no PA, é importante frisar que a singularidade dos resultados obtidos no PTN, fundamentou-se principalmente nos pontos com maior sombreamento. Por essa razão, a T_a, diminui e a UR aumenta exatamente nesses pontos e, a intensidade da v que também, variou de calmaria a leve brisa, pouco influenciou.

Os valores da T_s de todos os materiais caracterizados no PTN, se diferenciaram dos fatores temporais e espaciais, de acordo com a Tabela 11.

TABELA 11 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, da variável T_s, com nível de significância (Sig.) a 5 % no PTN

Testes	**Sig. T_s**				
	Fatores	**Asfalto**	**Concreto**	**Grama**	**Solo exposto**
Kolmogorov-Smirnov	Pontos	0,001	0,001	0,001	0,001
Kruskal-Wallis	Períodos	0,003	0,002	0,004	0,004
	Horários	0,000	0,000	0,000	0,000
	Pontos	0,000	0,000	0,000	0,000

A caracterização da T_s também pode ser observada com mais detalhes através da Figura 24 - a), b), c) e d).

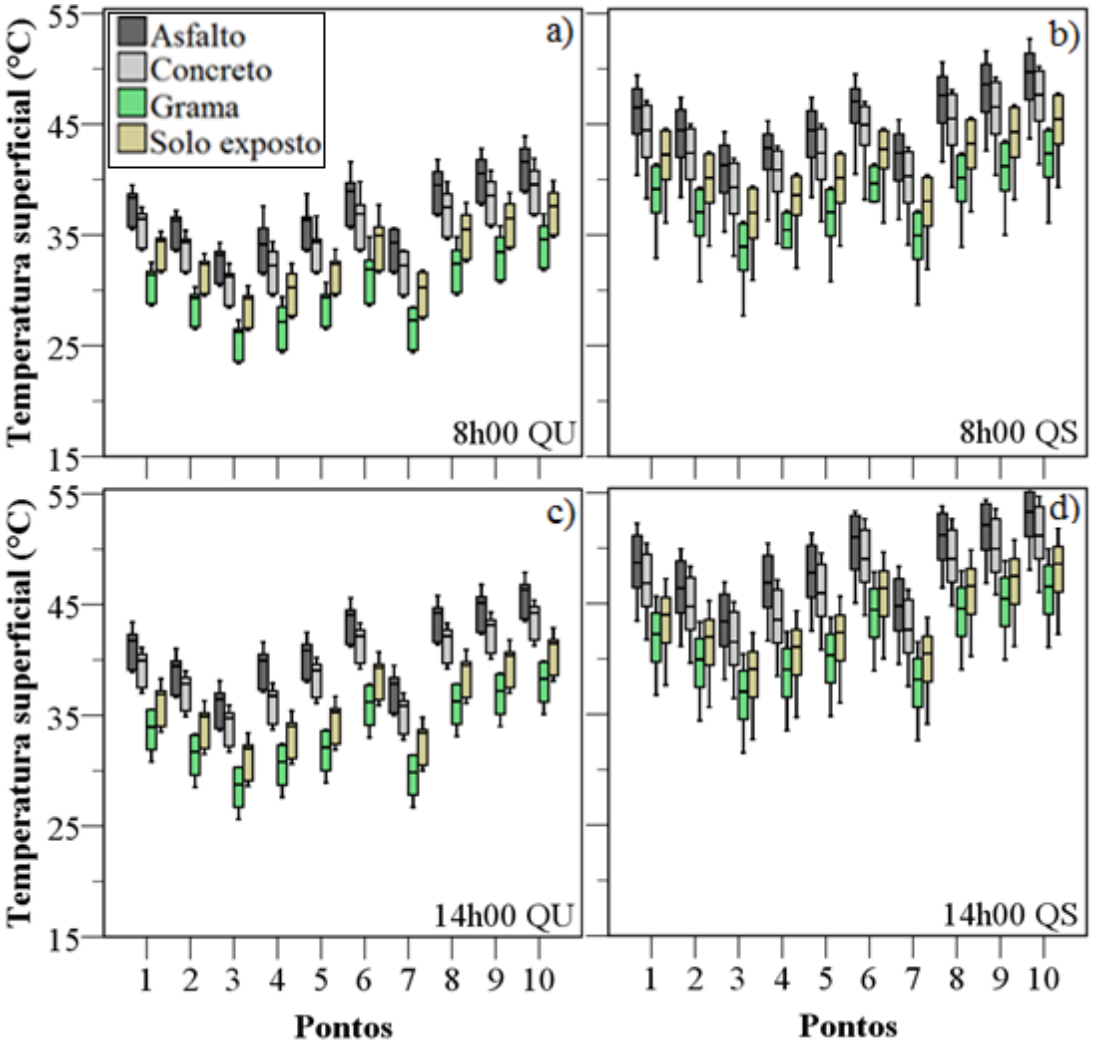


FIGURA 24 - a) T_s às 8h00 no período QU e b) no período QS, c) T_s às 14h00 no período QU e d) no período QS. Todas aferidas no PTN

Nota-se que às 8h00 a T_s apresentou os menores valores e às 14h00 os maiores. De igual modo ocorreu com os períodos, com menores valores no QU e com maiores no QS.

Desse modo, analisando o ponto 3 que alcançou as menores T_s, constata-se que no período QU, a grama variou de 23,1 a 31,2 °C, o solo exposto de 26,2 a 33,5 °C, o concreto de 28,3 a 36,7 °C e o asfalto de 30,1 a 38,2 °C. Já no período QS, a variação foi de 27,5 a 41,8 °C para a grama, 31,6 a 43,0 °C para o solo exposto, 33,3 a 45,7 °C para o concreto e de 35,0 a 47,5 para o asfalto.

Distintamente, no ponto 10, cujas T_s foram maiores, para o período QU, a grama variou de 31,8 a 40,0 °C, o solo exposto de 34,7 a 43,0 °C, o concreto de 36,8 a 45,9 °C e o asfalto de 38,0 a 48,0 °C. Enquanto que no período QS, a grama

variou de 36,2 a 50,2 °C, o solo exposto de 38,0 a 52,2 °C, o concreto de 41,8 a 54,1 °C e o asfalto de 43,0 a 55,0 °C.

Sendo assim, percebe-se que no ponto 3 e no período QU, o asfalto esquentou 7,0 °C a mais que a grama e no período QS, 5,7 °C a mais. No ponto 10, as mesmas condições resultaram em 8,0 °C e 4,8 °C a mais.

Com o intuito de analisar de forma conjunta, todas as variáveis caracterizadas por Transecto móvel, tanto no PA quanto no PTN, a Figura 25 - a) b), c) e d), exibe os resultados da técnica de agrupamento.

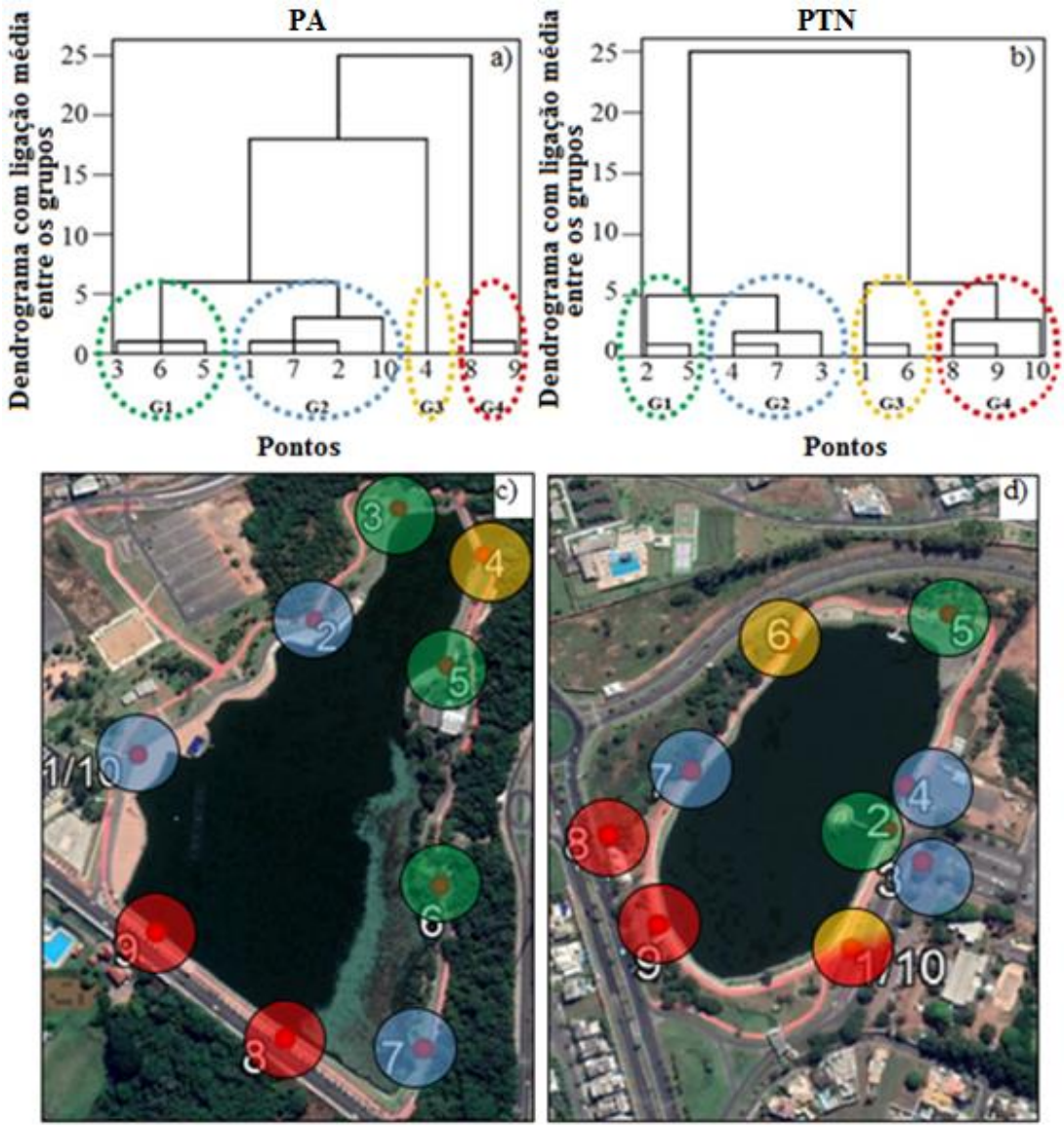


FIGURA 25 - Dendrograma de similaridade entre os grupos homogêneos para as variáveis T_a, UR, *v*, T_s, em ambos períodos a) para o PA e b) para o PTN e distribuição espacial dos agrupamentos c) no PA e d) no PTN

Considerando a distância máxima próxima de 5, foram obtidos 4 grupos homogêneos em ambos os períodos e parques. Então, no PA, o grupo 1 (G1), agrupa os pontos 3, 6 e 5, que estão na lateral de áreas verdes e os outros pontos que os antecedem e os sucedem, também estão sob as mesmas características. Situam-se entre o lago e a vegetação, com similaridade oriunda da proximidade entre os valores médios das variáveis analisadas (Tabela 12).

TABELA 12 - Similaridades encontradas para o grupo 1 pertencente ao PA

Pontos	Variáveis no período QU						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
3	25,30	79,00	0,85	32,60	30,65	25,64	28,75
6	26,00	78,70	0,84	33,10	31,15	26,14	29,25
5	26,50	77,90	0,83	33,17	31,22	26,21	29,32
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
3	25,00	61,70	0,64	40,66	38,88	33,92	36,88
6	25,60	60,90	0,62	41,16	39,38	34,42	37,38
5	26,40	60,30	0,58	41,23	39,44	34,48	37,45

O grupo 2 (G2), reuni os pontos 1, 7, 2 e 10 que não estão diretamente localizados em locais de intenso fluxo de veículos, porém são próximos da avenida e dos estacionamentos (Tabela 13).

TABELA 13 - Similaridades encontradas para o grupo 2 pertencente ao PA

Pontos	Variáveis no período QU						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
1	28,30	76,47	1,08	34,23	32,28	27,28	30,38
7	28,29	76,49	1,09	33,83	31,88	26,88	29,98
2	28,30	76,47	1,08	34,26	32,29	27,28	30,39
10	29,10	75,70	1,07	36,23	34,28	29,28	32,38
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
1	27,79	58,79	0,78	42,29	40,51	35,55	38,52
7	27,60	58,90	0,79	41,89	40,11	35,15	38,12
2	27,80	58,80	0,78	42,30	40,51	35,56	38,52
10	29,00	57,90	0,77	44,29	42,51	37,55	40,52

Nesse caso, é possível observar que o ponto 1 é mais similar ao ponto 7, da mesma forma que o ponto 7 é mais similar ao ponto 2. E, entre os três, o ponto 10 se dissemelha mais do ponto 7.

Por sua vez, o grupo 3 (G3), engloba apenas o ponto 4 e, o motivo que justifica tal resultado, dar-se-á pelo fato do mesmo ser o único que está localizado entre o lago e um pequeno volume de água. Além disso, ele também fica ao lado de uma grande área verde, que em conjunto, contribuiu para que esse ponto atingisse as menores médias de T_a e T_s, e as maiores médias de UR, com a v pouco influenciando (Tabela 14).

TABELA 14 - Similaridades encontradas para o grupo 3 pertencente ao PA

Pontos	**Variáveis no período QU**						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
4	22,5	80,8	0,76	29,67	27,72	22,71	25,82
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
4	22,2	63,0	0,59	37,73	35,94	30,98	33,95

Já o grupo 4 (G4), é formado pelos pontos 8 e 9, que estão lateralmente encostados na avenida e, devido a própria movimentação dos automóveis, apresentaram as maiores médias de T_a, T_s e v e as menores médias de UR (Tabela 15).

TABELA 15 - Similaridades encontradas para o grupo 4 pertencente ao PA

Pontos	**Variáveis no período QU**						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
8	30,2	75,0	1,29	38,83	36,88	31,88	34,98
9	31,0	73,8	1,38	39,20	37,25	32,24	35,35
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
8	29,9	57,4	0,88	46,89	45,11	40,15	43,12
9	30,8	56,1	0,95	47,26	45,48	40,52	43,48

No PTN, o G1 agrupa os pontos 2 e 5, que estão ao lado do estacionamento e da avenida respectivamente. Entretanto, essa parte do estacionamento não tem fluxo intenso de automóveis, assim como na avenida, uma vez que a mesma dá acesso à condomínios que ainda estão em construção (Tabela 16).

TABELA 16 - Similaridades encontradas no grupo 1 pertencente ao PTN

Pontos	Variáveis no período QU						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
2	28,50	76,80	0,67	37,20	35,50	30,00	32,90
5	28,90	76,60	0,68	38,10	36,14	30,19	33,11
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
2	29,40	55,90	0,58	45,50	43,70	38,40	40,90
5	29,90	55,40	0,50	46,19	44,24	38,59	41,09

O G2 reuni os pontos 4, 7 e 3. Somente os pontos 3 e 7 possuem sombreamento natural. Todavia o ponto 4, apesar de não possuir, detém uma fonte artificial, com funcionamento noturno, que provavelmente favoreceu o microclima durante os horários da caracterização.

Portanto, a similaridade desse grupo consiste em reunir os pontos com menores médias de T_a e T_s, maiores médias de UR e v pouco atuante. Sendo que, os pontos 4 e 7 são mais homogêneos e os pontos 4 e 3, menos (Tabela 17).

TABELA 17 - Similaridades encontradas para o grupo 2 pertencente ao PTN

Pontos	Variáveis no período QU						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
4	27,80	76,60	0,54	36,75	34,00	28,65	31,60
7	26,90	76,80	0,55	35,56	33,47	28,13	31,21
3	25,50	77,30	0,56	34,23	32,33	26,96	29,88
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	UR (%)	v (m s^{-1})	T_sA (°C)	T_sC (°C)	T_sG (°C)	T_sS (°C)
4	28,00	56,80	0,41	44,86	42,21	37,08	39,59
7	27,20	57,00	0,42	43,64	41,58	36,45	39,08
3	25,90	57,50	0,50	42,42	40,54	35,38	37,85

O G3, engloba os pontos 1 e 6, que assumem características espaciais parecidas às do G1. Contudo, por se afastarem do interior do parque, os valores médios da T_a, T_s e v são maiores e os da UR, menores, quando comparados aos do G1 (Tabela 18).

TABELA 18 - Similaridades encontradas para o grupo 3 pertencente ao PTN

Pontos	Variáveis no período QU						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
1	30,50	75,80	0,98	39,45	37,56	32,17	34,94
6	31,50	74,00	0,83	40,94	38,96	33,64	36,51
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
1	30,80	54,90	0,61	47,64	45,73	40,60	42,93
6	31,90	53,80	0,57	48,94	46,97	41,88	44,31

O G4 é formado pelos pontos 8, 9 e 10. São pontos muito próximos da avenida e semelhante ao que ocorre no PA, sofrem influência do intenso fluxo de automóveis, registrando as maiores médias de T_a, T_s e v e as menores médias de UR (Tabela 19).

TABELA 19 - Similaridades encontradas para o grupo 4 pertencente ao PTN

Pontos	Variáveis no período QU						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
8	32,10	73,90	1,24	41,41	39,34	33,99	36,96
9	33,00	72,80	1,22	42,40	40,34	35,01	37,94
10	33,90	72,00	1,09	43,51	41,42	36,09	39,04
Pontos	**Variáveis no período QS**						
	T_a (°C)	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
8	32,00	54,00	0,74	49,40	47,35	42,23	44,73
9	32,90	53,10	0,75	50,40	48,35	43,24	45,74
10	34,00	52,10	0,77	51,50	49,45	44,34	46,86

Desse modo, as similaridades são mais homogêneas entre os pontos 8 e 9 e menos homogêneas entre os pontos 8 e 10. No entanto, vale ressaltar que o

ponto 10, provavelmente se enquadrou no grupo em questão, também pela ação do horário da caracterização.

Para finalizar, tanto para o PA, quanto para o PTN, os resultados do teste U de Man-Whitney, que avaliou as diferenças estatísticas significativas entre os grupos da técnica de agrupamento, são apresentados na Tabela 20.

TABELA 20 - Resultados do teste U de Man-Whitney, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), considerando os grupos da análise de agrupamento, tanto para o PA quanto para o PTN e com nível de significância (Sig.) a 5 %

Sig. Parque das Águas								
Fatores		**T_a (°C)**	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
QU	G1 e G2	0,365	0,201	0,153	0,118	0,205	0,350	0,290
	G3 e G4	0,749	0,951	0,764	0,543	0,455	0,298	0,610
QS	G1 e G2	0,521	0,494	0,333	0,618	0,400	0,379	0,461
	G3 e G4	0,298	0,456	0,158	0,308	0,253	0,278	0,455
Sig. Parque Tia Nair								
Fatores		**T_a (°C)**	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
QU	G1 e G2	0,610	0,980	0,356	0,863	0,555	0,224	0,341
	G3 e G4	0,845	0,111	0,171	0,825	0,612	0,168	0,148
QS	G1 e G2	0,477	0,479	0,230	0,794	0,379	0,987	0,464
	G3 e G4	0,465	0,256	0,145	0,984	0,465	0,764	0,117

Verifica-se que, apesar da técnica de agrupamento juntar todos os pontos com características microclimáticas homogêneas, o teste U de Man-Whitney comprovou que em ambos os parques, não houve diferença estatística significativa entre os grupos, reforçando a similaridade.

4.2 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO METEOROLÓGICA FIXA

As condições microclimáticas mensuradas pela estação meteorológica fixa durante o ano de estudo, são apresentadas na Figura 26 - a), b) e c)

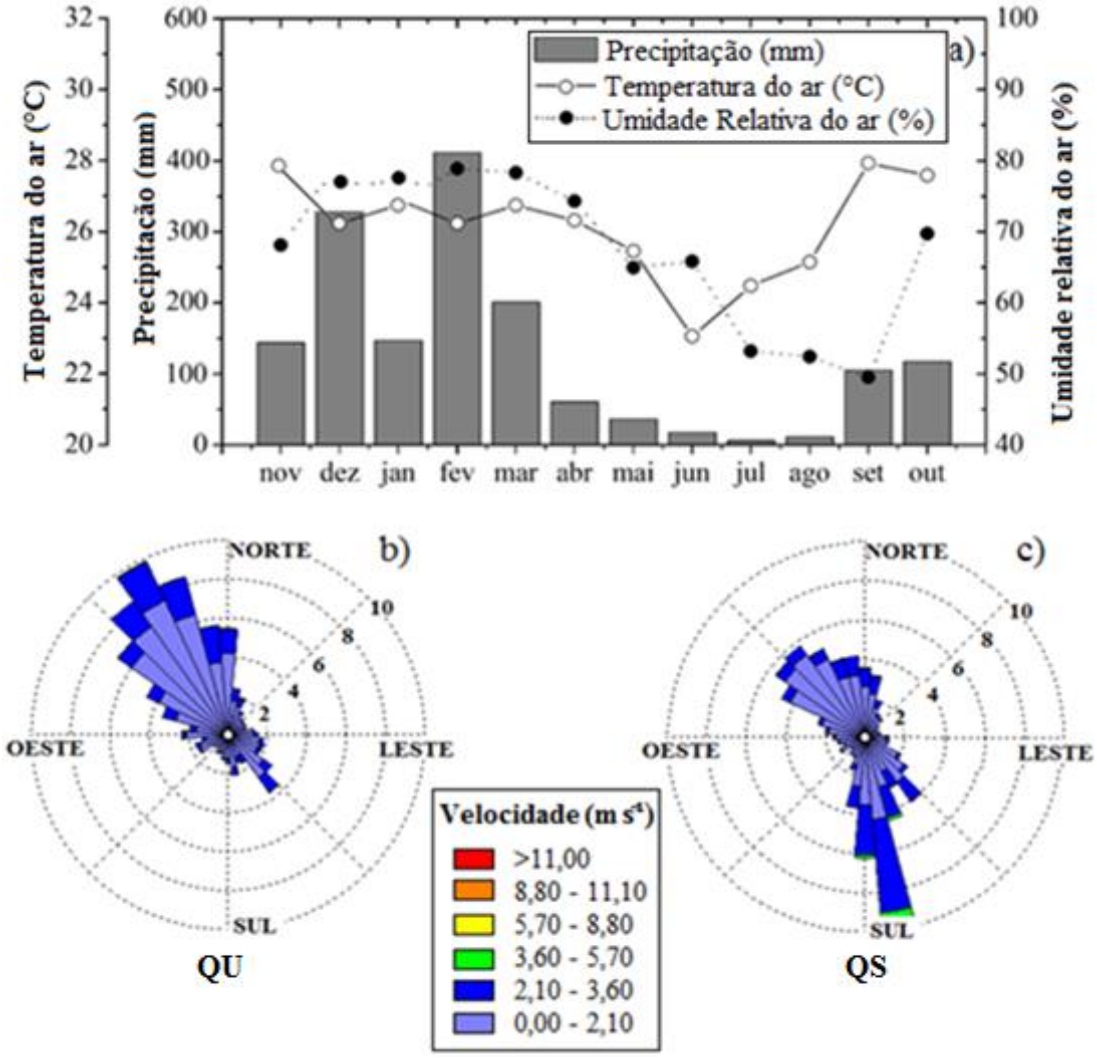


FIGURA 26 - a) Comportamento das variáveis P, T_a e UR ao longo do ano da realização da presente pesquisa, b) Comportamento da v e da D_v durante o período quente-úmido e C) comportamento da v e D_v durante o período quente-seco

Perante a normalidade dos dados, é possível notar que todas as variáveis mensuradas, apresentaram diferenças estatísticas significativas, quando comparadas aos fatores temporais estabelecidos (Tabela 21).

TABELA 21 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis Ta, UR, P, v e Dv, aferidas pela estação meteorológica fixa, com nível de significância a 5 %

Teste	Fator	T_a	UR	P	v	D_v
Kolmogorov-Sminorv	meses	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kruskal-Wallis	meses	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	períodos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Analisando a T_a, verifica-se que as maiores médias foram registradas em novembro, com 27,86 °C e setembro, com 27,89 °C. Já as menores médias, foram registradas em junho e julho, com 22,86 °C e 24,48 °C respectivamente.

Resultados iguais também foram apurados por Chegury (2019) e a explicação para tal acontecimento, baseia-se na atuação do sol, que durante o mês de novembro, passa precisamente sob a latitude de Cuiabá. Assim, os raios solares chegam a superfície terrestre perpendicularmente e, consequentemente uma menor radiação é atenuada, aumentando a temperatura do ar (QUERINO *et al*., 2011).

Em contrapartida, os menores valores aferidos em junho, condizem com o começo da estação de inverno no Hemisfério Sul, resultante de uma menor radiação no topo da atmosfera (MACHADO *et al*., 2015). Ademais, exatamente nos meses de abril a agosto, ocorrem episódios conhecidos por friagem, que também foram constatados por Souza (2016), Paula (2017) e Miranda (2018).

A UR atingiu as maiores médias em fevereiro, com 79,06 % e março, com 78,60 %, valores acima do que é considerado como ideal pela OMS. Por outro lado, as menores médias foram obtidas em agosto e setembro, com 52,39 % e 49,23 % sequencialmente.

Quanto a *P*, as maiores médias foram observadas em dezembro, com 333,96 mm e fevereiro, com 419,32 mm. Diferentemente, as menores médias foram observadas em julho e agosto, com 5,37 mm e 6,10 mm consecutivamente. Resultados semelhantes foram encontrados em outros anos por Machado *et al*. (2015), que atribuíram as maiores médias de precipitação, ao verão de Cuiabá, caracterizado pela forte convecção de ar e pela formação de nuvens com grande desenvolvimento vertical.

O regime de ventos para o ano da presente pesquisa manteve-se padrão ao que já foi analisado por outros autores (FRANCO, 2013; RIBEIRO, 2019). Sendo que, no período QU, a v variou de 0,0 a 3,60 m s^{-1} com intensidade de calmaria a leve brisa e, no período QS variou de 0,0 a 5,70 m s^{-1}, com intensidade de calmaria a vento fraco. Enquanto que, no período QU a D_v predominou nos sentidos noroeste e norte e, no período QS, predominou nos sentidos noroeste e sul.

Segundo Chegury (2019), as direções noroeste e norte são responsáveis pelo aumento da umidade, advinda da região norte do país, provocando a ocorrência das precipitações, que são características do período QU de Cuiabá.

Semelhantemente, Machado *et al*. (2015), explicam que o predomínio da direção sul, representa um regime de ventos típicos de monções, fazendo com que os verões sejam chuvosos e os invernos, secos.

Os valores médios da T_a, UR e v, coletados por Transecto móvel no PA e no PTN, são mostrados na Figura 27 - a) e b).

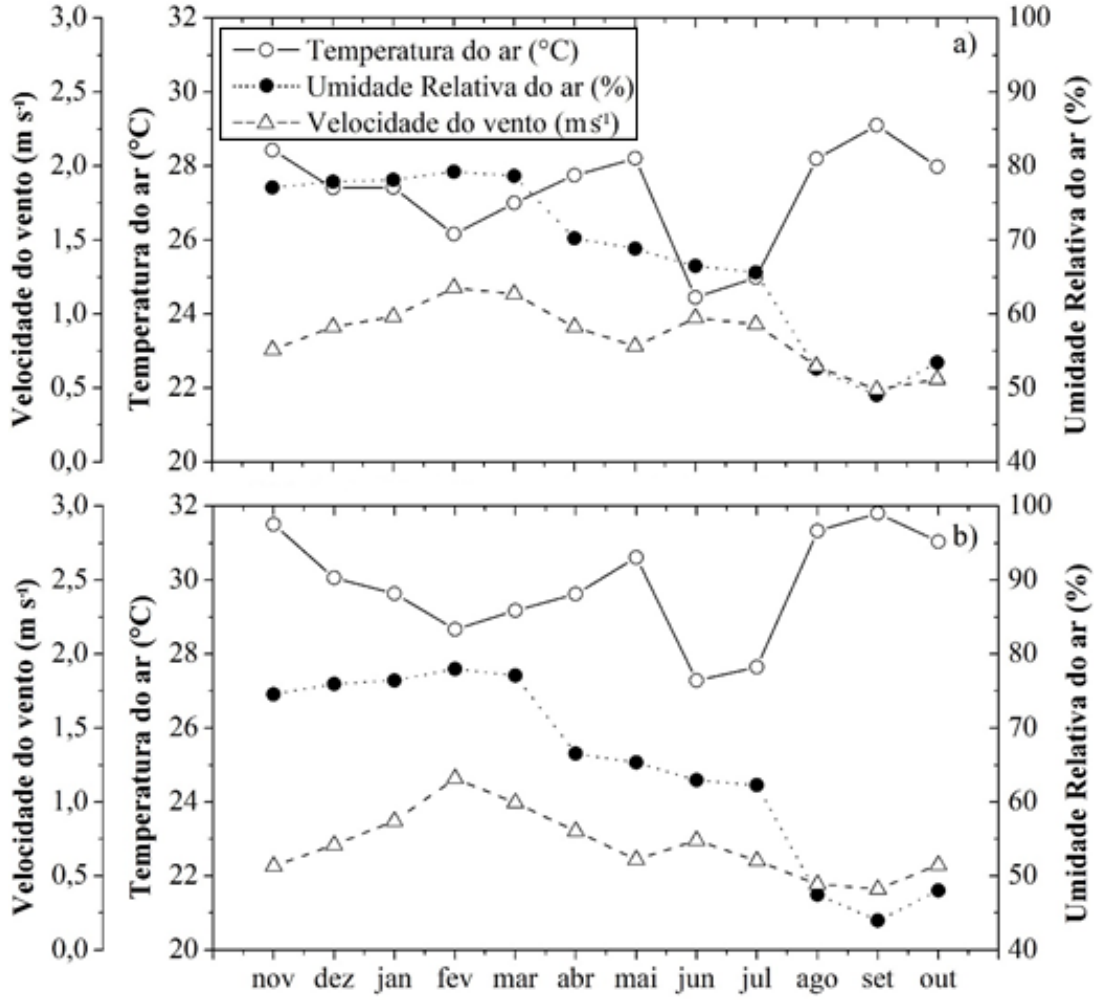


FIGURA 27 - a) Valores médios das variáveis aferidas no PA e b) Valores médios das variáveis aferidas no PTN

Em geral, é notório que tanto no PA quanto no PTN, todas as variáveis que foram equiparadas à estação meteorológica fixa, tenderam ao mesmo

comportamento. Em que, as maiores e menores médias também foram associadas aos mesmos meses.

Logo, no PA, as maiores médias da T_a foram de 28,20 °C em novembro e 29,15 °C em setembro e as menores médias foram de 24,11 °C em junho e 25,00 °C em julho. Já no PTN, sob as mesmas condições, as maiores médias foram de 31,50 °C e 32,00 °C e as menores foram de 27,16 °C e 27,88 °C.

Para a UR, sabendo que as maiores médias foram verificadas nos meses de fevereiro e março e as menores, nos meses de agosto e setembro, no PA, os valores foram de (79,89 % e 79,75 %) e (52,40 % e 49,60 %) respectivamente. E, no PTN, os valores foram de (78,00 % e 76,90 %) e (47,50 % e 42,50 %) seguidamente.

Em relação aos valores médios da v, observa-se que no PA variou de 0,47 a 1,25 m s^{-1} e no PTN de 0,43 a 1,25 m s^{-1}, ambos com intensidade de calmaria a leve brisa e consequentemente, também exercendo pouca influência nas condições microclimáticas.

Nessa perspectiva, apesar das variáveis se comportarem da mesma forma, a estação meteorológica fixa, registrou os menores valores de T_a e o PTN os maiores. O PA apresentou os maiores valores de UR enquanto que o PTN, os menores, tendo os três locais, a mesma influência da v.

Esses valores encontrados, corroboram com à própria localização, uma vez que a estação meteorológica fixa fica mais afastada da cidade, ao lado de uma área verde e por essa razão, deteve as menores T_a. O PA por sua vez, encontra-se em um bairro que ainda tem possibilidade de expansão e o fato de situar-se ao lado de uma grande área verde e deter o maior lago, contribuiu para apresentar as maiores UR. E, o que provavelmente favoreceu as maiores T_a e menores UR no PTN, foi o seu entorno, de densidade demográfica médio-alta, sem potencial de expansão.

Mesmo assim, os resultados do teste de qui-quadrado entre a estação meteorológica fixa e ambos os parques, evidenciaram que não houve diferenças estatísticas significativas (Tabela 22).

TABELA 22 - Resultados do teste de qui-quadrado (χ^2), com seus graus de liberdade (GL) e o p valor, entre a estação meteorológica fixa e ambos os parques

Variáveis	χ^2	GL	p
T_a PA	108	99	0,252
T_a PTN	132	121	0,233
UR PA	132	121	0,233
UR PTN	132	121	0,233
v PA	76	70	0,291
v PTN	120	110	0,242

Com isso, pode-se inferir que as variáveis caracterizadas por Transectos móveis no PA e no PTN, foram validadas com as variáveis aferidas pela estação meteorológica fixa de referência.

4.3 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA

O Fator de Visão do Céu (FVC), de cada ponto do PA, pode ser visto na Figura 28.

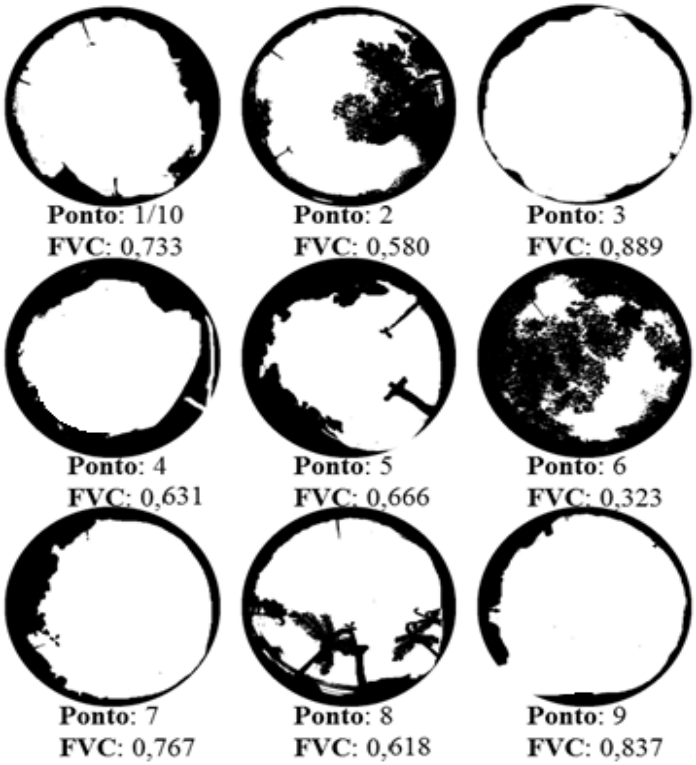


FIGURA 28 - Fator de Visão do Céu para todos os pontos do PA

Percebe-se que o menor FVC foi determinado no ponto 6, com 0,323, significando que 67,7 % da abóboda celeste estava obstruída e, essa obstrução é claramente oriunda da vegetação. De modo oposto, o maior FVC foi equivalente a 0,889, correspondendo a 11,1 % de obstrução da abóboda celeste.

Entretanto, o menor e o maior FVC não se correlacionaram às variáveis microclimáticas caracterizadas por Transecto móvel. Essa afirmação baseia-se nos resultados do teste de correlação de Pearson, para os grupos definidos na técnica de agrupamento (Tabela 23).

TABELA 23 - Correlação entre os valores de FVC e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PA, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 %

Fatores		**T_a (°C)**	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
QU	G1-G2	0,147	-0,214	0,284	0,116	0,118	0,119	0,118
		0,752	0,645	0,537	0,804	0,801	0,799	0,801
	G3-G4	0,736	-0,785	0,769	0,701	0,701	0,700	0,701
		0,473	0,425	0,442	0,506	0,506	0,506	0,506
QS	G1-G2	0,153	-0,116	0,310	0,118	0,119	0,118	0,119
		0,743	0,804	0,498	0,801	0,799	0,801	0,799
	G3-G4	0,743	-0,796	0,800	0,701	0,701	0,701	0,700
		0,467	0,414	0,410	0,506	0,506	0,506	0,506

Pelos valores do coeficiente de Pearson demonstrados em cinza, nota-se que apenas a UR teve correlação negativa para todos os períodos e grupos, sendo inversamente proporcional aos valores do FVC. Ou seja, maiores UR estão correlacionadas a menores FVC e vice-versa. Da mesma forma que, diretamente proporcional, maiores T_a, T_s e v estão correlacionadas a maiores FVC e vice-versa.

Contudo, ao analisar as significâncias demonstradas em branco, constata-se que em nenhum caso as correlações foram estatisticamente significativas. Tal acontecimento, ressalta que no PA, a vegetação que foi a principal forma de obstrução da abóboda celeste, quando representada por árvores isoladas, não condiciona o microclima, pois caso contrário, os pontos 2, 6 e 8 teriam as menores T_a e T_s e maiores UR.

Sendo assim, o potencial de arrefecimento no PA, provavelmente se correlaciona com a proximidade entre o conjunto de árvores e do lago, com o ponto de coleta. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2010) e Martini, Biondi e Batista (2017).

Os mapas de classificação de cobertura do solo, feitos para os dez pontos pertencentes ao PA e que considera as classes água, solo exposto, vegetação rasteira, vegetação remanescente, asfalto, concreto e edificação, são mostrados na Figura 29.

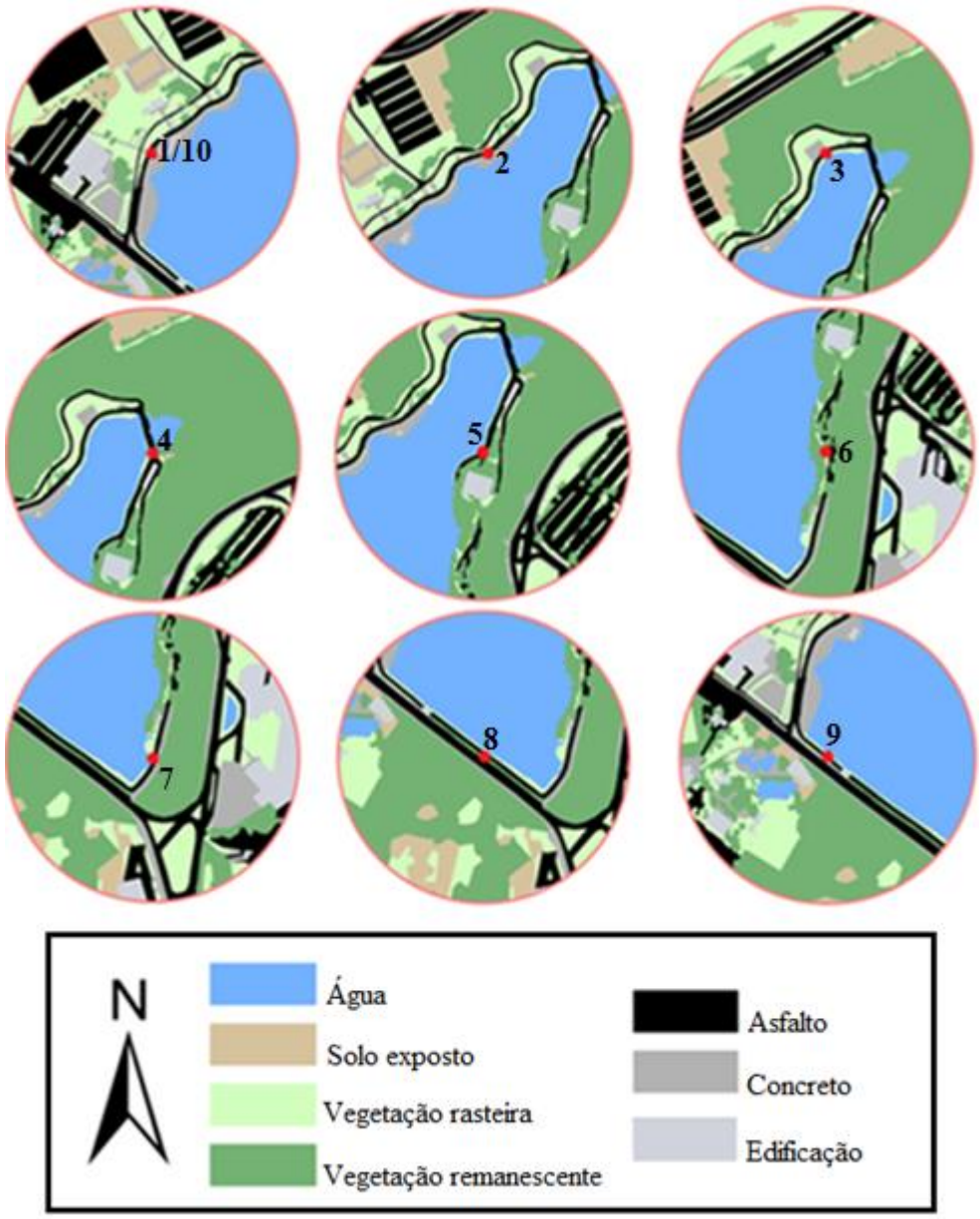


FIGURA 29 - Mapas de classificação de cobertura do solo dos dez pontos pertencentes ao PA

De modo geral, observa-se que devido o raio de influência ser equivalente a 200 m e o parque em questão não possuir uma extensão maior, visualmente os pontos não apresentaram muitas diferenças em relação a classificação de cobertura do solo.

Todavia, as diferenças são mais nítidas com a avaliação dos percentuais expressos na Tabela 24.

TABELA 24 - Percentuais das classes de cobertura do solo para os dez pontos pertencentes ao PA

Classes	**Pontos**								
	1/10	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Água	35	35	18	15	30	40	23	33	33
Solo exposto	6	5	9	3	2	1	4	6	3
Veg. rasteira	17	13	13	07	9	10	13	9	12
Veg. remanescente	5	23	46	58	35	23	32	33	26
Total permeável (%)	**63**	**76**	**86**	**83**	**78**	**74**	**72**	**81**	**74**
Asfalto	23	16	12	13	18	15	14	13	13
Concreto	10	5	1	2	4	5	7	4	9
Edificação	4	3	1	2	2	6	7	2	6
Total impermeável (%)	**37**	**24**	**14**	**17**	**24**	**26**	**28**	**19**	**26**

Em todos os pontos, o percentual de cobertura permeável foi superior ao de cobertura impermeável, consolidando uma qualidade positiva para o meio urbano.

Dentro desses percentuais, os pontos 1/10 e 7 apresentaram as menores quantidades de cobertura permeável, com 63 % e 72 % respectivamente. Já os pontos 3 e 4, apresentaram as maiores quantidades, com 86 % e 83 % seguidamente.

Contudo, é possível verificar também que, o percentual de cobertura permeável iniciou com o menor valor, foi aumentando e posteriormente diminuindo, resultando em um comportamento semelhante ao das variáveis microclimáticas aferidas no PA.

Logo, os resultados da correlação de Pearson entre os percentuais de cobertura permeável e impermeável e as variáveis microclimáticas caracterizadas sazonalmente no PA, são expressos na Tabela 25.

TABELA 25 - Correlação entre a cobertura do solo e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PA, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 %

Fatores		**T_a (°C)**	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
QU	G1-G2	-0,807	0,781	-0,677	-0,797	-0,798	-0,799	-0,798
	Perm.	0,028	0,038	0,095	0,032	0,031	0,031	0,031
	G1-G2	0,524	-0,833	-0,778	0,764	0,764	0,764	0,764
	Imper.	0,032	0,040	0,088	0,011	0,011	0,011	0,011
	G3-G4	-0,782	0,733	-0,765	-0,697	-0,697	-0,696	-0,697
	Perm.	0,028	0,041	0,445	0,009	0,009	0,009	0,009
	G3-G4	0,733	-0,782	-0,765	0,697	0697	0,697	0,697
	Imper.	0,041	0,028	0,036	0,009	0,009	0,009	0,009
QS	G1-G2	-0,813	0,822	-0,628	-0,798	-0,799	-0,798	-0,799
	Perm.	0,026	0,023	0,131	0,031	0,31	0,031	0,031
	G1-G2	0,723	-0,827	-0,645	0,764	0,766	0,764	0,764
	Imper.	0,045	0,038	0,554	0,011	0,013	0,011	0,011
	G3-G4	-0,739	0,793	-0,796	-0,697	-0,697	-0,697	-0,696
	Perm.	0,044	0,038	0,414	0,009	0,009	0,009	0,099
	G3-G4	0,739	-0,796	-0,793	0,697	0,697	0,697	0,698
	Imper.	0,033	0,017	0,058	0,009	0,009	0,009	0,009

Em relação à cobertura permeável e aos coeficientes de Pearson evidenciados em cinza, nota-se que houve correlação negativa para todas as variáveis, exceto para a UR. Isso significa que maiores percentuais de cobertura permeável, desencadearam menores valores de T_a, v e T_s e vice-versa. Assim como, os maiores percentuais desse tipo de cobertura, também propiciaram os maiores percentuais de UR e vice-versa.

Além disso, os valores evidenciados em branco, mostram que todas as correlações foram estatisticamente significativas, menos para variável v. Com isso, no período QU, a correlação mais forte foi entre a cobertura permeável e a T_a e no período QS, entre cobertura permeável e a UR, para todos os grupos avaliados.

Quanto à cobertura impermeável, os coeficientes de Pearson demonstram que houve correlações positivas para as variáveis T_a e T_s, e correlações negativas para as variáveis UR e v. Então, esses resultados reforçam que os maiores percentuais de cobertura impermeável, contribuíram para os maiores valores de T_a e T_s e vice-versa. Enquanto que, os maiores percentuais desse tipo de cobertura, também favoreceram os menores valores de UR e v e vice-versa.

Ademais, semelhantemente ao que ocorreu com a cobertura permeável, todas as correlações foram estatisticamente significativas, excluindo a variável v. Dessa maneira, tanto no período QU, quanto no período QS, a correlação mais forte foi entre a cobertura impermeável e a UR, para todos os grupos em questão.

No mais, as correlações encontradas entre os tipos de cobertura do solo e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PA, corroboram com as correlações encontradas por Spangenberg *et al*. (2008), Shashua-Bar, Tsiros e Hoffman (2010), Oliveira *et al*. (2013) e Miranda (2018) em áreas urbanas de características similares.

O Fator de Visão do Céu (FVC), de cada ponto do PTN, é apresentado na Figura 30.

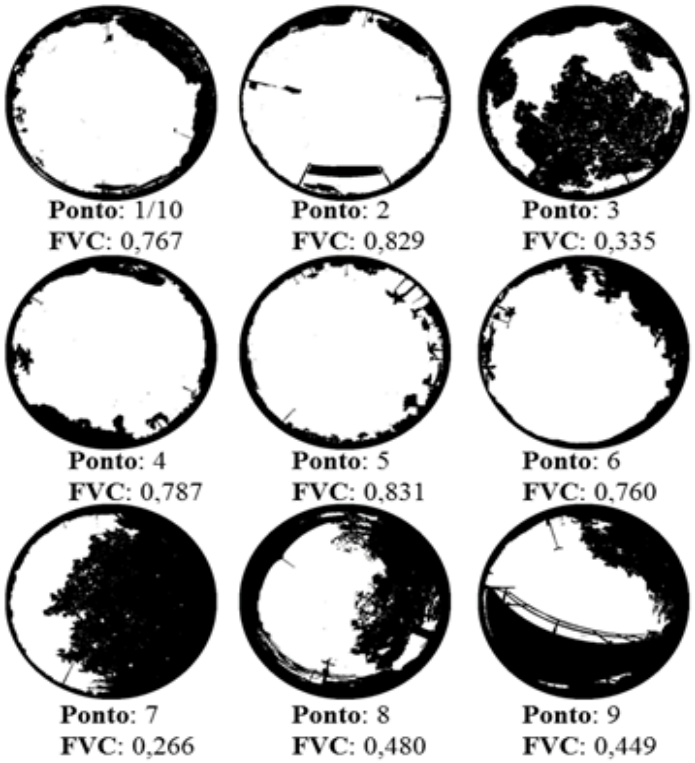


FIGURA 30 - Fator de Visão do Céu para todos os pontos do PTN

Constata-se que o menor valor do FVC foi determinado no ponto 7, com 0,266, resultando em 73,4 % de obstrução da abóboda celeste e, essa obstrução é também nitidamente oriunda da vegetação. Diferentemente, o maior FVC foi definido no ponto 5, equivalente a 0,831, correspondendo a 16,9 % de obstrução da abóboda celeste.

Em geral, os menores valores do FVC, propiciaram a diminuição da T_a, T_s e v, além do aumento da UR. Porém, esse comportamento e/ou inverso, não foi observado para os pontos com os maiores valores de FVC.

Dessa forma, a Tabela 26 demonstra com exatidão, se de fato houve correlação estatisticamente significativa entre o FVC e as variáveis microclimáticas aferidas no PTN.

TABELA 26 - Correlação entre os valores de FVC e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PTN, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 %

Fatores		**T_a (°C)**	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
QU	G1-G2	0,866	-0,668	0,647	0,877	0,826	0,839	0,817
		0,058	0,218	0,238	0,051	0,085	0,076	0,091
	G3-G4	0,255	-0,240	0,828	0,229	0,211	0,211	0,233
		0,679	0,698	0,083	0,711	0,733	0,733	0,707
QS	G1-G2	0,855	-0,794	0,369	0,893	0,842	0,855	0,836
		0,065	0,109	0,541	0,041	0,074	0,065	0,078
	G3-G4	0,113	-0,044	0,562	0,215	0,195	0,192	0,210
		0,853	0,944	0,324	0,729	0,754	0,757	0,734

É possível perceber que similarmente ao que aconteceu no PA para todos os grupos e períodos, os coeficientes de Pearson destacados em cinza, indicaram correlações positivas, excluindo dessa condição, somente a variável UR.

Então de maneira análoga ao que já foi explicado anteriormente, menores FVC provocaram maiores valores de UR e vice-versa, assim como maiores FVC promoveram maiores T_a, T_s e v.

Apesar disso, ao avaliar os resultados das linhas brancas, fica evidente que para todos os casos, as correlações não foram estatisticamente significativas. Diante disso, é factível inferir que tanto no PA, quanto no PTN, o FVC não foi um aspecto morfológico que influenciou o microclima dos mesmos. Sendo que, o

principal motivo provavelmente dar-se-á pela disposição de forma individualizada, das árvores existentes.

Os mapas de classificação de cobertura do solo, feitos para os dez pontos pertencentes ao PTN são apresentados na Figura 31.

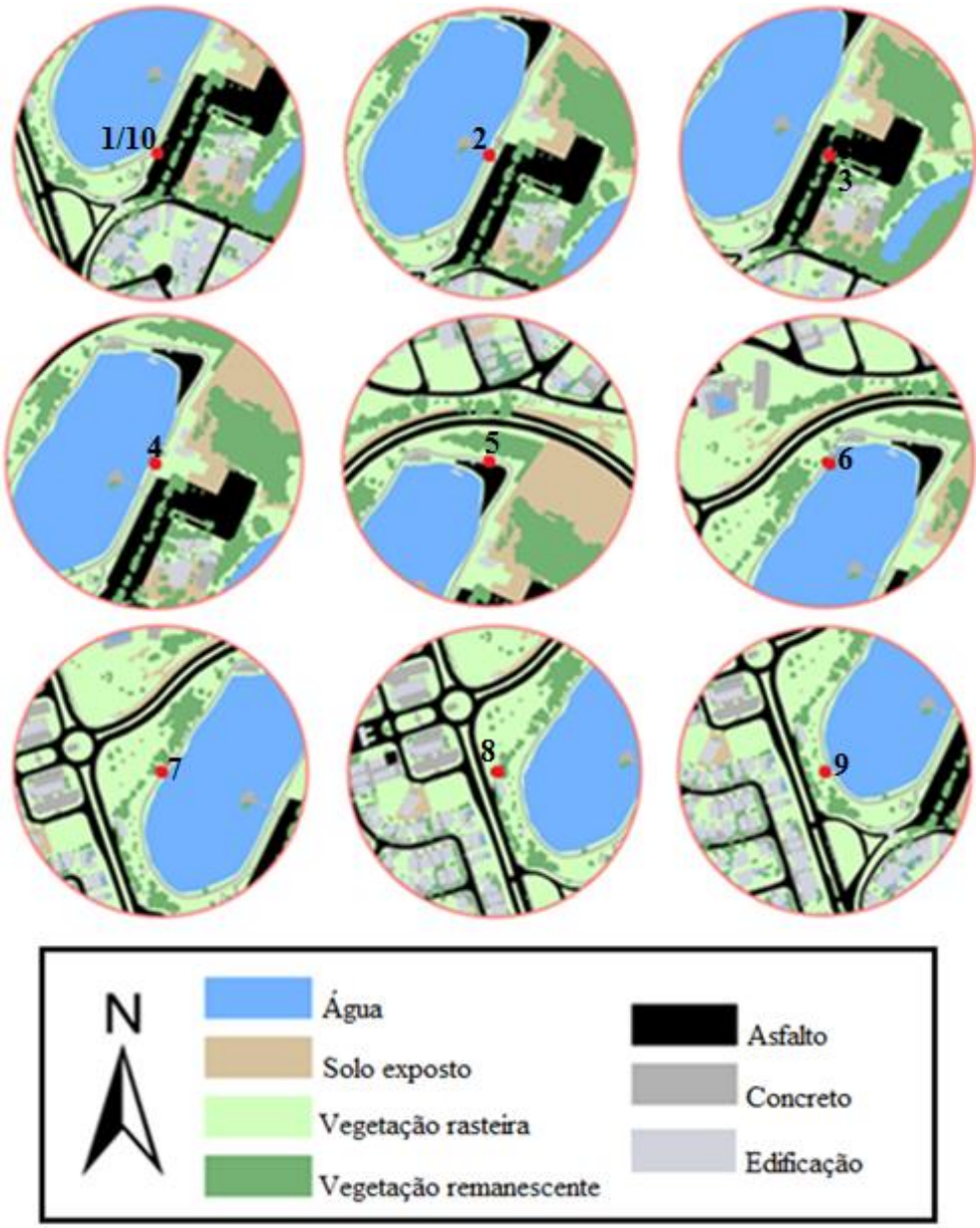


FIGURA 31 - Mapas de cobertura do solo dos dez pontos pertencentes ao PTN

Também considerando um raio de influência de 200 m, em primeira avaliação, é visualmente evidente que o PTN possui mais áreas impermeáveis que

o PA. E, para ampliar essa noção, a Tabela 27 quantifica os percentuais da classificação de cobertura do solo, feita para o PTN.

TABELA 27 - Percentuais das classes de cobertura do solo correspondentes ao PTN

Classes	**Pontos**								
	1/10	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Água	27	30	30	29	17	25	28	21	19
Solo exposto	04	06	07	09	18	04	04	03	03
Veg. rasteira	21	22	18	20	23	38	32	32	30
Veg. remanescente	14	17	19	19	18	11	07	07	07
Total permeável (%)	**66**	**75**	**74**	**77**	**76**	**78**	**71**	**63**	**59**
Asfalto	16	11	12	11	12	11	13	13	15
Concreto	07	08	07	07	06	06	10	11	10
Edificação	11	06	07	05	06	05	06	13	14
Total impermeável (%)	**34**	**25**	**26**	**23**	**24**	**22**	**29**	**37**	**39**

Mais uma vez e para todos os pontos, o percentual de cobertura permeável foi superior ao de cobertura impermeável, o que em termos de microclima urbano e qualidade de vida, é uma excelente condição.

Entre esses percentuais, os pontos 8 e 9 apresentaram as menores quantidades de cobertura permeável, com 63 % e 59 % respectivamente. Já os pontos 6 e 4, apresentaram as maiores quantidades, com 78 % e 77 % seguidamente.

No entanto, para a cobertura permeável, verifica-se também que, mesmo possuindo percentuais próximos, os pontos 8, 9 e 1/10 que obtiveram os menores valores, foram exatamente os que apresentaram as maiores T_a, T_s, v e menores UR.

Sob essa perspectiva, os resultados da correlação de Pearson entre os percentuais de cobertura permeável e impermeável e as variáveis microclimáticas caracterizadas sazonalmente no PTN, são exibidos na Tabela 28.

TABELA 28 - Correlação entre a cobertura do solo e as variáveis microclimáticas caracterizadas no PTN, para o período quente-úmido (QU) e quente-seco (QS), com nível de significância (Sig.) a 5 %

Fatores		**T_a (°C)**	**UR (%)**	**v (m s^{-1})**	**T_sA (°C)**	**T_sC (°C)**	**T_sG (°C)**	**T_sS (°C)**
QU	G1-G2	-0,514	0,402	-0,315	-0,468	-0,459	-0,451	-0,417
	Perm.	0,037	0,049	0,532	0,031	0,037	0,044	0,046
	G1-G2	0,544	-0,667	-0,333	0,187	0,186	0,187	0,187
	Imper.	0,010	0,025	0,520	0,015	0,015	0,015	0,015
	G3-G4	-0,601	0,456	-0,302	-0,205	-0,205	-0,204	-0,204
	Perm.	0,040	0,034	0,499	0,020	0,020	0,021	0,021
	G3-G4	0,308	-0,555	-0,249	0,180	0,180	0,181	0,180
	Imper.	0,020	0,010	0,089	0,006	0,006	0,006	0,006
QS	G1-G2	-0,415	0,605	-0,249	-0,398	-0,400	-0,400	-0,400
	Perm.	0,028	0,041	0,445	0,029	0,029	0,029	0,029
	G1-G2	0,542	-0,682	-0,411	0,200	0,200	0,201	0,200
	Imper.	0,009	0,021	0,149	0,011	0,011	0,011	0,011
	G3-G4	-0,689	0,701	-0,529	-0,305	-0,305	-0,305	-0,305
	Perm.	0,040	0,015	0,397	0,019	0,019	0,019	0,019
	G3-G4	0,407	-0,533	-0,358	0,199	0,199	0,197	0,198
	Imper.	0,041	0,013	0,264	0,017	0,017	0,016	0,016

O PTN deteve correlações iguais às do PA. Assim, os coeficientes de Pearson, identificados pela cor cinza, mostram que para a cobertura permeável, houve correlação negativa para todas as variáveis, exceto para a UR. E, os valores destacados pela cor branca, expressam que todas as correlações foram estatisticamente significativas, menos para a variável v.

Nesse sentido, no período QU, a correlação mais forte foi entre a cobertura permeável e a T_a e no período QS, entre cobertura permeável e a UR, para todos os grupos avaliados.

Por outro lado, para a cobertura impermeável, os coeficientes de Pearson denotam que houve correlações positivas para as variáveis T_a e T_s, e correlações negativas para as variáveis UR e v, sendo todas estatisticamente significativas, exceto a variável v. Assim, tanto no período QU, quanto no período QS, a correlação mais forte foi entre a cobertura impermeável e a UR, para todos os grupos em questão.

Por fim, considerando os resultados alcançados em ambos os parques, pode-se afirmar que a cobertura do solo foi uma característica que influenciou o

microclima dos mesmos e isso também foi certificado por Oliveira (2008), Oliveira (2011), Nince (2013) e Miranda (2018).

4.4 ESTIMAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

A temperatura radiante média (T_{rm}) participa das trocas de calor com o corpo e é imprescindível para a estimação do conforto térmico. Logo, seus resultados obtidos para o PA, são apresentados na Figura 32- a) e b).

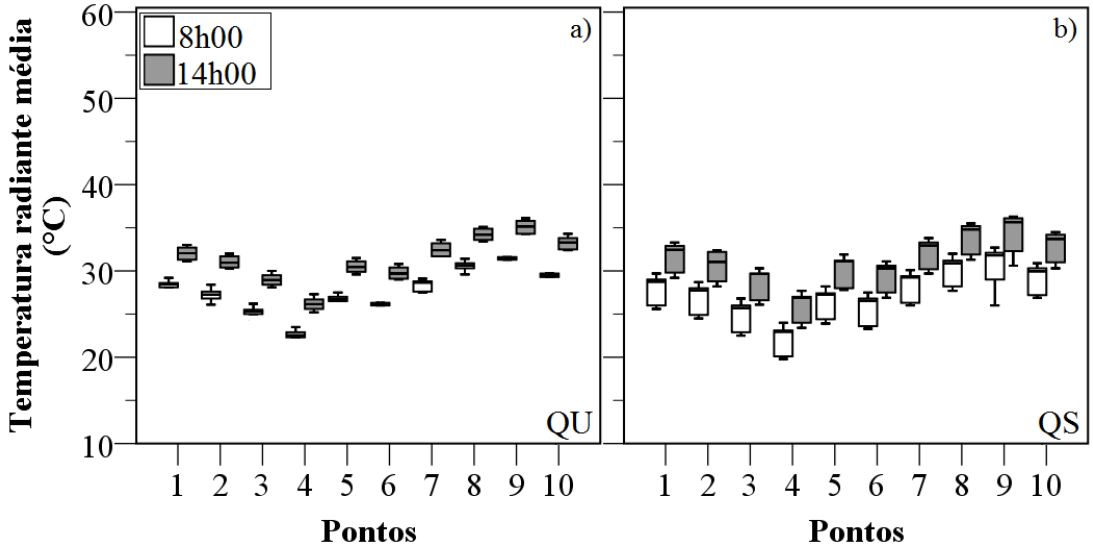


FIGURA 32 - a) T_{rm} no período quente-úmido (QU) e b) T_{rm} no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PA

Observa-se que a T_{rm} se comportou similarmente à T_a. Nesse contexto, no período QU o ponto 9 registrou o maior valor de T_{rm}, com 32,1 °C no horário das 14h00 e o menor valor no ponto 4, com 22,4 °C no horário das 8h00. Em contrapartida, no período QS, o maior valor foi de 37,1 °C e o menor de 19,9 °C para os mesmos pontos e horários sequencialmente.

Condições semelhantes também foram encontradas por Ribeiro (2019) e a importância da T_{rm} para estimar o conforto térmico em ambientes abertos, vem sendo enfatizada por diversos autores (THORSSON *et al*., 2007; MATZARAKIS *et al*., 2010; KRÜGER *et al*., 2011; ABREU-HARBICH *et al*., 2015).

A partir disso e resultante do conjunto de todas as variáveis ambientais e pessoais, os valores do UTCI são destacados na Figura 33 - a) e b), com intuito de representar o conforto térmico no PA.

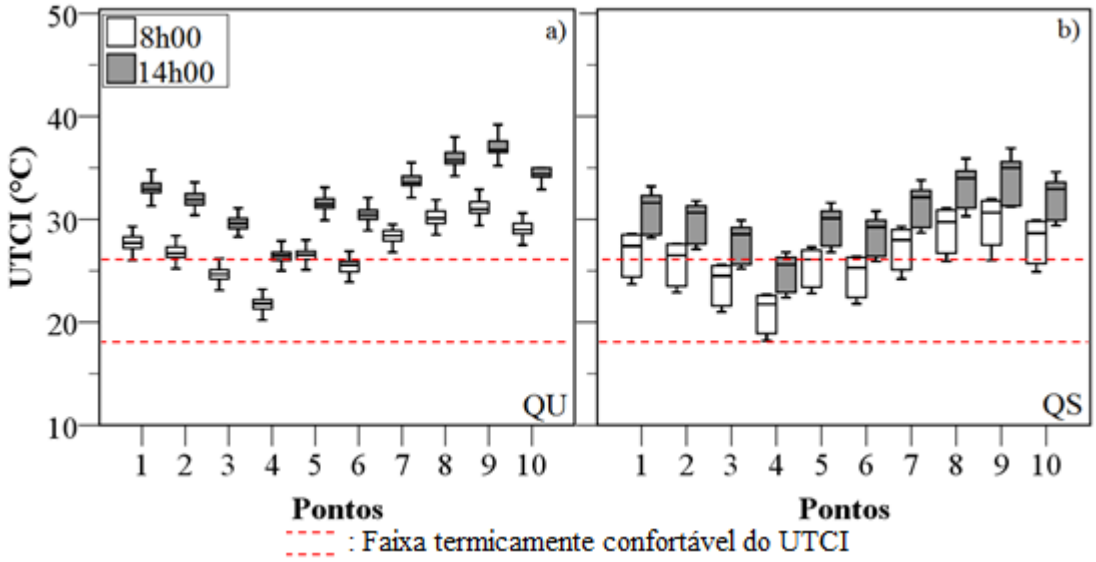


FIGURA 33 - a) Resultados do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Resultados do UTCI no período quente-seco (QS), para os dez pontos pertencentes ao PA

Considerando a faixa termicamente confortável do UTCI, proposta por Havenith & Fiala (2015), que varia de 18 a 26 °C e está destacada de vermelho, nota-se que no período QU, houve conforto térmico para os pontos 1 ao 6. Nesses pontos, o conforto foi obtido somente no horário das 8h00, excetuando-se o ponto 4, que obteve nos dois horários. Quanto ao período QS, respeitando a mesma faixa e sob a mesma condição horária, verifica-se que em todos os dez pontos houve conforto térmico.

Em ambos os períodos e às 14h00, o ponto que mais se afastou da faixa termicamente confortável, foi o 9, que apresentou UTCI de 39,9 °C no período QU e de 37,3 °C no período QS. Valores que se enquadram em fortíssimo estresse para o calor (38 a 46 °C) e forte estresse para o calor (32 a 38 °C), consecutivamente.

Fisicamente, a explicação do período QU ter sido menos confortável que o período QS, dar-se-á pelo baixo gradiente de umidade entre a superfície corporal e o ambiente que o circunda, tendo em vista que a velocidade do vento influenciou da mesma maneira. Em outras palavras, a maior UR faz com que o ar

parcialmente saturado, evapore menos suor da pele, provocando maior estresse térmico (AFLAKI *et al.*, 2015).

Em relação aos horários, o motivo pelo qual justifica às 8h00 ter sido mais confortável que às 14h00, dar-se-á pelo alto gradiente de temperatura entre a superfície corporal e o ambiente que está inserido. Ou seja, a pele com maior temperatura, perde mais calor para um ambiente com menor T_a, desencadeando menor estresse térmico (NASCIMENTO, 2016).

Ademais, Monteiro (2008), Nince *et al.* (2013) e Ribeiro (2019), mesmo trabalhando com outros índices, também constataram resultados semelhantes, reforçando a universalidade do índice UTCI.

Para entender melhor a dinâmica do conforto térmico no PA, a Figura 34 - a) e b), destaca os percentuais do UTCI obtidos para cada ponto.

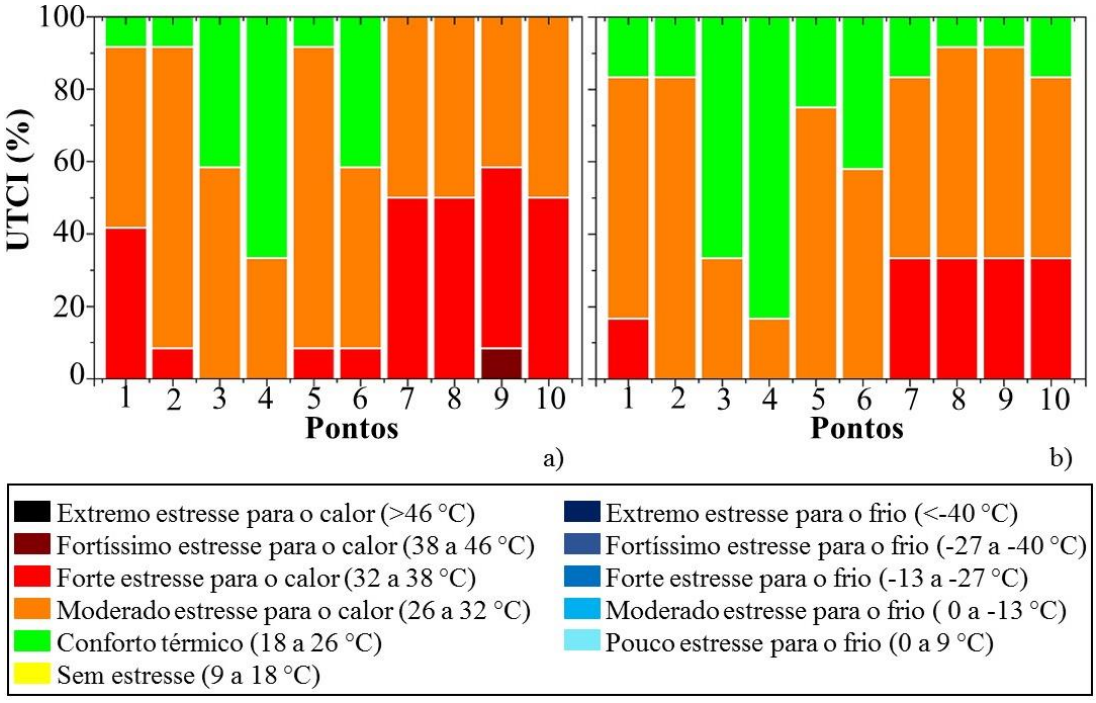


FIGURA 34 - a) Percentuais do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Percentuais do UTCI no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PA

Em geral, fica evidente que para o PA, a variação dos níveis sem estresse, até extremo estresse para o frio, foram inexistentes, o que já era esperado para o clima característico de Cuiabá.

No período QU, entre os pontos que houve conforto térmico, o ponto 4 apresentou o maior percentual, com 66,7 % e os pontos 1, 2 e 5 apresentaram os

menores percentuais, todos com 8,3 %. Em contrapartida, entre os pontos que não houve conforto térmico, os pontos 7, 8 e 10, registraram a mesma perspectiva térmica, com 50,0 % dos resultados concentrados em forte estresse para o calor e os outros 50,0 % em moderado estresse para o calor. E, o ponto 9, contracenou de forma individual, representando o pior ponto em termos de estresse térmico, com 8,3 % dos resultados concentrados em fortíssimo estresse para o calor, 50,0 % em forte estresse para calor e 41,7 % em moderado estresse para o calor.

No período QS, para todos os pontos que houve conforto térmico, o ponto 4 apresentou o maior percentual, com 83,3 %. Os pontos 8 e 9 apresentaram os menores percentuais de conforto térmico, ambos com 8,3% e foram exatamente os que também se destacaram como os piores em relação ao estresse térmico, com 33,3 % dos resultados concentrados em forte estresse para o calor e 58,3 % em moderado estresse para o calor.

Sendo assim, comparando os períodos e os maiores percentuais do UTCI na faixa termicamente confortável, o ponto 4 atingiu uma amplitude equivalente a 16,6 °C, ressaltando a influência sazonal do conforto térmico no PA.

A T_{rm} calculada para os dez pontos pertencentes ao PTN é demonstrada na Figura 35 - a) e b).

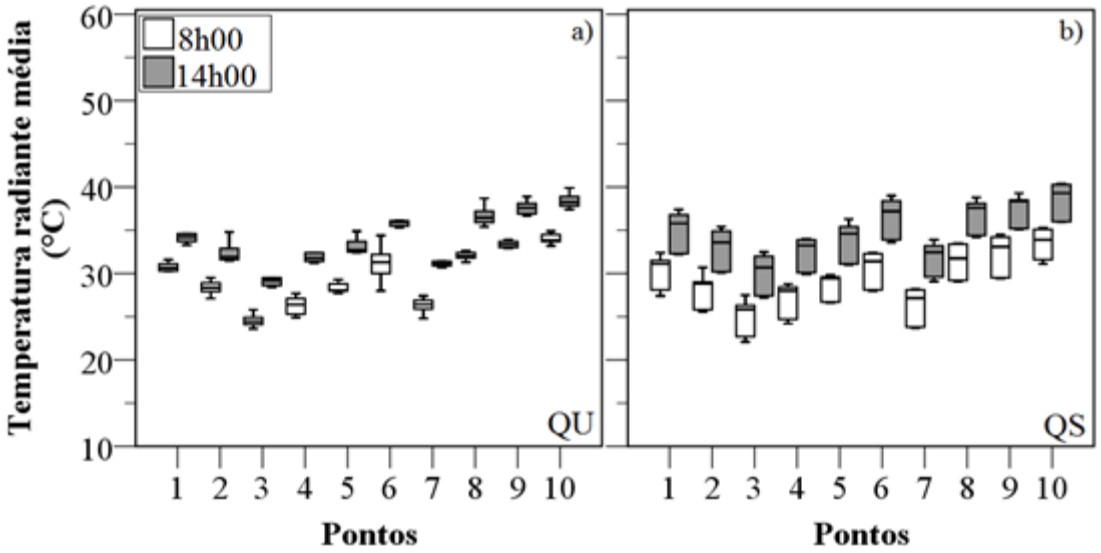


FIGURA 35 - a) Trm no período quente-úmido (QU) e b) Trm no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PTN

Analogamente ao que ocorreu no PA, no PTN também foi verificada uma tendência da T_{rm} similar ao da T_a e isso deve-se à radiação solar, que interage com essas variáveis de modo semelhante.

Então, pode-se constatar que no período QU o ponto 10 registrou o maior valor de T_{rm}, com 40,0 °C no horário das 14h00 e o menor valor no ponto 3, com 24,6 °C no horário das 8h00. Antagonicamente, no período QS, o maior valor foi de 40,1 °C e o menor foi de 22,2 °C, para os mesmos pontos e horários sequencialmente.

A T_{rm} em conjunto com as demais variáveis mensuradas e estabelecidas para o PTN, permitiu a estimação do conforto térmico, que é ilustrado na Figura 36 - a) e b).

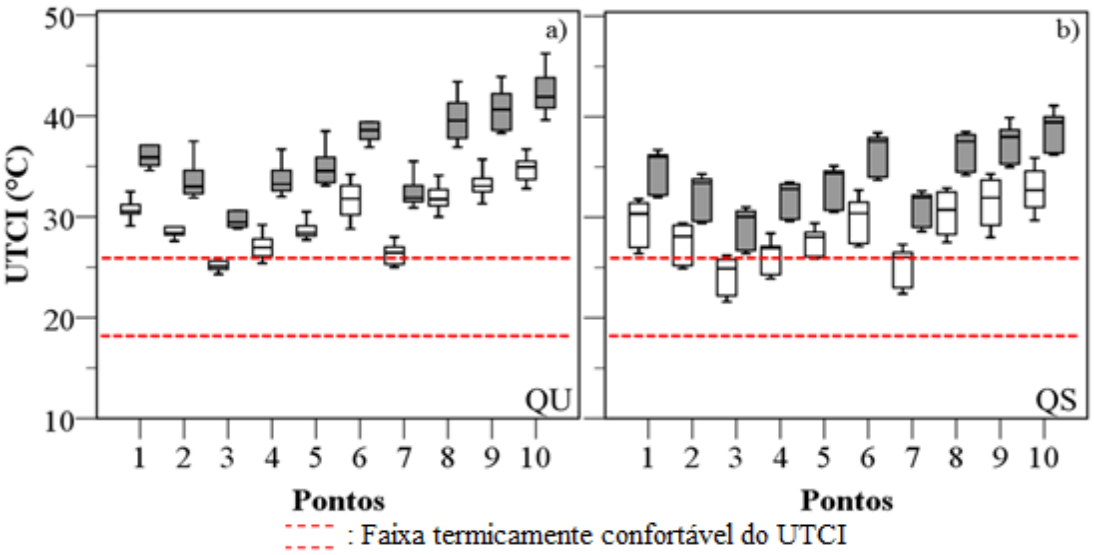


FIGURA 36 - a) Resultados do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Resultados do UTCI no período quente-seco (QS), para os dez pontos pertencentes ao PTN

Avaliando a faixa termicamente confortável do UTCI (18 a 26 °C), proposta por Havenith & Fiala (2015) e evidenciada de vermelho, percebe-se que no QU, apenas os pontos 3, 4 e 7 alcançaram conforto térmico e os três no horário das 8h00. No período QS, sob as mesmas condições, somente os pontos 2, 3, 4, 5 e 7 alcançaram conforto térmico, todos também no horário das 8h00.

No mais, tanto no período QU, quanto no período QS, o ponto que mais se distanciou da faixa termicamente confortável, foi o 10, que registrou UTCI de

45,9 °C no período QU e de 41,4 °C no período QS. Valores que se enquadram em fortíssimo estresse para o calor (38 a 46 °C).

A Figura 37 mostra com mais detalhes os percentuais do UTCI obtidos para cada ponto.

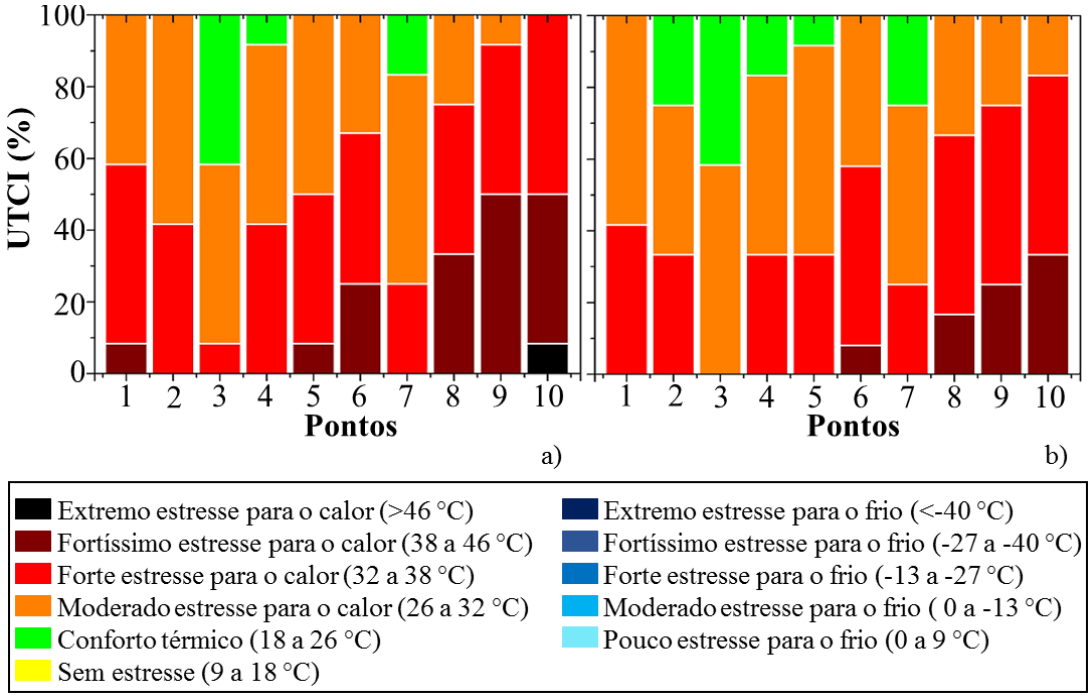


FIGURA 37 - a) Percentuais do UTCI no período quente-úmido (QU) e b) Percentuais do UTCI no período quente-seco (QS) para os dez pontos pertencentes ao PTN

Primeiramente, vale ressaltar que mais uma vez a variação dos níveis sem estresse, até extremo estresse para o frio, foram inexistentes. Contudo, o estresse térmico foi mais intenso no PTN que no PA, com a inclusão da faixa de extremo estresse para o calor.

Logo, no período QU, entre os pontos que houve conforto térmico, o ponto 3 estimou o maior percentual, com 41,7 % e o ponto 4 o menor, com 8,3 %. Já o ponto 10, que mais se distanciou do conforto térmico, concentrou seus resultados em extremo estresse para o calor, com 8,33 %, fortíssimo estresse para o calor, com 41,7 % e forte estresse para o calor, com 50,0 %.

No período QS, também considerando os pontos que houve conforto térmico, o ponto 3 manteve o maior percentual, com 41,7 % e o ponto 5, obteve o menor percentual, com 8,3 %. Fora dessa faixa, o ponto 10, que atingiu os piores

percentuais de UTCI, concentrou seus resultados em fortíssimo estresse para o calor, com 33,3 %, forte estresse para o calor, com 50,0 % e moderado estresse para o calor, com 16,7 %.

Para finalizar, mesmo que o ponto 3 não tenha alcançado amplitude entre o período QU e QS, os demais percentuais do UTCI reiteram a sazonalidade do conforto térmico no PTN.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do microclima por Transectos móveis, permitiu inferir que no PA, a proximidade com a extensa área verde (249.050 m²) juntamente com o lago e as características do entorno, provocaram mais efeitos positivos no microclima, quando comparado ao que ocorreu no PTN, que na ausência de uma extensa área verde (85.000 m^2), teve seus efeitos positivos pautados nas condições do entorno e em árvores isoladas ao redor do lago.

Dessa forma, fica evidente a importância de parques dentro ou próximos à extensas áreas verdes, pois um parque que em sua totalidade influencia beneficamente o microclima, é melhor que outro, que tem apenas alguns pontos desempenhando esse papel.

A análise das condições microclimáticas de cada parque em relação à estação meteorológica fixa, permitiu concluir que em ambos parques, o método do Transecto móvel foi validado ao da estação tida como referência, apresentando tendências semelhantes para todas as variáveis aferidas e representando o clima característico de Cuiabá.

Em relação a avaliação dos aspectos morfológicos, somente a cobertura do solo se correlacionou com as variáveis mensuradas nos dois parques, evidenciando que quanto maior o percentual de cobertura permeável, melhores são as condições microclimáticas.

A estimação do conforto térmico pelo UTCI mostrou-se adequada para os parques de Cuiabá. Todavia, os percentuais obtidos no horário das 14h00 foram desfavoráveis, indicando a indispensabilidade de estratégias bioclimáticas para amenizar os impactos provocados pelo microclima local, como por exemplo, o plantio de árvores ao longo de toda a pista de caminhada. Além disso, é importante mencionar que no PA, o melhor ponto em termos de conforto térmico foi o 4 e, exatamente nesse ponto, tem-se uma academia ao ar livre. No PTN, o ponto 8 está entre os piores em relação ao conforto térmico e, justamente nesse ponto, tem-se o *playground*.

A partir disso, reforça-se a importância desse tipo de trabalho, pois serve como ferramenta de auxílio aos gestores, para o planejamento, reestruturação ou

construção de novos parques urbanos, eficientemente adequados. Isso porque, os mesmos podem amenizar os impactos na qualidade de vida dos cidadãos de Cuiabá-MT, causados pelos recordes de elevadas temperaturas de ar, aliados à fumaça das queimadas e consequentemente as baixas umidades relativas do ar,

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados alcançados na presente pesquisa motivam estudos complementares, que possam contribuir para o avanço do conhecimento científico e melhorar a qualidade de vida nas cidades. Portanto, recomenda-se:

a) Analisar o microclima e o conforto térmico em parques urbanos de cidades distintas do Brasil;
b) Comparar o microclima e o conforto térmico em parques urbanos com corpos hídricos diferentes (lagos, nascentes, rios, córregos);
c) Simular em parques urbanos os efeitos do sombreamento de diferentes espécies arbóreas, de árvores agrupadas e separadas, com a presença e a ausência de corpos hídricos;
d) Avaliar as condições microclimáticas encontradas em parques urbanos, com as encontradas ao longo de seu entorno;
e) Estudar a dispersão de poluentes atmosféricos em parques urbanos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1 REFERÊNCIAS 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.

AFLAKI, A.; MAHVUDDIN, N.; MAHMOUD, Z. A. C. & BAHARUM, M. R. **A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates**. Energy and Buildings, v. 101, p. 153-162, aug. 2015.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia Aplicada à Geografia**. Paraíba: Eduepb, 2016. p. 1-329.

ALVES, E. D. L. & VECCHIA, F. A. S. **Infuência de diferentes superfícies na temperatura e no fuxo de energia: um ensaio experimental**. Ambiência Guarapuava, v. 8, n. l, p. 101-111, jan./abr. 2012.

AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY. **Glossary of meteorology**. Boston, 26 jun. 2018. Disponível em: http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page. Acesso em: 24 ago. 2018.

ANDRADE, T. C. Q.; MÉNDEZ, K. U.; ROCHA, M. M. B. & BASTOS, M. de S. **Condições de conforto térmico na orla de Salvador abrangida pela lei municipal 5.502/99**. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro, SP. Anais. São Pedro, SP: ENTAC, 2001. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-2: **3º Projeto revisão ABNT NBR 16401-2**: Rio de Janeiro, p. 2, 2017.

BAKLANOV, A.; GRIMMOND, C. S. B.; CARLSON, D.; TERBLANCHE, D.; TANG, X.; BOUCHET, V.; LEE, B.; LANGENDIJK, G.; KOLLI, R. K. & HOVSEPYAN, A. **From urban meteorology, climate and environment research to integrated city services**. Urban Climate, v. 23, p. 330-341, mar. 2018.

BATISTA, T. B.; CARDOSO, E. D.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E. & SÁ, M. E. **Priming and stress under high humidity and temperature on the physiological quality of Brachiaria brizantha cv. MG-5 seeds**. Acta Scientiarum Agronomy, v. 38, n. 1, p. 123-127, jan/mar. 2016

BEM, J. S.; GIACOMINI, N. M. R. & WAISMANN, M. **Utilização da técnica da análise de clusters ao emprego da indústria criativa entre 2000 e 2010:**

estudo da Região do Consinos, RS. Interações, v. 16, n. 1, p. 27-41, jan/jun. 2015.

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. & LOMBARDO, M. A. **Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos**. In: Anais Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte: INPE, p. 1741- 1748. 2003.

CASTELLANI, J. W. & YOUNG, A. J. **Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure**. Autonomic Neuroscience, v. 196, p. 63-74, abr. 2016.

CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2012. 265f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

CHARKOUDIAN, N. **Human thermoregulation from the autonomic perspective**. Autonomic Neuroscience, v. 196, p. 1-2, abr. 2016.

CHEGURY, J. Q. B. M. **Análise da variação termo-higrométrica e das ilhas de calor em Cuiabá – MT**. 2019. 138f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

CHEN, J.; ZHOU, Z.; WU, J.; HOU, S. & LIU, M. **Field and laboratory measurement of albedo and heat transfer for pavement materials**. Construction and Building Materials, v. 202, p. 46-57, marc. 2019.

CHRISTOPHERSON, R. W. & BIRKELAND, G. H. Geossistemas: **Uma introdução à geografia física**. Porto Alegre: Bookman 9ª ed., 2017. p. 1-688.

CHUKWUJINDU, N. S. **A comprehensive review of empirical models for estimating global solar radiation in Africa**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 78, p. 955-995, out. 2017.

CIRAM – CENTRO DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA. **Escalas de vento e mar**, 2020. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=224:escalas-dep-vento-e-mar&catid=2:sem-categoria&popup=true. Acesso em: 07 de abr. 2020.

COSTA, A. & ARAÚJO, V. **Estudo do conforto térmico em ambientes externos: o caso de Petrópolis em Natal/RN**. In: VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba, PR. Anais. Curitiba, PR: ENTAC, 2003. 1 CD-ROM. p.616-623.

COSTA, A.; RODRIGUES, G. M. & LABAKI, L. C. **Tipos de revestimento do solo e sua influência no microclima: estudo de caso para a Unicamp – SP**. In:

VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió, AL. Anais. Maceió, AL: ENTAC, 2005. 1 CD-ROM.

CORREA, A. P. A.; QUEIROZ, E. & TREVISAN, N. **Teste do qui-quadrado**, 2020. Disponível em: http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:ce001:teste_do_qui-quadrado.pdf. Acesso em 15 jan. 2020.

COTTER, M.; ASCH, F.; HILGER, T.; RAJAONA, A.; SCHAPPERT, A.; STUERZ, S. & YANG, X. **Measuring leaf area index in rubber plantations - a challenge**. Ecological Indicators, v. 82, p. 357-366, nov. 2017.

CRAMER, M. N. & JAY, O. **Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress**. Autonomic Neuroscience, v. 196, p. 3-13, abr. 2016.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. **Composição dos Bairros de Cuiabá – Database 2011**. 3. Edição revista e atualizada. SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2013.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. **Evolução Urbana de Cuiabá**. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2010.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. **Uso, Ocupação e Urbanização do Solo – Legislação** [Jandira Maria Pedrollo – Org.]. SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2011.

CUIABÁ. Câmara Municipal de Cuiabá. **Lei n. 389 de novembro de 2015. Disciplina o Uso e Ocupação do Solo no Município de Cuiabá**. Disponível em: http://www.smades.cuiaba.mt.gov.br/storage/app/media/LC_389_de_2015_Uso_e_ocupacao_do_solo.pdf. Acesso em 21 jul. 2020.

DACANAL, C.; RIBEIRO, B.; RANCURA, R. L. & LABAKI, L. C. **Conforto térmico em espaços livres públicos: estudo de caso em Campinas, SP**. In: X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 10, 2009, Natal, RN. Anais. Natal, RN: ENTAC, 2009. 1 CD-ROM

DECLET-BARRETO, J.; KNOWLTON, K.; JENERETTE, G. D. & BUYANTUEV, A. **Effects of urban vegetation on mitigating exposure of vulnerable populations to excessive heat in Cleveland, Ohio**. American Meteorological Society, out. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1175/WCAS-D-15-0026.s1. Acesso em: 24 out. 2018.

DEILAMI, K.; KAMRUZZAMAN, M. & HAYES, J. F. **Correlation or causality between land cover patterns and the urban heat island effect? Evidence from Brisbane, Australia**. Remote Sensing, v. 8, n. 9, p. 716, ago. 2016.

DEUTSCHER, J.; KUPEC, P.; KUCERA, A.; URBAN, J.; LEDESMA, J. L. J. & FUTTER, M. **Ecohydrological consequences of tree removal in an urban park evaluated using open data, free software and a minimalist measuring**

campaign. Science of the total enviroment, v. 655, n. 10, p. 1495-1504, mar. 2019.

ELE, T.; WANG, D. & QU, Y. **Land surface albedo**. Comprehensive Remote Sensing, v. 5, p. 140-162, 2018.
EVELYN, J. **Fumifugium or The Inconveniencie of the aer and smok of London dissipated**. London: The Rota at the University of Exeter, 1661. p. 1-16.

FARAJZADEH, H.; SALIGHEH, M. & ALIJANI, B. **Application of universal thermal climate index in iran from tourism perspective**. Journal of Natural Environment Hazards, v. 5, n. 7, p. 117-137, 2016.

FENG, L.; LIN, A.; WANG, L.; QIN, W. & GONG, W. **Evaluation of sunshine-based models for predicting diffuse solar radiation in China**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 94, p. 168-182, out. 2018.

FERREIRA, C. C. **Avaliação de conformidade da adequabilidade climática de edificações residenciais**. 2015. 435f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

FIALA, D.; LOMAS, K. J. & STOHRER, M. **A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system**. Journal of Applied Physiology, v. 87, n. 5, p. 1957-1972, nov. 1999.

FIALA, D.; LOMAS, K. J. & STOHRER, M. **Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions**. International Journal of Biometeorology, v. 45, n. 3, p. 143-159, sep. 2001.

FIALA, D.; LOMAS, K. J. & STOHRER, M. **Dynamic simulation of human heat transfer and thermal comfort**. In: Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Ergonomics, Portoroz, Slovenia, p.513-515, 2007.

FIALA, D.; LOMAS, K. J. & STOHRER, M. **First principles modeling of thermal sensation responses in steady-state and transient conditions**. ASHRAE Transactions, v. 109, n. 1, p. 179-186, jan. 2003.

FIALA, D.; HAVENITH, G.; BRÖDE, P.; KAMPMANN, B. & JENDRITZKY, G. **UTCI-Fiala multi-node model of human temperature regulation and thermal comfort**. International Journal of Biometeorology, v. 56, n. 3, p. 429-441, may. 2012.

FOKEN, T. **Micrometeorology**. Berlim: Springer 2ª ed., 2017. p. 1-362.

FRANCO, F. M. **Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do Porto em Cuiabá-MT**. 2013. 142f. Tese

(Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

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

FRÖHLICH, D. & MATZARAKIS, A. **Estimation of human-biometeorological conditions in south west Germany for the assessment of mitigation and adaptation potentia**. In: Conference: 9th International Conference on Urban Climate, Toulouse - France, jul. 2015.

GALVAN, T. F. O. **Condições de estresse e conforto térmico em fábrica de pré-moldado em Ponta Grossa - PR**. 2018. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

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

GARUMA, G. F.; BLANCHET, J-P.; GIRARD, E. & LEDUC, M. **Urban surface effects on current and future climate**. Urban Climate, v. 24, p. 121-138, jun. 2018.

GEBERT, L. L.; COUTTS, A. M. & TAPPER, N. J. **The influence of urban canyon microclimate and contrasting photoperiod on the physiological response of street trees and the potential benefits of water sensitive urban design**. Urban Forestry & Urban Greening, jul. 2018.

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

GÓMEZ, F.; CUEVA, A. P.; VALCUENDE, M. & MATZARAKIS, A. **Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET)**. Ecological Engineering, v. 57, p. 27-39, aug. 2013.

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J. & KERSHAW, T. **Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity**. Science of the Total Environment, v. 584-585, p. 1040-1055, abr. 2017.

GUO, H.; TEITELBAUM, E.; HOUCHOIS, N.; BOZLAR, M. & MEGGERS, F. **Revisiting the use of globe thermometers to estimate radiant temperature in studies of heating and ventilation**. Energy and Buildings, v. 180, p. 83-94, dec. 2018.

HÄB, K.; RUDDELL, B. L. & MIDDEL, A. **Sensor lag correction for mobile urban microclimate measurements**. Urban Climate, v. 14, p. 622-635, dec. 2015.

HANAFI, A. & ALKAMA, D. **Role of the urban vegetal in improving the thermal comfort of a public place of a contemporary Saharan city**. Energy Procedia, v. 119, p. 139152, jul. 2017.

HAVENITH, G. & FIALA, D. **Thermal Indices and Thermophysiological Modeling for Heat Stress**. Comprehensive Physiology, v. 6, n. 1, p. 255-302, dec. 2015.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **The six basic factors**. Disponível em: http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/factors.htm. Acesso em: 03 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e Estados**. 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/cuiaba.html. Acesso em: 01 abr. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Glossário**. 2018. Disponível em: inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario. Acesso em: 23 out. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Nota Técnica n. 001/2011 - **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas. Acesso em: 13 mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Estação de Cuiabá - Climatologia Local**. 2020. Disponível em: http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/cuiaba_clima.html. Acesso em: 13 fev. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726: thermal environments: instruments and methods for measuring physical quantities**. Switzerland: ISO, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730: Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PDD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. Genève: ISO, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920**: **Ergonomics of the thermal environments – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**. Genève: ISO, 2007.

JAMIL, B. & BELLOS, E. **Development of empirical models for estimation of global solar radiation exergy in India**. Journal of Cleaner Production, v. 207, p. 1-16, jan. 2019.

JIN, H.; SAHO, T. & ZHANG, R. **Effect of water body forms on microclimate of residential district**. Energy Procedia, v. 134, p. 256-265, out. 2017.

JING, Z. & SHAORONG, X. **Improve extinction coefficient accuracy with optical compensation**. Optik, v. 127, p. 8394-8401, out. 2016.

JUSTI, A. C. A.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANTOS, F. M. M.; DE MUSIS, C. R. & NOGUEIRA, J. S. **Impacto da morfologia de parque urbano no microclima e no conforto térmico de Cuiabá-Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 24, p. 20-38, jan. 2019.

KAMBEZIDIS, H. D. **The solar radiation climate of Athens: Variations and tendencies in the period 1992-2017, the brigtening era**. Solar Energy, v. 173, p. 328-47, out. 2018.

KATZAV, J. & PARKER, W. S. **Issues in the theoretical foundations of climate science**. Studies in History and Philosophy of Modern Physics, v. 63, p. 141-149, ago. 2018.

KC, A.; WHALE, J. & URMEE, T. **Urban wind conditions and small wind turbines in the built environment: A review**. Renewable Energy, v. 131, p. 268-283, fev. 2019.

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.

LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência energética em edificações, 1ª ed., Florianópolis, 2016.

LAMBERTS, R. & DUARTE, C. P. V. **Desempenho Térmico de Edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência energética em edificações, 7ª ed., Florianópolis, mar. 2016

LEE, X. **Fundamentals of Boundary-Layer Meteorology**. Berlim: Springer, 2018. p. 1-256.

LEI, Y.; WEI, W. & CHEN, L**. How does imperviousness impact the urban rainfall-runoff process under various storm cases?** Ecological Indicators, v. 60, p. 893-905, jan. 2016.

LEVEMORE, G.; PARKINSON, J.; KWANHO, L.; LAYCOCK, P. & LINDLEY, S. **The increasing trend of the urban heat island intensity**. Urban Climate, v. 24, p. 360-368, jun. 2018.

LI, H.; MEIER, F.; LEE, X.; CHAKRABORTY, T.; LIU, J.; SCHAAP, M. & SODOUDI, S. **Interaction between urban heat island and urban pollution island during summer in Berlin**. Science of the Total Environment, v. 636, p. 818-828, set. 2018.

LI, J.; NIU, J.; MAK, C. M.; HUANG, T. & XIE,Y. **Assessment of outdoor thermal comfort in Hong Kong based on the individual desirability and acceptability of sun and wind conditions**. Building and Environment, v. 145, p. 50-61, nov. 2018.

LIMA, L. C. **Conforto térmico em espaços abertos: Estudo de caso em um Parque Urbano na cidade de João Pessoa-PB**. 2016. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

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

LIU, W.; HAN, Y.; LI, J.; TIAN, X. & LIU, Y. **Factors affecting relative humidity and its relationship with the long-term variation of fog-haze events in the Yangtze River Delta**. Atmospheric Environment, v. 193, p. 242-250, nov. 2018.

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

MARINO, C.; NUCARA, A.; PERI, G.; PIETRAFESA, M. & RIZZO, G. **A generalized model of human body radiative heat exchanges for optimal design of indoor thermal comfort conditions**. Energy Solar, v. 176, p. 556-571, dez. 2018.

MARÔCO, J. **Análise Estatística com o SPSS Statis**tics. 7ª ed. Report Number, Ltda. 2018, p. 650.

MARRA, N. C. S. N. **Avaliação do conforto térmico em conjunto habitacional de interesse social-Simulação computacional com o programa Solene Microclima**. 2017. 147f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MARTINI, A. BIONDI, D. & BATISTA, A. C. **Urban forest components influencing microclimate and cooling potential**. Revista árvore, v. 41, n. 6, p. 1-12, jun. 2017.

MASSON, V.; LEMONSU, A. & VOOGT, J. **The 9th International Conference on Urban Climate**. Urban Climate, v. 23, p. 1-7, mar. 2018.

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

MELNIKOV, V.; KRZHIZHANOVSKAYA, V.; LEES, M. H. & SLOOT, P. M. A. **System dynamics of human body thermal regulation in outdoor environments**. Building and Environment, v. 143, p. 760-769, out. 2018.

METJE, N.; STERLING, M. & BAKER, C. J. **Pedestrian comfort using clothing values and body temperatures**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 96, n. 4, p. 412-435, apr. 2008.

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

MIRANDA, S. A.; PAULA, D. C. J.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, J. S.; SANTOS, F. M. M. & NOGUEIRA, M. C. J. A. **Análise de proposta alternativa na obtenção do fator de visão de céu por método fotográfico**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 23, p. 88-105, jul. 2018.

MIRANDA, S. A. **Sombreamento arbóreo em superfícies pavimentadas de área urbana tropical**. 2018. 91f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

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.

MORILLE, B. & MUSY, M. **Comparison of the impact of three climate adaptation strategies on summer thermal confort - Cases study in Lyon, France**. Procedia Environmental Sciences, v. 38, p. 619-626, 2017.

NASCIMENTO, D. S. C. **Obtenção da zona de conforto utilizando redes neurais artificiais**. 2016. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

NIEMEYER, C. A. da C**. Percepção e desempenho ambiental em praças públicas na cidade de Caraguatatuba-SP**. 2015. 174f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

NINCE, P. C. C. **Vegetação e revestimentos urbanos: Implicações na Sensação Térmica dos usuários do Campus da UFMT em Cuiabá – MT**. 2013. 108f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

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.

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

OKE, T. R. **Methods in urban climatology**. In: W. KIRCHHOFER, A. OHMURA and H. WANNER (Editors), Applied Climatology (Ziircher Geog. Schriften, 14). Eidgenössiche Technische Hochschule Geographische Institut, Zurich: 1984, p. 19-29.

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

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A. & VOOGT, J. A. **Urban climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. p. 1-542.

OLIVEIRA A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. 2011. 162f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

OLIVEIRA, A. G. **Avaliação das temperaturas superficiais do solo em relação à conformação urbana existente na praça do aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande/MT**. 2008. 80f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

OLIVEIRA, A S; NOGUEIRA, M C J A; SANCHES, L; NOGUEIRA, J S. **Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Br**asil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.4, p.389-400, 2013.

SHASHUA-BAR, L.; TSIROS, I. X.; HOFFMAN M. E. **A modeling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees. Case study: Athens, Greece**. Building and Environment, Oxford, n. 45, p. 2798-2807, 2010.

SPANGENBERG, J; SHINZATO, P; JOHANSSON, E; DUARTE D. **Simulação da influência da vegetação no microclima urbano e conforto térmico na cidade de São Paulo**. Revista SBAU, Piracicaba, v.3, n.2, p. 1-19, 2008.

PAPPENBERGER, F.; JENDRITZKY, G.; STAIGER, H.; DUTRA, E.; GIUSEPPE, F.; RICHARDSON, D. S. & CLOKE, H. L. **Global forecasting of thermal health hazards: the skill of probabilistic predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI)**. International Journal of Biometeorology, v. 59, n. 3, p. 311-323, mar. 2015.

PAREJA JÚNIOR, J.; AUGUSTO NETO, M.; AGOSTINHO, M. V. V.; MANCINI, M. T.; SPOSITO, M. E. B. & BARTHOLOMEI, C. L. **Praças em Presidente Prudente - SP: levantamento de parâmetros ambientais e pessoais para análise de conforto térmico no período de inverno**. In: IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9, 2007, Ouro Preto, MG. Anais. Ouro Preto, MG: ENTAC, 2007. 1 CD-ROM.

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

PAULA, D. C. J.; MIRANDA, S. A. GAIO, D. C.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S. & NOGUEIRA, M. C. J. **Fator de visão do céu e sombreamento arbóreo em área verde urbana de clima tropical**. Sociedade Brasileira de Aborização Urbana, v. 11, n. 4, p. 18-31, nov. 2016.

PETERSEN, J. F.; SACK, D. & GABLER, R. E**. Fundamentos de Geografia física**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. p. 1-480.

PHELAN, P. E.; KALOUSH, K.; MINER, M.; GOLDEN, J.; PHELAN, B.; SILVA III, H. & TAYLOR, R. A. **Urban Heat Island: Mechanisms, Implications, and Possible Remedies**. Annual Review of Environment and Resources, v. 40, p. 285-307, 2015.

PICOT, X. **Thermal comfort in urban spaces: impact of vegetation growth: Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy**. Energy and Buildings, v. 36, n. 4, p. 329-334, apr. 2004.

PROVENÇAL, S., BUCHARD, V., da SILVA, A.M., LEDUC, R. BARRETTE, **Evaluation of PM surface concentrations simulated by Version 1 of NASA's MERRA Aerosol Reanalysis over Europe**. Atmospheric Pollution Research, V. 8, n. 2, p. 374-382, mar. 2017

QAID, A.; LAMIT, H. B.; OSSEN, D. R. & SHAHMINAN, R. N. **Urban heat island and thermal comfort conditions at micro-climate scale in a tropical planned city**. Energy and Buildings, v. 133, n. 1, p. 577-595, dec. 2016.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. S.; VON RADOW, C. & MARQUES FILHO, A. O. **Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (Kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas – Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 2, p. 204-294, 2011.

RIBEIRO, K. F. A. **Calibração do índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá- MT**. 2019. 104f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

RIBEIRO, K. F. A; JUSTI, A. C. A.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MUSIS, C. R. **Análise dos índices de conforto térmico pmv e pet em diferentes tipos de coberturas em ambiente aberto na cidade de Cuiabá-MT.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, p. 561-578, 2020.

ROCHA, A. D. **Espectro cruzado e coerência wavelet: um estudo de variáveis micrometeorológicas em frações urbanas na cidade de Cuiabá, MT**. 2018. 142f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. & BRÖDE, P. **Definição de faixas de estresse térmico para espaços abertos em Curitiba, Paraná**. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 11, 2011, Búzios, RJ. Anais. Búzios, RJ: ENTAC, 2011. 1 CD-ROM.

SACHINDRA, D. A.; NG, S. W. M.; MUTHUKUMARAN, S. & PERERA, B. J. C. **Impact of climate change on urban heat island effect and extreme temperatures: a case-study**. Quarterly, Journal of the Royal Meteorological Society, v. 142, p. 172-186, jul. 2015.

SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil 2000 a 2017**. 2018. 345f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SANTAMOURIS, M.; CARTALIS, C.; SYNNEFA, A. & KOLOKOTSA, D. **On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings - A review**. Energy Buildings, v. 98, p. 119-124, jul. 2015.

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

SASAKI, R.; YAMADA, M.; UEMATSU, Y. & SAEKI, H. **Comfort environment assessment based on bodily sensation in open air: relationship**

between comfort sensation and meteorological factors. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 87, n. 1, p. 93-110, sep. 2000.

SHARIFI, E.; SIVAM, A. & BOLAND, J. **Resilience to heat in public space: a case study of Adelaide, South Australia**. Journal of Environmental Planning and Management, v. 59, n. 10, p. 1833-1854, dez. 2016.

SHASHUA, L.; TSIROS, l. X. & HOFFMAN, M. **Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions**. Building and Environment, v. 57, p. 110-119, nov. 2012.

SIDIQUI, P.; HUETE, A. & DEVADAS, R. **Spatio-temporal mapping and monitoring of Urban Heat Island patterns over Sydney, Australia using MODIS and Landsat-8. Sensing applications (EORSA)**. In: 4th International Workshop on, p. 217-221, ago. 2016.

SMITH, C. J. & JOHNSON, J. M. **Responses to hyperthermia. Optimizing heat dissipation by convection and evaporation: Neural control of skin blood flow and sweating in humans**. Autonomic Neuroscience, v. 196, p. 25-36, abr. 2016.

SOUZA, M. B. **Influência de lagos artificiais no clima local e no clima urbano: estudo de caso em Presidente Epitácio (SP)**. 2010. 204f. Tese (Doutorado em Geografia física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, N. S. **Análise da relação da radiação solar na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá - MT**. 2016. 62f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

STENSJÖ, I. P. **Método de análise comparativa de índices de conforto térmico para o Brasil**. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, Campinas-SP, out. 2015.

SVENSSON, M. K. & ELIASSON, I. **Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning**. Landscape and Urban Planning, v. 61, n. 1-15, p. 37-54, sep. 2002.

SYAFII, N. I.; ICHINOSE, M.; WONG, N. H.; KUMAKURA, E.; JUSUF, S. K. & CHIGUSA, K. **Experimental Study on the Influence of Urban Water Body on Thermal Environment at Outdoor Scale Model**. Procedia Engineering, v. 169, p. 191-198, 2016.

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, 2007.

TRENBERTH, K. E.; FASULLO, J. T & KIEHL, J. **Earth's global energy budget**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 90, n. 3, p. 311-323, mar. 2009.

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

VENTURA, T, M.; OLIVEIRA, A. G.; MARQUES, H. O.; OLIVEIRA, R. S.; MARTINS, C. A.; FIGUEIREDO, J. M. & BONFANTE, A. G. **Uma abordagem computacional para preenchimento de falhas em dados micro meteorológicos**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 27, p. 61-70, mar. 2013.

VILLADIEGO, K. & DABAT, M. A. V. **Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: A field study in Barranquilla**. Building and Environment, v. 75, p. 142-152, may. 2014.

WANG, F.; PENG, H. & SHI, W. **The relationship between air layers and evaporative resistance of male Chinese ethnic clothing**. Applied Ergonomics, v. 56, p. 194-202, sep. 2016.

XING, Y. & BRIMBLECOMBE, P. **Role of vegetation in deposition and dispersion of air pollution in urban parks**. Atmospheric Environment, v. 201, p. 73-83, mar. 2019.

YOUNG, A. **Universal Thermal Climate Index** (2017). Disponível em: <http://www.utci.org/utci_doku.php>. Acesso em: 05 mar. 2019.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. & DA SILVA, G. A. M. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017. p. 1-162.

YU, C. & HIEN, W. N. **Thermal benefits of city parks**. Energy and Buildings, v. 38, n. 2, p. 105-120, feb. 2006.

YU, Q.; ACHEAMPONG, M.; PU, R.; LANDRY, S. M.; JI, W. & DAHIGAMUWA, T. **Assessing effects of urban vegetation height on land surface temperature in the City of Tampa, Florida, USA**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 73, p. 712-720, dez. 2018.

ZARE, S.; HASHEMINEJAD, N.; SHIRVAN, H. E.; HEMMATJO, R.; SAREBANZADEH, K. & AHMADI, S. **Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices/environmental parameters during 12 months of the year**. Weather and Climate Extremes, v. 19, p. 49-57, mar. 2018.

ZHANG, J. & WU, L. **The influence of population movements on the urban relative humidity of Beijing during the Chinese Spring Festival holiday**. Journal of Cleaner Production, v. 170, p. 1508-1513, jan. 2018

7.2 REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANDRADE, H. **O Clima Urbano - Natureza, escalas de análise e aplicabilidad**e. Finisterra xl, 80, p. 65-91. 2005.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

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

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.

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

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

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.

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

PAZ, L. H. F. **A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas/TO**. 2009. 169f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília 2009.