

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

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA
NO COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS DIFERENTES
TIPOS DE REVESTIMENTO DO SOLO**

KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO

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

**Cuiabá, MT
Fevereiro de 2016**

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

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA
NO COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS DIFERENTES
TIPOS DE REVESTIMENTO DO SOLO**

KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO

*Dissertação apresentada junto ao Programa
de Pós-graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Física Ambiental.*

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

**Cuiabá, MT
Fevereiro de 2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

R484a RIBEIRO, KARYN FERREIRA ANTUNES.
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA NO
COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS DIFERENTES TIPOS DE
REVESTIMENTO DO SOLO / KARYN FERREIRA ANTUNES
RIBEIRO. -- 2016

157 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental,
Cuiabá, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Arborização. 2. superfícies urbanas. 3. mangueira (Mangifera indica).
4. oiti (Licania tomentosa).. I. Título.

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

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

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA
NO COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS DIFERENTES
TIPOS DE REVESTIMENTO DO SOLO

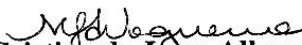
AUTORA: KARYN FERREIRA ANTUNES RIBEIRO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 19 de fevereiro de 2016, pela
comissão julgadora:



Prof. Dra. Flávia Maria de Moura Santos
Orientadora

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – UFMT



Prof. Dra. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Examinadora Interna

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT



Prof. Dra. Fernanda Miguel Franco
Examinadora Externa

Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT/Cáceres

DEDICATÓRIA

Ao Deus da minha vida,
O Rei dos reis, e Senhor dos senhores!
Ao meu amado esposo Rafael César e
Aos meus pais Luiz Carlos e Aracy.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço primeiramente a Deus por ter guiado e dirigido os meus passos para mais um degrau dos meus sonhos, a Ti seja toda honra e toda glória.
- Sou imensamente grata aos meus familiares, pois foram essenciais para concretização deste sonho. Em especial ao meu esposo Rafael.
- A Prof.^a. Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos pela oportunidade, confiança e ensinamentos que adquiri sendo sua orientanda.
- A Prof.^a. Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelo conhecimento, apoio e carinho.
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pela dedicação e empenho no programa de pós-graduação.
- Ao Prof. Dr. Carlo Raph De Musis pelo auxílio nas análises estatísticas, sempre disposto a me ajudar.
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pelo conhecimento obtido.
- Ao meu pai Luiz Carlos pela contribuição nas confecções dos materiais.
- Aos alunos da Iniciação Científica do IFMT: Lucas Martins e Jennyffer.
- Aos alunos de Iniciação Científica da UFMT, em especial ao Victor.
- Aos meus colegas de trabalhos do IFMT, em especial: Ângela Santana, Fernanda, Everaldo, Gerson, Marcos Valin e Annuciação.
- Ao Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT).
- A todos os colegas e amigos da Pós-graduação pelo convívio harmonioso.
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.

EPÍGRAFES

*“Se algum de vocês tem falta de sabedoria,
peça-a a Deus, que a todos dá livremente, de
boa vontade; e lhe será concedida”.*

Tiago 1:5

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMÁTICA	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 CLIMA, ESCALA DE ESTUDO E CLIMA URBANO.....	4
2.2 ELEMENTOS CLIMÁTICOS	6
2.2.1 Radiação	6
2.2.2 Temperatura do ar	8
2.2.3 Precipitação	10
2.2.4 Umidade relativa do ar	11
2.3 DIFERENTES TIPOS DE SUPERFÍCIES URBANAS.....	12
2.4 ALBEDO.....	14
2.5 INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO ESPAÇO URBANO E	
CONFORTO TÉRMICO	17
2.6 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO.....	20
2.7 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....	24
2.8 ESPÉCIE OITI (<i>LICANIA TOMENTOSA</i>).....	25
2.9 ESPÉCIE MANGUEIRA (<i>MANGIFERA INDICA</i>).....	26
3 ÁREA DE ESTUDO	28
3.1 CIDADE DE CUIABÁ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ...	28
3.2 UFMT CAMPUS CUIABÁ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	
30	
3.2.1 Pontos de coletas	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS	37

4.1	MATERIAIS	37
4.1.1	Placas de solo, concreto e asfalto.....	37
4.1.2	Descrições dos equipamentos utilizados	39
4.1.2.1	Sensores dataloggers	39
4.1.2.2	Abrigo pote de sorvete para os sensores datalogger	40
4.1.2.3	Termo-higro-anemômetro	40
4.1.2.4	Abrigo para o termo-higro-anemômetro	41
4.1.2.5	Estação meteorológica automatizado	41
4.1.2.6	Termômetro digital infravermelho com mira laser	42
4.1.2.7	Ceptômetro	43
4.2	MÉTODOS	43
4.2.1	1ª Etapa: Aferição dos sensores <i>dataloggers</i>	44
4.2.2	2ª Etapa: Medições do IAF	45
4.2.3	3ª Etapa: Coletas de dados de temperatura interna, temperatura do ar e umidade relativa do ar (sensores <i>dataloggers</i>)	45
4.2.4	4ª Etapa: Coletas de dados de temperatura superficial (termômetro digital), temperatura do ar e umidade relativa do ar (termo-higrô-anemômetro)	49
4.2.5	5ª Etapa: Questionários.....	50
4.2.6	6ª Etapa: Coleta dos dados da estação automatizada	51
4.2.7	7ª etapa: Utilização do programa RayMan para a definição dos índices de conforto PMV e PET.....	51
4.2.8	8ª Etapa: Análise estatística dos dados	53
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	54
5.1	AFERIÇÃO DOS SENSORES <i>DATALOGGERS</i>	54
5.2	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)	56
5.3	TEMPERATURA INTERNA, TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR (SENSORES <i>DATALOGGER</i>), NOS PERÍODOS QUENTE-ÚMIDO E QUENTE-SECO	57

5.3.1	Espécie oiti (<i>Licania tomentosa</i>)	58
5.3.2	Espécie mangueira (<i>Mangifera indica</i>)	66
5.3.3	Sem sombreamento arbóreo	74
5.3.4	Comparativo da estação automatizada com os dados coletados dos sensores <i>dataloggers</i>	81
5.4	TEMPERATURA SUPERFICIAL (TERMÔMETRO MIRA LASER), TEMPERATURA DO AR, UMIDADE RELATIVA DO AR (TRANSECTO MÓVEL) E FLUXO DE ENERGIA (EQUAÇÃO DE STEFAN BOLTZMANN)	88
5.5	COMPARATIVO ENTRE AS TEMPERATURAS INTERNAS E SUPERFICIAIS NOS DIFERENTES HORÁRIOS	101
5.6	QUESTIONÁRIO	103
5.7	RAYMAN: PET E PMV	107
5.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	109
5.8.1	Temperatura do ar, umidade do ar e temperatura interna dos materiais	109
5.8.2	Temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar	117
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
7	SUGESTÕES PARA FUTURO TRABALHOS	125
8	BIBLIOGRAFIAS	126
8.1	BIBLIOGRAFIAS CITADAS	126
8.2	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético	7
Figura 2 - Ciclo da água	10
Figura 3 - Radiação solar incidente transformada em calor	12
Figura 4 - Temperaturas superficiais de diferentes superfícies urbanas.....	13
Figura 5 - Albedo de materiais urbanos	15
Figura 6 - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas em função do Voto Médio Estimado (PMV).....	21
Figura 7 - Arborização urbana com oiti (<i>Licania tomentosa</i>)	25
Figura 8 - Arborização com mangueira (<i>Mangifera indica</i>) no campus da UFMT em Cuiabá.....	27
Figura 9 - Normais climatológica de temperatura máxima e mínima entre 1961-1990	28
Figura 10 - Normais climatológica da umidade relativa do ar entre 1961 – 1990	29
Figura 11 - Normais climatológica da precipitação entre 1961 – 1990	29
Figura 12 - Campus UFMT- Cuiabá com diferentes superfícies	31
Figura 13 - Relevo do campus de Cuiabá-UFMT	32
Figura 14 - Locais das coletas de dados	33
Figura 15 - Identificação das espécies por letra alfabética.....	33
Figura 16 – Espécie oiti (ponto A), nos períodos quente-úmido e quente-seco.....	34
Figura 17 – Espécie mangueira (ponto H), nos períodos quente-úmido e quente-seco	34
Figura 18 – Sem sombreamento arbóreo (ponto L), nos períodos quente-úmido e quente-seco	35
Figura 19 - Identificação das abreviaturas utilizadas na característica das espécies. (a) Altura do troco (Ht), da copa (Hc) e circunferência do troco (Ct). (b) Raios das copas (R1, R2, R3 e R4).....	35
Figura 20 - Placas de solo – (a) compactando o solo na placa – (b) as placas prontas.	37
Figura 21 - Placas de concreto - (a) com as fôrmas de madeira - (b) as placas prontas	38
Figura 22 - Placa de asfalto	39
Figura 23 - Modelo do sensor <i>datalogger</i> com cabo externo.....	40
Figura 24 - Sensor datalogger no abrigo pote de sorvete	40
Figura 25 - Termo-higro-anemômetro.....	41
Figura 26 - Abrigo para o transecto.....	41

Figura 27 - Estação Micrometeorológica no Bloco PGFA.	42
Figura 28 - Termômetro digital infravermelho com mira laser (modelo MT-360).....	42
Figura 29 - Ceptômetro AccuPAR Lp-80.	43
Figura 30 - Aferição dos sensores dataloggers.....	44
Figura 31 - Diferentes situações das instalações dos abrigos – (a) copa da espécie oiti (Licania tomentosa) – (b) copa espécie mangueira (Mangifera indica) – (c) atrás do quebra-sol denominado “sem sombreamento”	46
Figura 32 - Perfuração das placas com a furadeira (a), inserindo o tubo de plástico no orifício (b) e as placas com os tubos de plásticos inserido (c)	47
Figura 33 - Placa de solo (a), concreto (b) e asfalto (c), com os sensores externos inseridos e suas dimensões.....	48
Figura 34 – Coleta de temperatura e umidade relativa do ar, por meio do transecto móvel (a) e coleta da temperatura superficial, por meio do termômetro digital a laser, revestimento de asfalto (b), revestimento de solo (c) e revestimento de concreto (d) ...	50
Figura 35 - Interface do programa RayMan versão 1.2.....	52
Figura 36 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar no cenário oiti (Licania tomentosa)	59
Figura 37 - Temperatura interna do material solo na espécie oiti (Licania tomentosa) em diferentes horários e períodos.....	61
Figura 38 - Temperatura interna do material concreto, na espécie oiti (Licania tomentosa) em diferentes horários e períodos.....	62
Figura 39 - Temperatura interna do material asfalto na espécie oiti (Licania tomentosa) em diferentes horários e períodos.....	64
Figura 40 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar no cenário mangueira (Mangifera indica)	67
Figura 41 - Temperatura interna do material solo, na espécie mangueira (Mangifera indica) em diferentes horários e períodos.....	69
Figura 42 - Temperatura interna do material concreto, na espécie mangueira (Mangifera indica) em diferentes horários e períodos.....	70
Figura 43 - Temperatura interna do material asfalto, na espécie mangueira (Mangifera indica) em diferentes horários e períodos.....	72
Figura 44 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar no cenário sem sombra	75
Figura 45 - Temperatura interna do material solo, no local sem sombra em diferentes horários e períodos	77

Figura 46 - Temperatura interna do material concreto, no local sem sombra em diferentes horários e períodos	78
Figura 47 - Temperatura interna do material asfalto, no local sem sombra em diferentes horários e períodos	80
Figura 48 - Comparativo de temperatura (a) e da umidade relativa do ar (b) entre os diferentes locais com a estação automatizada no período quente-úmido.....	82
Figura 49 - Local da instalação dos sensores datalogger para coleta dos dados sem sombreamento, próximo a grade de um compressor de ar condicionado.....	84
Figura 50 - Comparativo de temperatura (a) e umidade relativa do ar (b) entre os diferentes locais com a estação automatizada no período quente-seco	85
Figura 51 - Diferença de temperatura do ar entre o oiti e a estação referência nos períodos quente-seco e quente-úmido	87
Figura 52 - Diferença de temperatura do ar entre a mangueira e o sem sombreamento arbóreo nos períodos quente-seco e quente-úmido.....	87
Figura 53 - Temperatura superficial nos diferentes materiais, cenários e períodos, no horário da manhã	89
Figura 54 - Superfícies de solo e concreto exposto ao sol na parte da manhã, no período quente-seco	90
Figura 55 - Local sem sombreamento arbóreo é gramado	90
Figura 56 - Temperatura superficial nos diferentes materiais, cenários e períodos, na parte da manhã.....	91
Figura 57 - Superfícies sombreadas na espécie mangueira (<i>Mangifera indica</i>), no período quente-seco	92
Figura 58 - Superfícies exposta ao sol na espécie <i>Licania tomentosa</i> , no período quente-seco	92
Figura 59 - Superfícies parcialmente sombreadas pelo prédio no horário da tarde no local sem sombreamento arbóreo	93
Figura 60 - Temperatura superficial, em diferentes revestimentos e locais, no horário da noite	94
Figura 61 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos diferentes materiais, cenários e períodos, no horário da manhã.....	95
Figura 62 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos diferentes materiais, cenários e períodos, no horário da manhã.....	97

Figura 63 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos diferentes materiais, cenários e períodos, no horário da manhã.....	98
Figura 64 - Fluxo de energia e temperatura superficial nos diferentes locais, materiais e no período quente-seco.....	100
Figura 65 - Fluxo de energia e temperatura superficial nos diferentes locais, materiais e no período quente-úmido.....	100
Figura 66 – Comparação da temperatura interna e superficial no horário da manhã..	101
Figura 67 - Comparação da temperatura interna e superficial no horário da tarde	102
Figura 68 - Comparação da temperatura interna e superficial no horário da noite	103
Figura 69 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões A e B, no período quente-úmido.....	105
Figura 70 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões A e B, no período quente-seco.....	105
Figura 71 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões C, D, E e F, no período quente-úmido.....	106
Figura 72 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões C, D, E e F no período quente-seco.....	107
Figura 73 – PET e PMV no período quente-úmido.....	108
Figura 74 - PET e PMV no período quente-seco	109
Figura 75 - Média da temperatura do ar nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes horários e locais	112
Figura 76 - Média da umidade do ar nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes materiais e horários.....	113
Figura 77 - Média da temperatura interna nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes materiais e horários.....	115
Figura 78 - Temperatura superficial em diferentes horários, cenários, período e material	120
Figura 79 - Temperatura do ar nos períodos quente-úmido e quente-seco, nos diferentes cenários e horários.....	121
Figura 80 - Umidade do ar nos períodos quente-úmido e quente-seco, nos diferentes cenários e horários.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Organização das escalas espacial e temporal do clima	5
Tabela 2 - Propriedades radiantes de alguns materiais	16
Tabela 3 - Funções da Vegetação no Espaço Urbano.....	17
Tabela 4 - Escala de sensação térmica para PMV	21
Tabela 5 - Percepção térmica e stress fisiológico	22
Tabela 6 - Comparação dos índices PET(°C) de Monteiro (2008), Matzarakis (1999) e Hirashima (2011).....	23
Tabela 7 - Características das espécies arbóreas	36
Tabela 8 - Distância entre as espécies arbóreas.....	36
Tabela 9 - Dados dos sensores.....	39
Tabela 10 – Dias de coleta.....	49
Tabela 11 - Identificação dos sensores <i>dataloggers</i>	54
Tabela 12 - Correlação - Temperatura do ar.....	54
Tabela 13 - Correlação - Umidade do ar	55
Tabela 14 - Correlação – Sensor externo.....	55
Tabela 15 - Resultado do IAF.....	56
Tabela 16 - Média horária da temperatura e umidade relativa do ar no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido	59
Tabela 17 - Média horária da temperatura interna no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material solo	61
Tabela 18 - Média horária da temperatura interna no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto	62
Tabela 19 - Média horária da temperatura interna no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material asfalto	65
Tabela 20 - Média horária da temperatura e umidade relativa do ar no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido.....	68
Tabela 21 - Média horária da temperatura interna no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material solo	69
Tabela 22 - Média horária da temperatura interna no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto	70

Tabela 23 - Média horária da temperatura interna no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material asfalto	72
Tabela 24 - Média horária da temperatura e umidade relativa do ar no cenário sem sombra nos períodos quente-seco e quente-úmido.....	75
Tabela 25 - Média horária da temperatura interna no cenário sem sombreamento nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material solo.....	77
Tabela 26 - Média horária da temperatura interna no cenário sem sombreamento nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto	79
Tabela 27 - Média horária da temperatura interna no cenário sem sombreamento nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto	80
Tabela 28 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no período quente-úmido da estação automatizada e dos cenários (mangueira, oiti e sem sombra)	83
Tabela 29 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no período quente-seco da estação automatizada e dos cenários (mangueira, oiti e sem sombra).....	85
Tabela 30 – Dados de temperatura superficial nos diferentes revestimentos e cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da manhã.....	89
Tabela 31 – Dados de temperatura superficial nos diferentes revestimentos e cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da tarde	92
Tabela 32 – Dados de temperatura superficial nos diferentes revestimentos e cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da noite	94
Tabela 33 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos diferentes cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da manhã.....	96
Tabela 34 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos diferentes cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da tarde	97
Tabela 35 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos diferentes cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da noite	99
Tabela 36 - Significado das legendas das questões A e B.....	104
Tabela 37 - Significado das legendas das questões C, D, E e F	106
Tabela 38 - Teste Multivariados ^a	110
Tabela 39 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes cenários.....	111
Tabela 40 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura do interna nos diferentes materiais.....	113

Tabela 41 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura do interna nos diferentes cenários	114
Tabela 42 - Teste Multivariados	116
Tabela 43 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura e umidade do ar nos diferentes locais com o referencial	117
Tabela 44 - Diferenças significativas da temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes horários	118
Tabela 45 - Diferenças significativas da temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes horários	118
Tabela 46 - Diferenças significativas da temperatura superficial nos diferentes materiais	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANOVA - análise da variância

°C – graus Celsius

°C/Km – graus Celsius por quilômetro

cal.cm⁻².m⁻¹ – calorias por centímetro quadrado por metros

cm – centímetros

° – graus

g/cm³ – gramas por centímetros cúbicos

h – hora

IAF – Índice de área foliar

K – Kelvin

Km – Quilômetros

μ– micro (10⁻⁶)

MT – Mato Grosso

m – metros

m² – metros quadrados

m/s – metros por segundos

nm – nanômetros

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

OMS – Organização Mundial da Saúde

PET – Temperatura Fisiológica Equivalente

PMV – Voto Médio Estimado

PVC – Policloreto de vinila

PGFA – Pós-graduação em Física Ambiental

T – Temperatura

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

UR – Umidade relativa

α – Valor de significância

V – Volts

W – Watts

RESUMO

RIBEIRO, K. F. A. **Análise da influência da vegetação arbórea no comportamento térmico dos diferentes tipos de revestimento do solo.** Cuiabá, 2016. 156f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

O planejamento da arborização nas cidades é necessário e indispensável, pois afeta diretamente no conforto térmico e na qualidade de vida dos habitantes. Atualmente, o crescimento das populações nas cidades tem provocado alterações nas paisagens naturais e na impermeabilização das superfícies urbanas. O objetivo desta pesquisa foi analisar a influência da vegetação arbórea no comportamento térmico de diferentes tipos de revestimento do solo (asfalto, concreto e solo), nos períodos quente-seco e quente-úmido na cidade de Cuiabá-MT. Foram escolhidas duas espécies arbóreas abundantes e tipicamente utilizadas na região: mangueira (*Mangifera indica*) e oiti (*Licania tomentosa*). Como referencial foi utilizado um local sem sombreamento arbóreo com esses mesmos revestimentos a fim de determinar qual das espécies estudadas é a mais adequada para proporcionar redução térmica no ambiente. Os dados coletados foram: índice de área foliar, temperatura interna e superficial dos revestimentos, temperatura e umidade relativa do ar. Foram realizados questionários próximos aos pontos de coleta dos dados, durante três turnos (manhã, tarde e noite) e os índices de conforto térmico foram verificados através do PMV (Voto Médio Estimado) e do PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) no *software* RayMan. Os resultados apontam que os revestimentos instalados sob a copa da espécie arbórea mangueira (*Mangifera indica*) obtiveram os melhores desempenhos térmicos internos. O solo obteve o melhor desempenho térmico internamente nos dois períodos e superficialmente no período quente-úmido. A temperatura do ar apresentou uma redução significativa dos locais sombreados pelas espécies arbóreas em relação ao local sem sombreamento arbóreo. Portanto, cabe ressaltar a importância da arborização nas cidades para proporcionar melhor conforto térmico aos usuários, principalmente em regiões de clima quente.

Palavras-chave: Arborização, superfícies urbanas, mangueira (*Mangifera indica*) e oiti (*Licania tomentosa*).

ABSTRACT

RIBEIRO, K.F.A. **Analysis of the influence of trees on the thermal behavior of different types of land cover.** Cuiabá, 2016. 156f. Thesis (MA) - Graduate Program in Environmental Physics, Federal University of Mato Grosso.

The planning of trees in cities is necessary and indispensable as it directly affects the thermal comfort and quality of life of the inhabitants. Currently, the growth of population in cities has led to changes in natural landscapes and waterproofing in urban areas. The objective of this research was to analyze the influence of trees on the thermal behavior of different types of land cover (asphalt, concrete and soil) in hot-dry periods and hot-humid in the city of Cuiabá-MT. Were chosen two abundant tree species and typically used in the region: mango tree (*Mangifera indica*) and oiti (*Licania tomentosa*). As reference was used a place without tree shading with these same land cover to determine which of the species studied is the most suitable to provide reduction in the thermal environment. The data collected were leaf area index, internal temperature and surface materials, temperature and humidity. Questionnaires close to points of data collection were performed for three shifts (morning, afternoon and evening) and it was verified the contents of thermal comfort through the PMV (Vote Estimated Average) and PET (Physiological Equivalent Temperature) in RayMan software. The results show that land cover installed under the species of canopy mango tree (*Mangifera indica*) got the best internal thermal performance. The soil had the best thermal performance internally and superficially. The air temperature showed a significant reduction of local shaded by tree species in relation to the site without tree shading. Therefore, it is worth noting the importance of trees in cities to provide better thermal comfort for users, especially in hot climate regions.

Keywords: Afforestation, urban surfaces, mango tree (*Mangifera indica*) and oiti (*Licania tomentosa*).

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

Há tempos que o homem vem substituindo as áreas rurais pelas urbanas, porém foi no século XX que ocorreu o ápice da expansão populacional nas cidades. Atualmente o cenário é o mesmo, ou seja, maior porcentagem da população vivendo nas áreas urbanas. Diante desse fato, o planejamento urbanístico, o uso e a ocupação do solo, assumem um papel relevante na mitigação dos aspectos negativos proporcionados pelo adensamento das cidades. Pois de maneira geral as cidades foram se desenvolvendo de forma rápida e sem planejamento adequado, provocando assim, problemas que interferem na qualidade de vida do homem que nela habita.

As ações humanas de degradação ao meio ambiente em conjunto com o crescimento das cidades sem infraestrutura, tem alterado de forma significativa as paisagens naturais, favorecendo o processo de mudanças microclimáticas locais. Isso se agrava com a ausência de vegetação e o excesso de superfícies impermeáveis, fatores que contribuem para a formação do fenômeno conhecido como ilha de calor, que é o elevado aquecimento da temperatura do ar nas áreas centrais das cidades.

As áreas urbanas possuem maior quantidade de energia que as rurais, pois os materiais tipicamente utilizados nas superfícies urbanas apresentam propriedades que resultam no incremento na temperatura do ar, devido as grandes concentrações de asfalto e concreto, a falta de áreas verdes, o aumento da poluição do ar e a deficiência de ventilação adequada, causadas pela verticalização da cidade, que as tornam desconfortáveis termicamente para seus usuários.

A falta de planejamento em algumas cidades do Estado de Mato Grosso, principalmente na cidade de Cuiabá é uma questão histórica, tendo em vista que seu surgimento se deu por meio da exploração do ouro, resultando no desenvolvimento desordenado e sem infraestrutura urbana.

Outros fatores que favorecem a cidade de Cuiabá a tornar-se desconfortável termicamente são as elevadas temperaturas e as poucas nebulosidades praticamente o ano todo, pois devido a sua topografia e localidade os ventos são fracos, gerando assim a necessidade de algum mecanismo para suprir tal problema.

1.2 JUSTIFICATIVA

Cuiabá é conhecida como uma das capitais mais quentes do Brasil, haja vista que, a ausência de vegetação em locais abertos e no centro da cidade, contribui para o aumento da incidência direta da radiação solar, provocando no meio externo elevadas temperaturas.

Os revestimentos urbanos também interferem no microclima local, pois quanto maior as áreas de concreto e asfalto, maiores são os ganhos de calor e emissividade para o espaço urbano, o que contribui para a existência de temperaturas elevadas, causando um maior desconforto para o usuário dos espaços urbanos.

Uma das alternativas que podem contribuir para tornar os ambientes confortáveis termicamente é a arborização urbana. As principais características citadas por pesquisadores sobre os benefícios da vegetação são: diminuição da incidência de radiação solar sobre a superfície, atenuação do ruído, redução da poluição do ar e redução do consumo de energia em regiões quentes.

A arborização, quando bem planejada, valoriza as áreas urbanas e as edificações do entorno imediato, estudos neste contexto mostram que locais com espaços públicos de qualidade tendem a favorecer a permanência dos indivíduos, aumentando assim a ocorrência de desenvolvimento de atividades sociais e consequentemente a vitalidade urbana, devido a sensação de bem-estar que eles proporcionam.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a influência da vegetação arbórea no comportamento térmico de diferentes tipos de revestimento do solo, nos períodos quente-seco e quente-úmido na cidade de Cuiabá-MT.

Os objetivos específicos são: analisar a influência da vegetação na temperatura e umidade relativa do ar nos períodos quente-seco e quente-úmido, determinar o índice de área foliar dos indivíduos arbóreos analisados, verificar a influência do sombreamento arbóreo nas características dos diferentes materiais de revestimento do solo e comparar o comportamento higratérmico no entorno imediato da vegetação em diferentes condições climáticas: período quente-seco e quente-úmido.

Portanto este trabalho procurou enriquecer com as pesquisas científicas sobre a importância e influência das espécies arbóreas como mitigador no incremento da temperatura do ar nas áreas urbana e principalmente nas cidades de climas tropicais

que necessitam de melhorias no conforto térmico com a implantação de arborização nos canteiros centrais, nas calçadas, nos estacionamentos, em parques e praças.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLIMA, ESCALA DE ESTUDO E CLIMA URBANO

Mano; Pacheco; Bonelli (2010) definem que clima é o conjunto de condições meteorológicas caracterizada pelo estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre. O clima pode ser frio, glacial, continental, marítimo, desértico, árido, semiárido, quente, tropical, subtropical, temperado etc.

Entende-se clima como um conjunto de condições normais que dominam uma região, referindo-se a dados atmosféricos obtidos das médias das observações durante certo intervalo de anos, normalmente 30-35 anos, (AYOADE, 1996) e (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para caracterizar o clima das diversas regiões do globo, este é dividido em zonas de climas similares, chamadas regiões climáticas. No Brasil, dada a sua grande extensão territorial e a sua localização entre dois trópicos, vários tipos diferentes de clima são identificados, (LAMBERTS, 1997).

Variações locais de elementos meteorológicos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e ventos) são ocasionadas pela modificação no meio ambiente natural, através da urbanização, criando um clima típico de ambientes artificiais, o chamado clima urbano, (ROTH, 2007 apud ALVES, 2011)¹.

O clima pode ser estudado por meio de suas dimensões espacial e temporal, e ambas são empregadas conjuntamente nos mais variados estudos. As escalas espaciais mais conhecidas são as escalas macroclimática, mesoclimática e microclimática; as escalas temporais mais utilizadas são as escalas geológicas, histórica e contemporânea, conforme a Tabela 1, (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

¹ ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. International journal of Climatology. 2007, v. 27, n. 14, p. 1859-187 apud ALVES, E. D. L. Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2011. 91 f. Dissertações (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Tabela 1 - Organização das escalas espacial e temporal do clima

Ordem de Grandeza	Subdivisões	Escala Horizontal	Escala Vertical	Temporalidade das variações mais representativas	Exemplificação Espacial
Macroclima	Clima zonal	>2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente etc.
	Clima regional				
Mesoclima	Clima regional	2.000 km	12 km a	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanhas, cidades etc.
	Clima local Topoclima	A 10 km	100 m		
Microclima		10 km a alguns m	Abaixo de 100 m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa etc.

FONTE: Mendonça; Danni-Oliveira (2007)

Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), as escalas são definidas das seguintes formas:

a) Macroclima: é a maior das unidades climáticas e compreende áreas muito extensas da superfície da Terra. Sua abrangência vai desde o Planeta (clima global), passando por faixas ou zonas (climas zonal), até extensas regiões (clima regional).

b) Mesoclima: é a unidade intermediária entre as de grandeza superior e inferior do clima. As regiões naturais interiores aos continentes, inferiores àquelas categorias superior, como grandes florestas, extensos desertos etc.

c) Microclima: é a menor e a mais imprecisa unidade escalar climática; sua extensão pode ir de alguns centímetros a algumas dezenas de m², e há autores que consideram até centenas de m². Os fatores que definem essa unidade dizem respeito ao movimento turbulento do ar na superfície, a determinados obstáculos à circulação do ar, a detalhes do uso e da ocupação do solo, entre outras.

Clima urbano pode ser definido como a situação climática específica das cidades, resultado da ocupação antrópica do meio que se manifesta devido à inter-relação de fenômenos, muitos deles causados pela própria urbanização, (SOUZA, 1996).

De acordo com Mascaró (1996) o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

Segundo Givoni (1976), em uma região o clima é determinado pelo padrão das variações dos diversos elementos climáticos (radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações) que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano.

Para Monteiro (1976) a cidade gera um clima próprio urbano, sendo o resultado da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem alterando o clima em escala local.

O estudo do clima urbano é de fundamental importância para o desenvolvimento das cidades, pois, são muitas as variáveis envolvendo a forma e a distribuição dos espaços em geral. Pode-se ter essa percepção observando-se a configuração das ruas, a topografia, o tipo de uso das edificações, a diferença de alturas, o tipo de recobrimento do solo, assim como a existência de áreas verdes, condicionando e caracterizando o clima das cidades, (FRANCO, 2010).

O processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificação do clima na escala local. A dinâmica e as atividades desenvolvidas nas cidades , promovem alteração nos balanços energéticos, térmicos e hídricos. Provocando mudanças importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas, (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

2.2 ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Os elementos climáticos são definidos pelos atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um local. Os principais elementos climáticos são: radiação, temperatura, precipitação e umidade.

2.2.1 Radiação

A radiação é um termo aplicado a todas as formas de fenômenos de ondas eletromagnéticas, mas para a transmissão de calor, só interessam as formas que resultam da diferença de temperatura. Como as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo, a transferência de calor de um corpo a outro ocorre mesmo se não existir meio material entre os dois, ao contrário da condução e da convecção, (KREITH, 1973 apud OLIVEIRA 2007)².

² KREITH, F. Princípios da Transmissão de Calor. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1973 apud OLIVEIRA, M. J. Avaliação experimental da interferência causadas pela radiação solar global e pela velocidade dos ventos em medições climatológicas da temperatura do ar. 2007. 127 p. Monografia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

Para Varejão (2006), denomina-se radiação, ou energia radiante, à energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio natural. O termo radiação é igualmente aplicado para designar o próprio processo de transferência desse tipo de energia.

A energia solar que chega até a superfície terrestre é a radiação solar sob a forma de ondas magnéticas, que varia de intensidade à medida que penetra na atmosfera. A energia solar que chega nas camadas mais altas da atmosfera contém certa quantidade de energia, que varia em função da distância da terra ao sol e das atividades solares, cuja média é igual a $1,97 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{m}^{-1}$, conhecida como constante solar, (LEÃO, 2007).

O espectro eletromagnético é subdividido em três faixas: ultravioleta, visível e infravermelho, conforme a Figura 1. As radiações de comprimento de onda compreendidos entre $0,36$ e $0,74\mu$ podem ser detectadas pelo olho humano, constituindo a faixa visível. As radiações com comprimento de ondas superior a $0,74\mu$ por apresentarem frequência menor que a luz vermelha, são denominadas infravermelhas. Em contrapartida, àquele cujo comprimento de onda são inferiores a $0,36\mu$ chamam-se ultravioletas, (VAREJÃO, 2006).

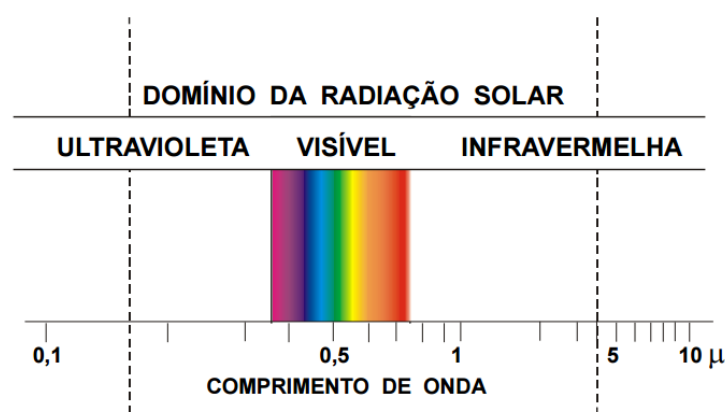


Figura 1 - Espectro Eletromagnético
FONTE: Varejão (2006)

Cabe lembrar algumas definições sobre radiação descritas por (DUFFIE; BECKMAN, 1980 apud BUENO 1998)³:

- a) Radiação direta: aquela recebida do Sol sem ter sido espalhada de alguma forma pela atmosfera;
- b) Radiação difusa: é a radiação que teve sua direção alterada por elementos presentes na atmosfera;
- c) Radiação de onda curta: tem seu espectro compreendido entre 300 nm e 3000 nm, e inclui os componentes direto e difuso;
- d) Radiação de onda longa: tem em seu espectro valores acima de 3000 nm e sua origem em fontes com temperaturas próximas ao ambiente.

Segundo Ayoade (1996), a quantidade de radiação solar incidente sobre o topo da atmosfera da Terra depende de três fatores, sendo o principal, o período do ano, depois o período do dia e a latitude. A distância da Terra para o Sol varia durante o ano, uma vez que a órbita da Terra ao redor do Sol é mais elíptica que circular. Essas variações na distância afetam a quantidade de energia solar recebida. Por exemplo, a energia solar recebida por uma superfície normal ao raio solar é de 7% maior no dia 3 de janeiro, no periélio, que no dia 4 de julho, no afélio.

Frota; Schiffer (2001) reforçam que a radiação solar é uma energia eletromagnética, de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera. A maior influência da radiação solar é na distribuição da temperatura do globo. As quantidades de radiação variam em função da época do ano e da latitude.

2.2.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar expressa, de maneira mais simples, a energia contida no meio (Ometto, 1981) e está intimamente ligada ao balanço de energia (Martinez Garcia, 1978), o qual, por sua vez, depende de vários fatores. A energia oscila entre dois valores extremos, ou seja, entre a temperatura mínima e a máxima. A distribuição da temperatura na terra varia com a latitude, as massas de água e terra, o relevo, a

³ DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. New York: John Wiley; Sons, 1980. p. 1-196 apud BUENO, C. L. Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1998. 177 p. Dissertação (Mestrado).

natureza das superfícies, as correntes oceânicas, os ventos predominantes e outros fatores, (ROMERO, 2000; FRANCO, 2010).

Segundo Varejão (2006), em termos médios para todo o planeta, a temperatura do ar diminui com a altitude a cerca de $6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ na troposfera. Esse fato é coerente, pois o aquecimento do ar se efetua basicamente por condução, em contato com a superfície terrestre aquecida pelo Sol.

Segundo Vianello; Alves (2000), a variação diária da temperatura do ar está diretamente relacionada com a chegada de energia solar e o consequente aquecimento do solo. Existe um atraso entre a máxima temperatura da superfície do solo e a do ar. Em média esse atraso é de 2h para o nível de dois metros. Pois quanto mais afastado da superfície, maior será a defasagem. À noite, os processos radiantes provocam um contínuo resfriamento do solo, chegando à inversão dos fluxos, assim a atmosfera mais aquecida passa a transferir calor para o solo.

A temperatura média do ar possui relação direta com a intensidade de radiação solar recebida e a cobertura de nuvem. Se há nuvens, estas interceptam o fluxo de radiação infravermelha emitida e também o fluxo incidente, modificando o balanço energético do local. Se o céu estiver limpo, o solo recebe energia solar, mas perde energia por irradiação mais do que com céu encoberto, (NINCE, 2009).

A temperatura na superfície varia bastante ao longo das 24h do dia devido ao movimento de rotação. Geralmente o período mais quente é o início da tarde, quando o Sol está perto do alto do céu e a terra já recebeu toda radiação da manhã. O período mais frio costuma ser o final da madrugada, pois o Planeta perdeu calor durante toda à noite, (VIANELLO; ALVES, 2000; FRANCO, 2010).

Para análise do estado da atmosfera, as observações da temperatura do ar na superfície devem ser efetuadas a uma altura de 1,25 a 2,00 m acima do terreno, (VAREJÃO, 2006). O instrumento utilizado para mensurar a temperatura do ar é o termómetro, que podem ser: termómetros de máxima e mínima, termómetro de globo, termógrafo entre outros. As escalas mais usadas são: Celsius, Fahrenheit e Kelvin, (FRANCO, 2010).

2.2.3 Precipitação

As precipitações são o resultado de águas provenientes do vapor de água da atmosfera, que se depositam na superfície terrestre de diversas formas como: chuva, granizo, neve, orvalho, saraiva ou geada.

A precipitação pluvial segundo Ometto (1981) é a água em trânsito entre nuvem e solo como resultado final do vapor de água que se condensou e se transformou em gotas de dimensões suficientes para quebrar a tensão de suporte e cair.

A condensação do vapor d'água, em forma de chuva, provém, em grande parte, de massas de ar úmido em ascensão, esfriadas rapidamente por contato com massas de ar mais frias, (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A evaporação das águas de superfície leva a formação de nuvens que redistribuem a água na forma de chuva ou outras precipitações, essa água flui através dos córregos e, rios dentre outros, e volta para o oceano, completando o ciclo hidrológico conforme Figura 2. A restituição da água evaporada para a atmosfera da terra ocorre sob formas diversas, seja pelas condensações superficiais (orvalho, geada), seja pelas precipitações sob forma líquida quantitativamente mais significativas e que podem ser mensuráveis, (ROMERO, 2000).

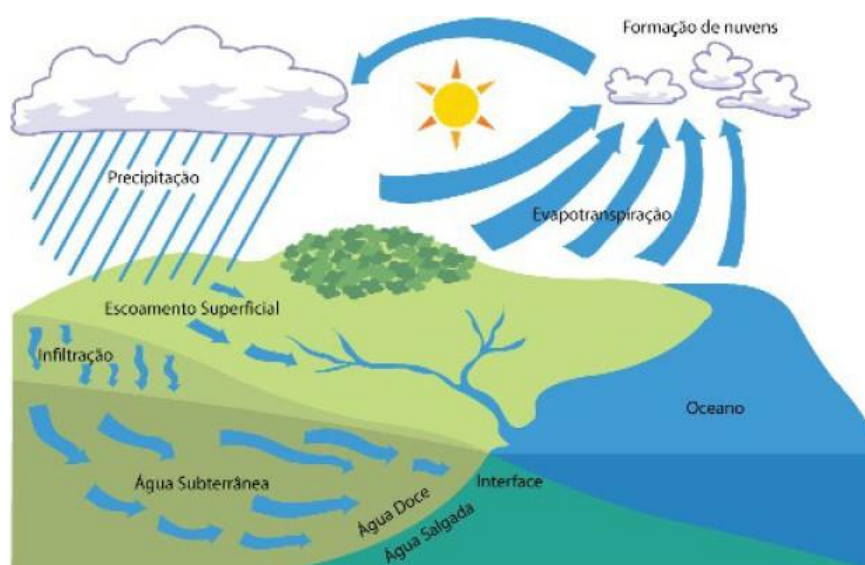


Figura 2 - Ciclo da água

FONTE: gentequeeduca.org.br/planos-de-aula/propriedades-quimicas-da-agua

2.2.4 Umidade relativa do ar

A umidade atmosférica é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas. Como definição de umidade absoluta tem-se que é o peso do vapor de água contido em uma unidade de volume de ar (g/m^3), e a umidade relativa é a relação da umidade absoluta com a capacidade máxima do ar de reter vapor d'água, àquela temperatura. Isto equivale a dizer que a umidade relativa é uma porcentagem da umidade absoluta de saturação, (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A flutuação diária da umidade relativa é maior no verão do que no inverno, de forma análoga à temperatura do ar. Os valores da umidade relativa mais elevados registram-se no início da manhã, às 6h, quando a temperatura do ar atinge seu valor mínimo, e os mais baixos no início da tarde, correspondentemente ao máximo da temperatura de bulbo seco, (BUTERA, 1995 apud NINCE, 2009)⁴.

Para medir a umidade relativa usam-se higrômetros. Um dos mais simples é o psicrômetro. Atualmente o higrômetro elétrico é o mais utilizado, (FRANCO, 2010).

Vários são os fatores que interferem e influenciam na umidade do ar, tais como temperatura do ar, urbanização, áreas verdes, lagos, rios, dentre outros. A umidade de uma determinada localidade irá influenciar diretamente na qualidade de vida dos habitantes. Conforme Akutsu et al., (1987) apud Nince (2009)⁵:

A umidade relativa do ar não deve ser inferior a 30%, de forma a evitar o desconforto e moléstias que podem ser causadas pelo ressecamento das vias respiratórias. O excesso de umidade também deve ser evitado, de maneira a prevenir a condensação superficial e o desenvolvimento de fungos nos componentes da edificação.

⁴ BUTERA, F. M. Architettura e ambiente: manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici. Milano: Etaslibri, 1995 apud NINCE, P. C.C. Avaliação de desempenho termo-luminoso em uma escola na cidade de Cuiabá-MT: estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

⁵ AKUTSU, M.; SATO, N. M. N.; PEDROSO, N. G. Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação. São Paulo: IPT, 1987 apud NINCE, P. C.C. Avaliação de desempenho termo-luminoso em uma escola na cidade de Cuiabá-MT: estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

2.3 DIFERENTES TIPOS DE SUPERFÍCIES URBANAS

As áreas urbanas possuem uma diversidade de tipos de superfícies, podendo ser naturais ou artificiais. As superfícies artificiais interferem de forma significativa no meio ambiente, podendo provocar alterações no ecossistema.

Uma das mais importantes modificações associada à urbanização é a alteração das características térmicas da superfície, decorrente da presença de edificações e materiais de construção quando comparada às áreas verdes. Tais materiais aumentam a absorção de energia bem como a impermeabilização da superfície. Além disso, o aumento da rugosidade urbana altera os padrões de circulação do ar. E as atividades antrópicas, por sua vez, modificam a atmosfera urbana pela adição de calor e material particulado, (COX, 2008).

As mudanças na rugosidade da superfície, albedo, capacidade térmica, condutividade térmica, emissividade e a poluição irão causar, sobretudo, alterações no balanço de energia urbano, vento, temperatura, umidade do ar, resultando em problemas ambientais, (ALVES; VECCHIA, 2012).

De acordo com Romero (2001), os materiais urbanos possuem uma capacidade térmica mais elevada que a dos materiais das áreas do entorno e são melhores condutores de calor. As superfícies das edificações atuam como refletores e radiadores que, em seu conjunto, aumentam os efeitos da radiação incidente (Figura 3).

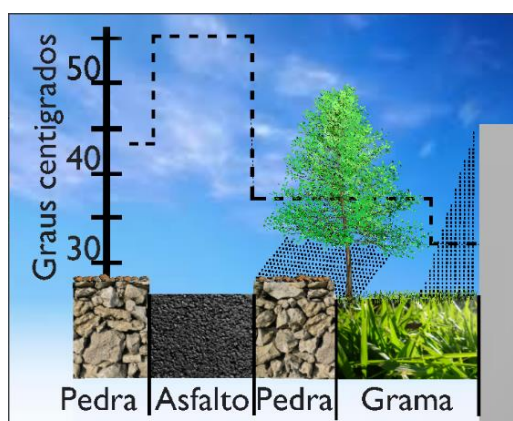


Figura 3 - Radiação solar incidente transformada em calor

FONTE: Adaptado de Fariña (1990) apud Romero (2001)⁶

⁶ ROMERO, M.A.B. Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. Brasília-DF, Editora Universidade de Brasília, 2001, 226 p.

Os diferentes tipos de coberturas do solo como: concreto, solo, campo, pasto, água, dentre outros. Definem as trocas de energia que ocorrem entre a superfície da Terra e a atmosfera e, portanto, é um dos principais determinantes do microclima local, (OLIVEIRA, 2008).

Segundo Mascaró; Mascaró (2002) o desempenho térmico do recinto urbano também está influenciado pelas propriedades termo-físicas dos materiais presente nas áreas urbanas, conforme a Figura 4.

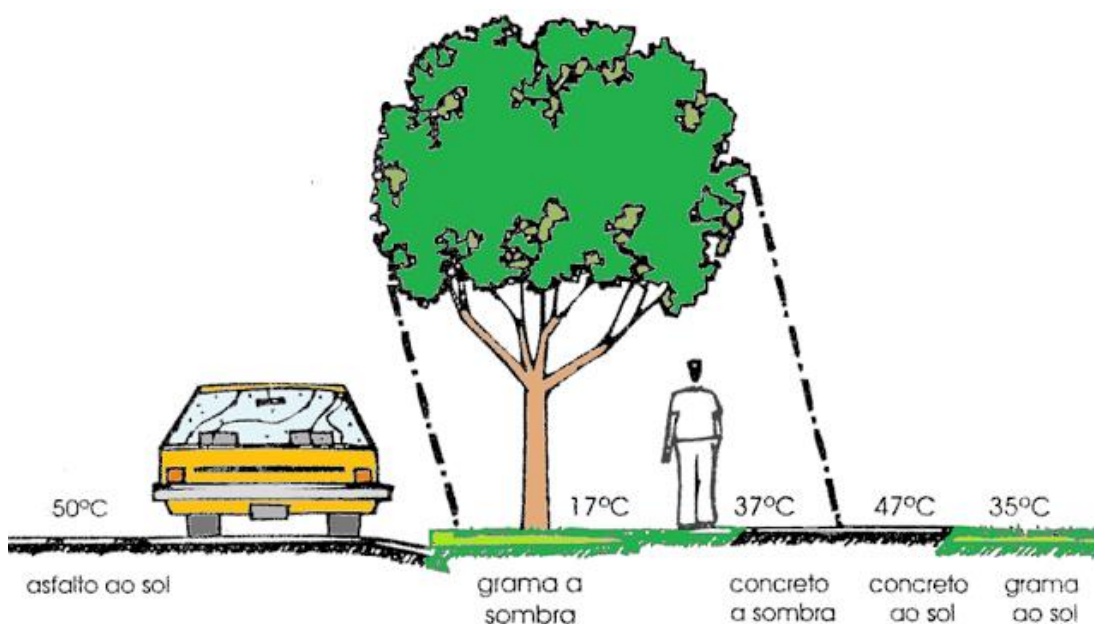


Figura 4 - Temperaturas superficiais de diferentes superfícies urbanas

FONTE: Laurie (1978) apud Mascaró (2002)⁷

As diferentes características de cobertura do solo influenciam o aparecimento de um gradiente horizontal de temperatura, conhecido como fenômeno da ilha de calor urbana. A estrutura do ambiente urbano absorve e emite uma quantidade maior de energia em relação a áreas rurais, pelo fato de que os materiais típicos de uma superfície urbana apresentam, em média, menor albedo, menor capacidade térmica e maior condutividade de calor, (LANDSBERG, 1981 apud ALVES; VECCHIA, 2012)⁸.

⁷ LAURIEI, M. Clima y microclima. Barcelona: Gustavo Gili apud MASCARÓ MASCARÓ, L.; MASCARÓ, Juan. Vegetação urbana. UFRGS/FINEP. Porto Alegre, 2002.

⁸ LANDSBERG, H.E., 1981. The Urban Climate. New York. Academic Press apud ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio

Os materiais urbanos possuem uma capacidade térmica maior que os das áreas do entorno, além de terem melhor condutividade térmica. Por apresentar um aspecto mais rugoso que de áreas não construídas, a superfície urbana tem uma maior fricção com os ventos que a atravessam e ao mesmo tempo atua como refletora e irradiadora que, em conjunto, aumenta os efeitos da radiação incidente (SANTOS, 2008)

As variações no campo termodinâmico do clima urbano decorrem, principalmente, da modificação do balanço de energia na área urbana, promovida pela substituição das superfícies naturais por superfícies artificiais (pavimentações e construções) que armazenam parte da energia incidente na superfície que seria utilizada na evaporação, aquecendo os ambientes urbanos, tornando-os mais quentes que as regiões periféricas, (ROTH, 2007 apud ALVES, 2011)⁹.

Segundo Gartland (2010), estudos realizados ao longo do século XX determinaram que as superfícies urbanas são mais quentes do que as superfícies rurais por dois motivos principais: o primeiro é que as superfícies construídas pelo homem são compostas por materiais escuros que absorvem e armazenam o calor do sol. O segundo é que a maioria dos materiais de construção são resistente à água, assim a água da chuva não penetra na superfície, não conseguindo dissipar o calor por meio de evaporação.

A radiação solar pode ser absorvida e refletida pelas superfícies opacas sobre as quais incide, sendo o fluxo incidente igual à soma dos fluxos absorvidos e refletidos. A quantidade de energia absorvida e refletida depende da cor e das características da superfície. A areia, por exemplo, é um grande absorvedor da energia solar, enquanto a neve constitui um bom refletor dela, (ROMERO, 2000).

2.4 ALBEDO

O albedo é a designação frequentemente aplicada à refletância total de um dado sistema, expresso em porcentagem, considerando-se os quocientes entre o fluxo de radiação refletido e o fluxo incidente, ambos integrados sobre todo o espectro solar.

experimental Influence of different surfaces on the temperature and energy flux: an experimental trial. AMBIÊNCIA, v. 8, n. 1, p. 101-111, 2012.

⁹ ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. International journal of Climatology. 2007, v. 27, n. 14, p. 1859-1873 apud ALVES, E. D. L. Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Vários fatores influenciam a inferência do albedo da superfície, tais como a quantidade e os tipos de nuvens na atmosfera, a quantidade de material particulado na atmosfera, a quantidade de neve e corpos d'água na superfície, o tipo de cobertura vegetal, os tipos de cobertura artificial do solo nos meios urbanos, os tipos de solo nos terrenos arados, a quantidade de água retida pelas partículas dos solos, entre outros, (NINCE, 2013).

Um dos componentes mais importantes do balanço de radiação, que é caracterizado pelas condições de reflexão da superfície, é o albedo. O albedo é igual a razão entre a radiação eletromagnética refletida pela superfície e a incidente, (SOUZA; ESCOBEDO; TORNERO, 1999; CUNHA, 2012)

Segundo Cunha (2012), o albedo é um coeficiente que mede o percentual de energia que é devolvido ao espaço. Como o mesmo sofre variações durante o ano, a quantidade de energia disponível na superfície sofre variações. Logo, a temperatura na superfície pode variar junto com esta grandeza.

O albedo é a relação (razão) entre a radiação solar incidente e a refletida. Seu valor está entre 0 e 1. Em geral, superfícies secas e de cores claras refletem mais radiação que superfícies úmidas, (BRAGA et al., 2009). Assim, uma superfície de albedo 0,5 indica que ela é capaz de refletir metade da energia solar que incide sobre ela. A Figura 5 apresenta uma ilustração de diversas superfícies urbanas e seus respectivos intervalos de albedo.

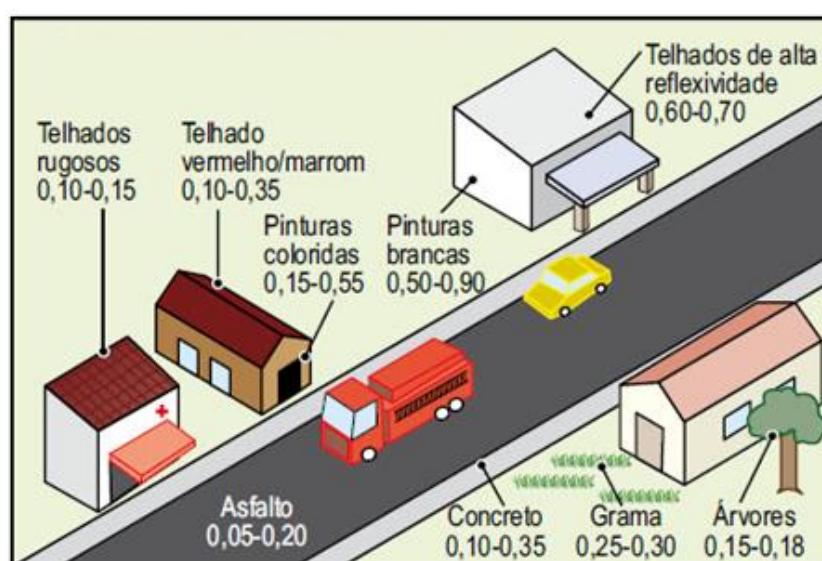


Figura 5 - Albedo de materiais urbanos

FONTE: <http://mistermdafisica.blogspot.com.br/2012/10/questoes-estilo-enem-2.html>

Portanto o albedo depende diretamente das propriedades físicas destes corpos, tais como densidade, textura e cor, influenciando consideravelmente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura do ar, (BARBIRATO et al., 2007).

Segundo Alves e Vecchia (2012), a temperatura do ar esta correlacionada com a temperatura superficial, esta constatação pode ser verificada pela lei de Stefan-Boltzmann. Onde todo corpo com temperatura acima de 0K emite energia radiativa, segundo esta lei a densidade de fluxo de energia (E) em (W/m²) é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (T) em (K), de acordo com a Equação 1.

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad \text{Equação 1}$$

Onde ε é o poder emissivo do corpo, ou seja, a emissividade; σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($= 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$). Para a maioria dos objetos naturais, o poder emissivo varia entre 0,9 a 1,0, (ALVES e VECCHIA, 2012).

Na Tabela 2 estão relacionados os materiais tipicamente utilizados na constituição do meio urbano, o albedo indica a capacidade que os materiais têm de refletir a radiação solar, a emissividade a capacidade que os materiais possuem de emitir a radiação absorvida, (GARTLAND, 2010).

Tabela 2 - Propriedades radiantes de alguns materiais

Superfícies	Albedo	Emissividade μm
Solos	0,05 – 0,40	0,90 – 0,94
Gramma	0,16 – 0,26	0,90 – 0,95
Floresta	0,13 – 0,23	0,97 – 0,99
Água	0,08 – 0,10	0,85 – 0,95
Concreto	0,10 – 0,35	0,90 – 0,96
Asfalto	0,05 – 0,20	0,95
Tijolo	0,20 – 0,40	0,90 – 0,92
Rocha	0,20 – 0,35	0,85 – 0,95
Cascalho	0,08 – 0,18	0,92
Cerâmica	0,10 – 0,35	0,90

FONTE: Adaptado de Oke (1987) e Brown e Gillespie (1995) apud Alves e Vecchia (2012)¹⁰

¹⁰ BROWN, R. D.; GILLESPIE, T. J. **Microlimate landscape design:** Creating thermal comfort and energy efficiency. Canadá: John Wiley & Sons, 1995. 193p. apud ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental Influence of different surfaces on the temperature and energy flux: an experimental trial. **Ambiência**, v. 8, n. 1, p. 101-111, 2012.

2.5 INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO ESPAÇO URBANO E CONFORTO TÉRMICO

A importância da vegetação no cenário urbano é notória, seu sombreamento é capaz de proporcionar melhorias microclimáticas ao filtrar a radiação. Os resultados obtidos no trabalho de Abreu (2008) mostraram que as espécies arbóreas que apresentaram maior atenuação da radiação solar e maiores taxas de evapotranspiração são as que têm maior capacidade de redução da temperatura no microclima urbano.

Segundo Nince et al. (2014) os efeitos diretos do sombreamento pela vegetação podem ser quantificados por meio das medições da temperatura de superfície de materiais expostos e protegidos pelas copas das árvores. Uma área sombreada é fracamente atingida pela radiação solar direta incidente e, assim, a temperatura radiante daquela superfície é menor o que diminui a radiação de ondas longas emitida. Essas condições diminuem a possibilidade de aumento de temperatura do ar, devido ao contato com essa superfície por meio dos processos de convecção e condução.

As árvores resfriam o ambiente de forma direta mediante o sombreamento e de forma indireta através da evapotranspiração, (MASCARÓ; MASCARÓ, 2005).

Segundo Milano (1988) a arborização urbana contribui para o controle da poluição atmosférica, melhorando a qualidade do ar e reduzindo os níveis de poluição acústica e visual.

Na Tabela 3, são detalhadas as contribuições da vegetação para a melhoria do ambiente urbano.

Tabela 3 - Funções da Vegetação no Espaço Urbano

Composição Atmosférica
- Ação purificadora por fixação de poeiras e materiais residuais; - Ação purificadora por depuração bacteriana e de outros micro-organismos; - Ação purificadora por reciclagem de gases através de mecanismos fotossintéticos; - Ação purificadora por fixação de gases tóxicos.
Equilíbrio solo-clima-vegetação
- Luminosidade e temperatura: a vegetação ao filtrar a radiação solar, suaviza as temperaturas extremas;

-
- Umidade e temperatura: a vegetação contribui para conservar a umidade do solo, atenuando sua temperatura;
 - Redução na velocidade do vento;
 - Mantém as propriedades do solo: permeabilidade e fertilidade;
 - Abrigo à fauna existente;
 - Influencia no balanço hídrico.

Níveis de Ruído

- Amortecimento dos ruídos de fundo sonoro contínuo e descontínuo de caráter estridente, ocorrentes nas grandes cidades.

Estético

- Quebra da monotonia da paisagem das cidades, causada pelos grandes complexos de edificações;
 - Valorização visual e ornamental do espaço urbano;
 - Caracterização e sinalização de espaços, constituindo-se em um elemento de interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.
-

FONTE: Lombardo (1990); Guzzo (1998) apud Gomes; Soares (2003)¹¹.

Para Santos; Teixeira (2001), os conjuntos arbóreos podem ser eficientes na melhoria térmica no ambiente urbano, de acordo com o grau de fechamento das copas, do número de espécies, de indivíduos e da estação do ano.

Em relação aos aspectos da forma, os autores consideram que indivíduos com copas amplas, com alta densidade de folhas largas e espessuras na copa, e de arquitetura arbórea aberta resultem em maior conforto térmico, (OLIVEIRA, 2011).

Em Portugal, Amorim et al. (2013) estudaram a influência da ventilação na dispersão de poluentes e encontraram uma redução geral de 16% na concentração de CO em avenida disposta quase que paralela à direção do vento, comparando com outra posicionada aproximadamente 45°.

Estudos desenvolvidos por Modma; Vecchia (2003), mostrou diferença de temperatura e umidade do ar entre dois locais da região central de São Carlos, que possuem características distintas, destacando-se pela diferença de vegetação arbórea.

¹¹ LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Ed. Hucitec, 1990; GUZZO, P. Estudo dos espaços livres de uso público da cidade de Ribeirão Preto/SP, com detalhamento da cobertura vegetal e áreas verdes de dois setores urbanos. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), UNESP – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999, 125p. apud GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. Estudos Geográficos, v. 1, n. 1, p. 29-39, 2003.

As áreas arborizadas obtiveram menores valores de temperatura do ar e amplitudes térmicas em relação às observadas na praça sem vegetação

No trabalho desenvolvido por Paz (2009), foi observado que a vegetação pode atuar na melhoria das condições microclimáticas de Palmas/TO, constatou-se indicativo de ilhas de frescor nas áreas que possuíam grande massa de cobertura vegetal, com uma diferença de 8,4°C para menos, comparado uma área com vegetação densa ao outro local sem vegetação.

Gonçalves; Camargo; Soares (2012) concluíram que a arborização contribuiu de forma significativa na melhoria do conforto térmico de ambientes urbanos, através da atenuação da radiação solar incidente. Existem outros elementos que também interferem na qualidade térmica, como a presença de áreas permeáveis, o tipo de edificação no entorno e os materiais construtivos utilizados, logo, enquanto a vegetação absorve o calor do meio e o transforma, as superfícies construídas retêm esse calor e transmitem novamente para o meio. Assim, as áreas sombreadas e com presença de espaços permeáveis tendem a ser mais frescas, que áreas onde a concentração de edificações e pavimentação é intensa.

A influência de fatores como o aumento de construção e a presença de vegetação sobre as condições de conforto ficou evidenciada na pesquisa de Gouvêa (2007), por meio do cálculo de índice de temperatura efetiva. O autor verificou que algumas regiões na cidade de São Paulo, consideradas altamente urbanizadas, foram as que apresentaram o maior número de casos de desconforto por calor moderado, enquanto em regiões menos urbanizadas, e no parque com grande quantidade de vegetação (Ibirapuera), mostraram-se mais confortáveis, (GURGEL, 2010).

O conforto térmico não é um conceito exato, já que não implica uma temperatura exata, pois depende de fatores quantificáveis como: temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, etc. e de fatores não quantificáveis tais como estado mental, hábitos, educação, cultura, etc. Portanto, as preferências de conforto das pessoas variam conforme a sua aclimatização particular ao ambiente local, (AMERICAN, 2004 apud NINCE, 2009)¹².

¹²AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). ANSI/ASHRAE55: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ANSI, 2004 apud NINCE, P.C.C.. Avaliação de desempenho termo-luminoso em uma escola na cidade de Cuiabá-MT: estudo de caso. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

De modo, para que um planejamento de conforto térmico no ambiente urbano seja satisfatório, é necessária a observação do clima em relação aos elementos determinantes: os espaços construídos, a composição das superfícies, a disposição de seus elementos e a densidade de atividades/construções modificando o ambiente natural, (ABREU, 2008).

As condições de conforto experimentadas por um indivíduo dependem fortemente de condições meteorológicas locais, bem como de fatores pessoais como a vestimenta, a atividade física e até mesmo o seu biotipo. A proximidade da vegetação, o efeito de sombreamento e as mudanças na intensidade do vento por obstáculos interferem nas condições de conforto sentidas (GOUVÊA, 2007). Bueno-Bartholomei (2003) comprova por meio de dados obtidos em campo o que o ser humano sente, quase que instintivamente, a respeito das árvores e da vegetação em geral: o “verde” traz conforto, (ABREU, 2008).

O conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória da temperatura radiante média, da umidade relativa, da temperatura do ambiente e da velocidade relativa do ar, somados à atividade desenvolvida e vestimentas usadas pelas pessoas, (RUAS, 2001).

2.6 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO

A partir do conhecimento das variáveis ambientais e pessoais é possível proceder à avaliação do conforto térmico. Existem vários índices de conforto térmico, dos quais serão destacados o índice PMV - Predicted Mean Vote (VME - Voto Médio Estimado) e o PET -Physiological Equivalent Temperature (TFE - Temperatura Fisiológica Equivalente). Este último tem sido frequentemente utilizado para áreas externas, (KULKA, 2014).

O PMV é obtido a partir das variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa, temperatura radiante média e velocidade relativa do ar) e das variáveis pessoais (taxa de metabolismo e resistência térmica das vestimentas), conforme (MORENO, 2006).

O índice de conforto PMV, foi proposto por Fanger (1970) apud Kulka (2014)¹³, e adotado pela norma internacional ISO 7730/05, que visa determinar o grau de conforto ou desconforto térmico de um ambiente, seguindo uma escala de sensação térmica representada na (Tabela 4).

Tabela 4 - Escala de sensação térmica para PMV

PMV	SENSAÇÃO TÉRMICA
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Leve sensação de frio
0	Confortável
+1	Leve sensação de calor
+2	Quente
+3	Muito quente

FONTE: adaptado de Fanger (1970) apud Kulka (2014)

O método PMV tem como objetivo reconhecer a sensação térmica, através de uma escala de sete pontos (Figura 6)

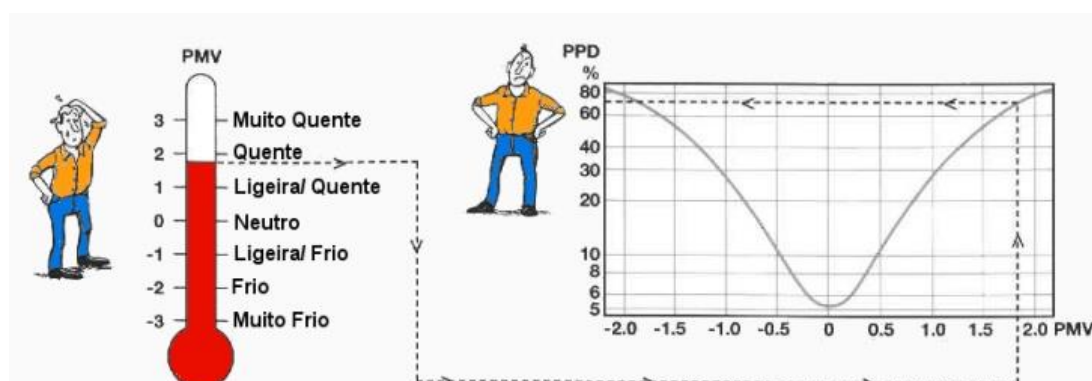


Figura 6 - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas em função do Voto Médio Estimado (PMV)

FONTE: Martinho (2000)

A escala de sensação térmica apresenta uma linha graduada que varia de -3 a +3 que permite uma avaliação termo-ambiental com temperaturas reduzidas ou elevadas. O conforto térmico se enquadra no intervalo numérico de -0,5 e +0,5, para ambientes frios e quentes, respectivamente, (OLIVEIRA et al., 2010).

¹³ FANGER, P.O. Thermal comfort. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 244 p. apud KULKA, D. D. Conforto Térmico em Áreas Verdes Urbanas no Município de Itapetinga, Bahia. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, 2014.

Segundo Höppe (1999) apud Minella (2009)¹⁴ o índice PET de um determinado ambiente (interno ou externo) se refere à temperatura equivalente à temperatura do ar de um ambiente interno padrão (sem vento e sem radiação) em que o balanço de calor do corpo humano é mantido, com temperaturas do centro e da pele do corpo iguais às do ambiente de referência.

O índice PET tem, por definição, o mesmo valor da temperatura do ar de um ambiente padrão, que propicia a mesma quantidade de calor armazenado ou mesma temperatura superficial do corpo humano sob a ação conjunta das variáveis ambientais consideradas. O clima interno do ambiente padrão assume os seguintes valores: Temperatura radiante média (T_{rm} , °C) igual à temperatura do ar (T_a , °C); Velocidade do ar (V) igual a 0,1 m/s; Pressão de vapor d'água (p_a) igual a 12hPa; Umidade relativa do ar (UR) a 50% e temperatura do ar (T_a) a 20°C (que leva aproximadamente 12hPa).

Na Tabela 5 são classificadas as faixas do PET e faz-se uma correspondência destas classes do PET com as da percepção térmica. Como esta tabela é aplicável em lugares cujos climas são temperados, há várias tentativas de calibração para climas quentes, (NINCE, 2013).

Tabela 5 - Percepção térmica e stress fisiológico

PMV	PET (°C)	Percepção Térmica	Grade de Stress Fisiológico
< -3,5	< 4	Muito Frio	Extremo stress ao frio
-3,5 a -2,5	4 a 8	Muito Frio a Frio	Extremo stress ao frio a Forte stress ao frio
-2,5 a -1,5	8 a 13	Frio a Ligeiramente frio	Forte stress ao frio a Moderado stress ao frio
-1,5 a -0,5	13 a 18	Ligeiramente frio a Confortável	Moderado stress ao frio a Ligeiro stress ao frio
-0,5 a 0,5	18 a 23	Confortável	Nenhum stress térmico
0,5 a 1,5	23 a 29	Confortável a Ligeiramente quente	Nenhum stress térmico a Ligeiro stress ao calor
1,5 a 2,5	29 a 35	Ligeiramente quente a Quente	Ligeiro stress ao calor a Moderado stress ao calor
2,5 a 3,5	35 a 41	Quente a Muito quente	Forte stress ao calor a Extremo stress ao calor

FONTE: Matzarakis et al (1999)

¹⁴ HÖPPE, P. The Physiological Equivalent Temperature: a index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**. N.43, p.71-75, 1999 apud MINELLA, F. O. **Avaliação da Influência de Aspectos da Geometria Urbana Sobre Níveis de Conforto Térmico em Ruas de Pedestres de Curitiba**. 2009. 163 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Nince (2013) fez um comparativo da calibração dos índices do PET (°C) de Monteiro (2008) para clima tropicais (São Paulo), com os do Matzarakis (1999) e Hirashima (2011), conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Comparação dos índices PET(°C) de Monteiro (2008), Matzarakis (1999) e Hirashima (2011)

Sensação térmica	PET (°C) Mont.	PET (°C)Matz.	PET (°C)Hiras.
Muito calor	Acima de 43	41	35,5
Calor	31 – 43	35 - 41	31 - 35,5
Pouco calor	26 - 31	23 - 35	30,5 – 31
Neutra	18 - 26	18 - 23	15,5 - 30,5
Pouco frio	12 - 18	8 - 18	12 - 15,5
Frio	4 - 12	4 -8	=< 12
Muito frio	=<4	=<4	

FONTE: Nince (2013)

Os índices de conforto PMV e PET podem ser calculados com o modelo RayMan. Segundo Matzarakis e Rutz (2007) apud Nince (2013):

O modelo de "Rayman" foi desenvolvido para calcular fluxos de radiação de ondas curtas e longas que afetam o corpo humano. Ele estima os fluxos de radiação e os efeitos das nuvens e os obstáculos sólidos (morfologias urbanas) sobre os fluxos de radiação de onda curta. O modelo, que leva em consideração a estrutura simples e complexa, é adequado para o uso da terra e efeitos de planejamento em vários níveis do local ao regional. O resultado final deste modelo é a temperatura radiante média calculada, que é exigida no modelo de balanço de energia para os seres humanos. Por conseguinte, é também necessária para a avaliação do bioclima urbano por meio de vários índices térmicos, tal como Voto Médio Previsto (PMV), Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) e de Temperatura Efetiva Padrão (SET).

Segundo Matzarakis et al. (2000, 2007) e Matzarakis e Rutz (2005) o desenvolvimento do modelo RayMan se baseia nos seguintes materiais:

Norma VDI-alemão orientações 3789, Parte II: Meteorologia Ambiental, Interações entre Atmosfera e superfícies; Cálculo da radiação de onda curta e longa VDI-3787: Meteorologia Ambiental, Métodos da avaliação humana-biometeorológico do clima e qualidade do ar para o urbano e regional planejando a nível regional. Parte I: Clima (VDI, 1994, 1998). São necessários para o cálculo dos índices térmicos com base no balanço de energia humana, dados meteorológicos (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade do ar e fluxos de radiação de onda curta e longa) e dados térmicos fisiológicos (atividade e roupa). Os dados sobre a temperatura do ar, umidade e velocidade do vento são obrigados a executar RayMan.

2.7 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Segundo Oliveira (2011) o Índice de Área Foliar (IAF) é um número adimensional usado para avaliar o crescimento das plantas, influenciando diretamente na interceptação e absorção da luz na copa, assim como no balanço das trocas de calor e taxas de evaporação com a atmosfera.

Na década de 40 o índice de área foliar (IAF) foi definido por Watson (1947) como a área fotossintética, de um lado da folha, por unidade de superfície de solo, sendo um valor adimensional, (CHEN; BLACK, 1992).

A área foliar é um parâmetro chave na avaliação do crescimento vegetal, podendo ser tanto medida quanto estimada na análise quantitativa do crescimento de plantas, (FIGUEREDO JÚNIOR et al., 2005), também é um fator que depende do tamanho das folhas e de seu estágio fenológico. A relação entre a área foliar de toda a vegetação e a unidade de área de solo ocupado por essa vegetação é denominada de índice de área foliar, (ANDRADE et al., 2010).

Conforme Sanches et al. (2008) o IAF é uma medida de cobertura vegetal importante e que está diretamente relacionada com a evapotranspiração e produtividade das plantas, podendo ser definido como a razão entre a área foliar de uma população de plantas e a área de solo por ela ocupada, e que seu resultado dependerá de diversos fatores como a composição das espécies, estágio sazonal da floresta, condições locais, entre outros.

Portanto, este índice está muito ligado à fisiologia e aos processos biológicos da folha e influenciam diretamente no microclima local, por meio das trocas de calor latente e do processo de evapotranspiração, (SHINZATO, 2009).

Conforme Mendes et al. (2014), o IAF pode ser quantificado por métodos diretos, que, apesar de possuir alta precisão, são destrutivos e trabalhosos ou métodos indiretos, que são mais práticos e mais utilizados, em virtude da prévia aferição através do método destrutivo.

2.8 ESPÉCIE OITI (*LICANIA TOMENTOSA*)

A espécie oiti (*Licania tomentosa*) pertence à família das Chrysobalanaceae. É conhecida popularmente por diversos nomes como: oiti-da-praia, guaili, oitizeiro, oiti-cagão e oiti-mirim (depende da região do país).

Suas características morfológicas são: árvore grande com copa alongada e tronco grosso e reto. Casca grossa, parcialmente lisa, por outra parte longitudinal e horizontalmente fissurada, descamante em placas pequenas, quadradas, de cor cinza um pouco avermelhada. Folhas alternas, simples, oblongas, fortemente branco - ou bege - tomentosas, de aprox. 2 - 4 cm por 6 - 10 cm, agudas na base e obtusas ou arredondadas no ápice, com a maior largura na metade da folha, de cor verde-escuro-brilhante na face superior, de cor verde-intenso-fosca na face inferior. Bordas inteiras. Pecíolo branco-tomentoso de aprox. 5 - 8 mm de comprimento. Nervuras do 1º e 2º grau de cor verde-pálida, pouco salientes na face inferior. Inflorescências em panículas terminais, com muitas flores pequenas, brancas. Fruto drupa ovóide, carnosa, achatada, de aproximadamente 2 cm por 4 cm por 8 cm, de cor de laranja-amarelada (KÄGI, 2014), conforme a Figura 7.



Figura 7 - Arborização urbana com oiti (*Licania tomentosa*)

Segundo Oliveira (2011), o oiti (*Licania tomentosa*) é uma árvore com fuste bem definido, copa arredondada e fechada, com folhagem densa, conferindo-lhe excelente sombra, sendo uma espécie recomendada para arborização de praças e parques. Conforme Almeida Júnior (2005), o oiti é amplamente utilizada na arborização em Mato Grosso, por sua excepcional adaptação às condições locais e devido às alterações microclimáticas positivas em função do sombreamento promovido.

A madeira do oiti é própria para a construção civil, para obras externas, como estacas, postes, etc. Produz grande quantidade de frutos muito procurados pela fauna

em geral. Ótima para plantio em cidades e em áreas degradadas de preservação permanente, (SILVA; LEMOS, 2002). Kági (2014) reforça que a madeira é de boa durabilidade (para construção civil, obras externas, estacas, postes, dormentes, para obras hidráulicas, construção de embarcações e quilhas de navios, lenha, etc.); fruto comestível (levemente laxativo); semente medicinal (adstringente, contra diarreia, câmara de sangue e cólicas intestinais); paisagismo (arborização urbana).

2.9 ESPÉCIE MANGUEIRA (*MANGIFERA INDICA*)

O gênero *Mangifera* abrange um grande número de espécies, sendo que apenas a *M. indica* L. é que apresenta destaque na qualidade dos frutos e expressão de cultivo nos trópicos. A mangueira (*Mangifera indica*) é uma árvore de grande porte e com folhas verdes lineares. Originária do sul da Ásia, a manga dispersou-se por todos os continentes, sendo cultivada, atualmente, em todos os países de clima tropical e subtropical, (OLIVEIRA, 2009).

A mangueira (*Mangifera indica*), espécie originária do continente asiático, foi introduzida no Brasil em dois instantes distintos da história: primeiro pelos portugueses durante a colonização de nosso território, com variedades do tronco filipínico, e depois, no século XX, com variedades procedentes da Flórida (EUA), que apresentam origem indiana, (EMBRAPA, 2010).

Segundo Silva (2006), a mangueira (*Mangifera indica*) é uma planta frutífera exótica, originária da Índia e Burma, e há mais de 1.000 variedades cultivadas em climas tropicais. Esta espécie pertence à família *Anacardiaceae*, sendo reconhecidas duas raças: uma da Índia e outra proveniente das Filipinas e Sudoeste da Ásia. É uma árvore frondosa e perenifólia, que pode atingir até 30 m de altura. Possui copa globosa, densa, de até 25 m de diâmetro, com folhas jovens aromáticas, subcoriáceas, simples e alternas. Apresenta fruto do tipo drupa, de peso variável de menos de 100g a mais de 1kg, (LORENZI et. al, 2006).

Segundo Neto; Souza (2011), a árvore da espécie mangueira (Figura 8) é importante atrativo para fauna por causa do seu fruto, o grande problema que geralmente apresenta é o sistema radicular que não responde bem ao solo urbano compactado, levantando por vezes as construções.



Figura 8 - Arborização com mangueira (*Mangifera indica*) no campus da UFMT em Cuiabá

A *Mangifera indica* foi a espécie que se destacou na arborização de Belém/PA, pois atendeu a problemática ambiental da cidade, criando um microclima agradável com formação de túneis verdes nas ruas e avenidas da cidade, além do rápido crescimento, são árvores muito resistentes às intempéries (chuvas, ventos, etc.) e vivem por décadas, possuindo folhagem densa e com isso proporcionando beneficiamento com uma ampla sombra, (LOUREIRO; BARBOSA, 2010).

Segundo o “Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém”, escrito por Porto et al. (2013), as mangueiras da cidade deverão receber tratamento diferenciado devido à importância sociocultural que apresentam para a população e serão legalmente instituídas como patrimônio histórico. E Belém também receberá o título de “Cidade das mangueiras”, devido a repercussão nacional sobre a abundância da espécie nas suas ruas.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 CIDADE DE CUIABÁ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, pertence à região Centro-Oeste do Brasil, mais precisamente nas coordenadas geográficas 15°35'56" latitude Sul e 56°06'01" longitude Oeste.

Segundo Sampaio (2006) o clima de Cuiabá é do tipo Aw de Koppën, (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno), ou seja, Tropical semiúmido, com quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão).

O município de Cuiabá possui uma área de 3.224,68 Km², sendo que a área urbana ocupa 251,94 Km² e a área rural ocupa 2.972,74 Km², limita-se ao norte, com os municípios de Acorizal, Rosário Oeste e Chapada dos Guimarães, ao leste com Chapada dos Guimarães, ao sul com Santo Antônio de Leverger e a oeste com Várzea Grande e Acorizal, (MAITELLI, 1994).

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015), os dados coletados de 1961 a 1990 obtiveram os seguintes resultados: a maior temperatura máxima foi 34°C, enquanto que menor temperatura mínima foi de 17°C (Figura 9). Já a umidade relativa do ar variou entre 57% (no mês de agosto) e 82% (no mês de fevereiro), conforme a Figura 10.

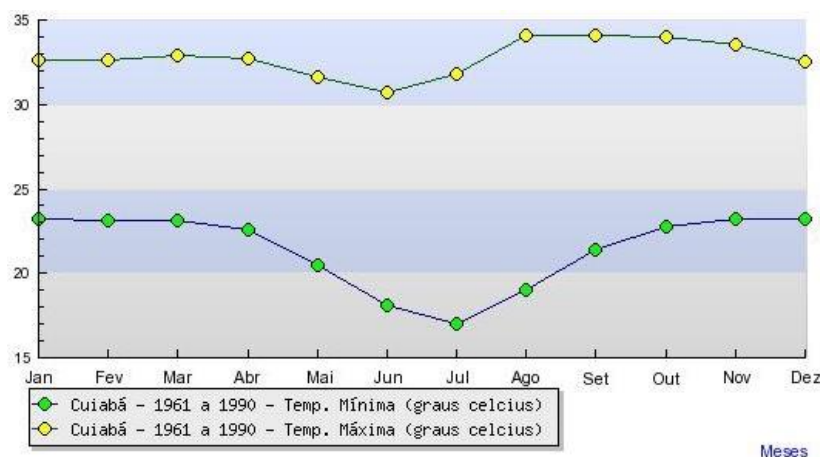


Figura 9 - Normais climatológicas de temperatura máxima e mínima entre 1961-1990

FONTE: INMET (2015)

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

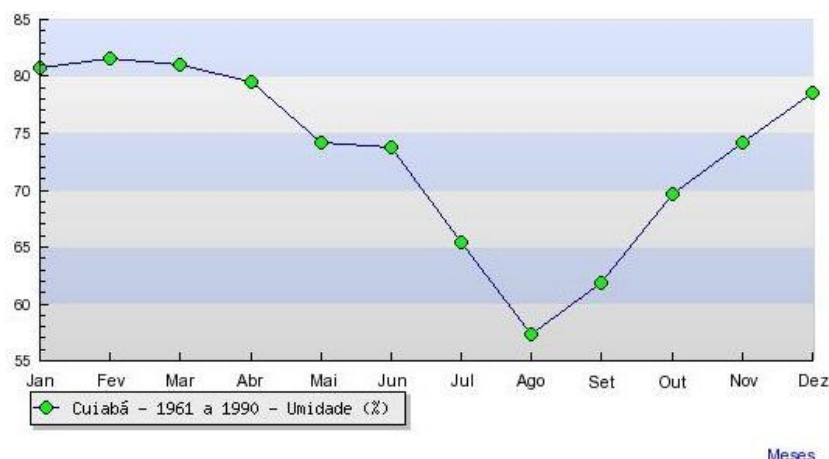


Figura 10 - Normais climatológica da umidade relativa do ar entre 1961 – 1990

FONTE: INMET (2015)

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

As características e a distribuição das chuvas são tipicamente tropicais, com máximas no verão e mínimas no inverno. Os meses com maiores quantidades de precipitações foram entre novembro e março (Figura 11), representando mais de 70% do total de chuvas acumuladas (OLIVEIRA 2011). O período quente-seco estende-se de junho a setembro, havendo alguns anos com períodos mais pronunciados. A umidade do ar em certos dias desce a uma percentagem mínima que varia de 18% a 40%, (CUIABÁ, 2004).

Pode-se observar na Figura 11, que os meses com menores depósitos de precipitação, segundo os dados do INMET foram: junho, julho e agosto, nesses mesmos períodos as temperaturas do ar foram maiores e as umidade menores.

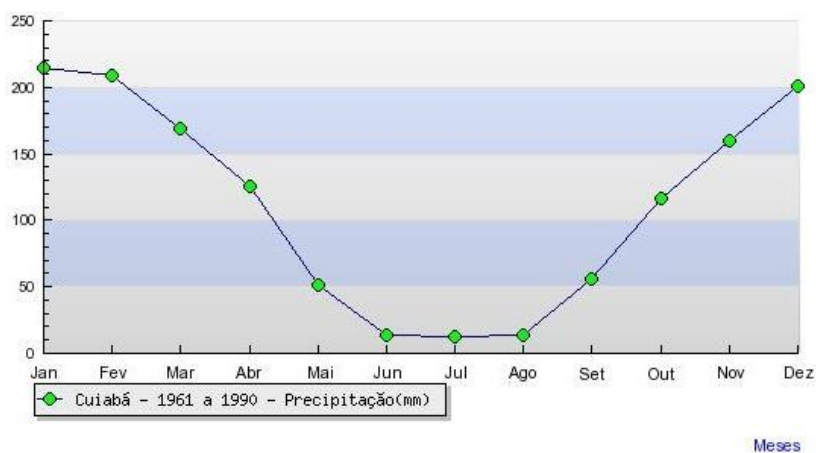


Figura 11 - Normais climatológica da precipitação entre 1961 – 1990

FONTE: INMET (2015)

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

Em Cuiabá a direção do vento predominante é N (norte) e NO (noroeste) durante grande parte do ano, e S (sul) no período do inverno (CUIABÁ, 2004). Devido sua formação geológica Cuiabá situa-se em uma depressão geográfica, fazendo com que a frequência e a velocidade média dos ventos seja extremamente baixa.

Segundo Duarte (1995):

Ocorrem, em média, apenas dezessete dias por ano com temperatura inferior a 20°C e tão somente oito dias por ano com temperatura média inferior a 18°C, e em nenhum mês do ano tem-se médias inferiores a 20°C. Além disso, a localização geográfica cercada por chapadas confere ao local características de depressão: a ventilação é fraca – em torno de 1 m/s, no período noturno, e chegando a 2,6 m/s, no início da estação chuvosa, no início da tarde.

O inverno é uma estação amena, embora ocorram com frequência temperaturas baixas em razão da invasão do ar polar, chamadas friagens muito comuns nessa época do ano, e que geralmente não se mantém por mais de dois dias. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 15°C e 24°C, e a média mínima, de 8°C a 18°C, (OLIVEIRA, 2011).

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

Segundo Nince et al. (2014), cobertura vegetal (de Cuiabá) é constituída por remanescentes de cerrado, cerradão, matas ciliares no entorno dos rios, e por vegetação exótica.

3.2 UFMT CAMPUS CUIABÁ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

A Universidade Federal de Mato Grosso *campus* Cuiabá foi a área de estudo escolhida, por ser um local onde foram realizados diversos estudos microclimáticos como por exemplo: CAMPOS NETO (2007), ROSSETI (2009), ALVES (2010) E MACIEL (2011 E 2014).

O *campus* está localizado na Av. Fernando Correa da Costa, e apresenta uma área de 74 hectares, sendo caracterizado por um ambiente heterogêneo (Figura 12),

com diferentes superfícies urbanas de uso e ocupação do solo, (CAMPOS NETO, 2007).



Figura 12 - Campus UFMT- Cuiabá com diferentes superfícies
FONTE: Google Earth (2015)

Dentre as diferentes superfícies pode-se destacar os locais de áreas verdes (bosques) que são utilizados pelos estudantes e visitantes, para esporte e lazer. O zoológico contém uma lagoa e vegetação. Campo de futebol possui elevada área aberta com vegetação rasteira (gramado) circundado por uma pista de corrida. Áreas expostas (solo nu) sem presença de vegetação. Como exemplos de áreas impermeabilizadas temos estacionamentos, vias pavimentadas, faculdades e institutos. Em relação ao relevo, as altitudes no campus variam de 165 a 185m, com vertentes orientadas principalmente de leste-oeste, apresentando alguns cânions, conforme a Figura 13, (ALVES, 2011).

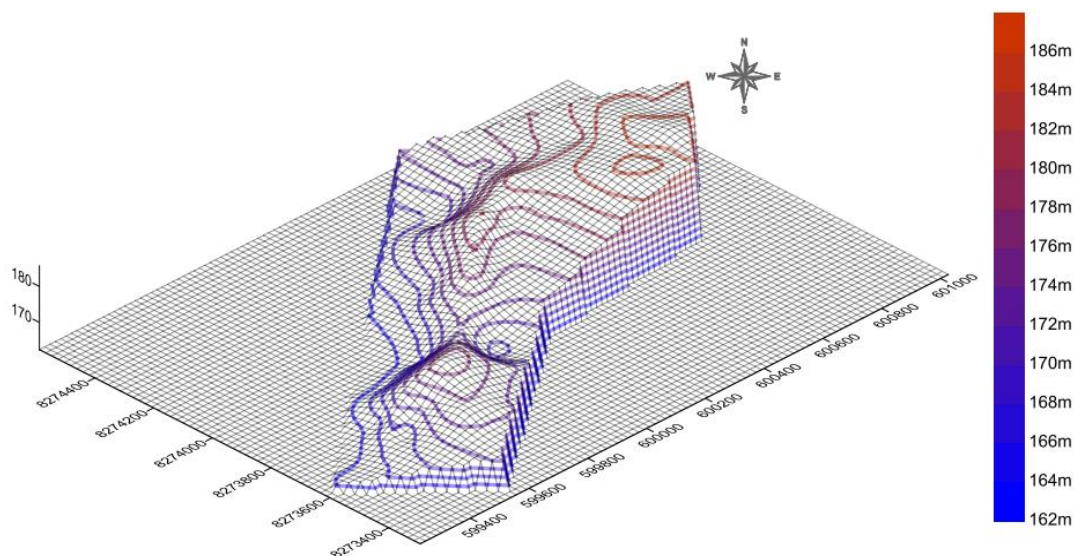


Figura 13 - Relevo do campus de Cuiabá-UFMT
FONTE: Alves (2011)

O *campus* é contornado por vias de grande fluxo de veículos (Av. Fernando Correa da Costa e Avenida Jorn. Arquimedes Pereira Lima) e em menor escala por vias coletoras (Av. Brasília no bairro Jardim das Américas e Rua 01 no bairro Boa Esperança). Trata-se de uma região de entorno altamente edificado com presença de shopping center, bancos, supermercados e comércio diversos, além da própria universidade e contando, ainda com diversas edificações multifamiliares compostas por mais de vinte pavimentos no bairro Jardim das Américas, (LUZ, 2013).

Conforme Neves (1979) apud Campos Neto (2007)¹⁵, a localização da UFMT é caracterizada como universidade da Amazônia encontrando-se em um local estratégico para sediar um sistema de trocas de conhecimento que operacionalizaria um dos pontos do pacto amazônico, seja pelo desenho geográfico de seu contorno, seja porque tem, já mesmo em seu campus, os vestígios da transição floresta/cerrado/pantanal. Podendo, assim, segundo o autor, oferecer a instituições científico-cultural de países de mesma conformação fisiográfica, motivos comungáveis de trabalho conjunto.

¹⁵ NEVES, G. N. Relatório Sobre a Universidade Federal de Mato Grosso 1978, Gráfica Universitária UFMT, Cuiabá, 1979 apud CAMPOS NETO, A. de A. Estudo bioclimático no campus da Universidade Federal de Mato Grosso. 2007. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 138 f. Cuiabá, MT.

3.2.1 Pontos de coletas

Os pontos escolhidos no *campus* da UFMT foram em frente ao Bloco da Pós-graduação em Física Ambiental (PGFA), pois neste local foram encontradas as espécies oiti (*Licania tomentosa*) e mangueira (*Mangifera indica*), Figura 14.



Figura 14 - Locais das coletas de dados

FONTE: Google Earth

Conforme a Figura 15, a espécie arbórea oiti (*Licania tomentosa*) foi identificada pela letra “A”, a mangueira (*Mangifera indica*) pela letra “H” e a letra “L” identifica as superfícies urbanas sem a influência do sombreamento arbóreo. As espécies arbóreas legendadas por “K” e “J” estão afastadas, não sendo consideradas nos modelos.



Figura 15 - Identificação das espécies por letra alfabética

Ponto A – Espécie oiti (*Licania tomentosa*) no período quente-úmido e quente-seco (Figura 16).



Figura 16 – Espécie oiti (ponto A), nos períodos quente-úmido e quente-seco

Ponto H – Espécie mangueira (*Mangifera indica*) no período quente-úmido e quente-seco (Figura 17).



Figura 17 – Espécie mangueira (ponto H), nos períodos quente-úmido e quente-seco

Ponto L – Espécie mangueira (*Mangifera indica*) no período quente-úmido e quente-seco (Figura 18).



Figura 18 – Sem sombreamento arbóreo (ponto L), nos períodos quente-úmido e quente-seco

Na Figura 19, estão identificados como foram realizadas as coletas e os significados de suas abreviaturas.

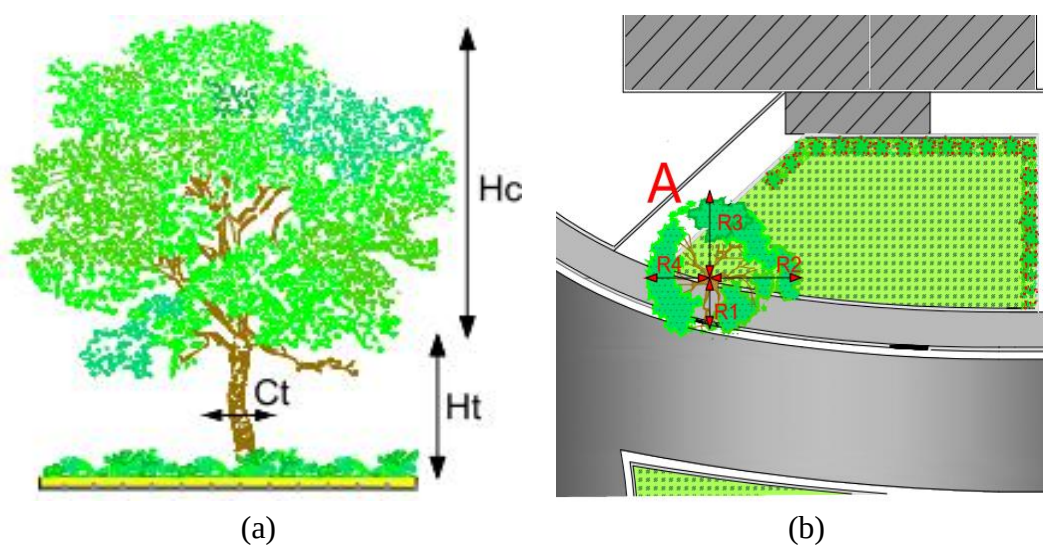


Figura 19 - Identificação das abreviaturas utilizadas na característica das espécies. (a) Altura do tronco (Ht), da copa (Hc) e circunferência do tronco (Ct). (b) Raios das copas (R1, R2, R3 e R4)

As características das espécies arbóreas estudadas estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Características das espécies arbóreas

Árvore	Altura (m)			Circunf. Tronco (Ct - m)	Raio (m)			
	Tronco (Ht)	Copa (Hc)	Total (Hc)		R1	R2	R3	R4
A	3,30	6,30	9,60	1,52	2,65	4,90	4,10	3,60
B	2,50	4,90	7,40	0,94	3,05	2,10	3,70	1,95
C	3,30	5,30	8,60	1,50	3,90	2,90	3,67	3,60
D	2,50	4,90	7,40	0,46	Raio da copa pequena para medir			
E	3,60	5,00	8,60	1,15	3,00	2,48	3,90	3,70
F	3,00	6,10	9,10	1,30	4,40	2,25	4,50	3,18
G	4,00	9,40	13,40	1,08	5,14	2,30	4,50	4,30
H	3,60	8,90	12,50	1,72	7,60	5,10	7,39	4,50
I	4,30	9,70	14,00	1,45	5,75	5,45	5,80	4,34

Na Tabela 8 estão apresentadas as distâncias dos eixos existentes entre as espécies arbóreas, em metros, pois como estão próximas podem influenciar nas características microclimáticas do ponto A e H.

Tabela 8 - Distância entre as espécies arbóreas

Espécies Arbóreas	Distância (m)
A – B	6,56
B – C	4,20
C – D	3,70
D – E	3,30
E – F	7,80
F – G	3,70
G – H	6,50
H – I	4,90

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para a realização desta pesquisa foram confeccionadas placas de tamanhos variados de materiais construtivos tipicamente utilizados nas superfícies urbanas: solo, concreto e asfalto. Esses materiais foram analisados por pesquisadores como Asaeda et al. (1996) que verificaram o fluxo de calor desses materiais de pavimentação na alteração da temperatura do ar. Alves e Vecchia (2012) analisaram diferentes superfícies como: solo nu, bloco de concreto, concreto novo, concreto velho, grama e asfalto.

No próximo item será detalhado como as placas foram executadas.

4.1.1 Placas de solo, concreto e asfalto

As placas foram confeccionadas das seguintes formas:

- I. Placa de solo – O solo utilizado nas placas foi da região da Baixada Cuiabana, denominado solo saprolítico de filito (RIBEIRO, 2006). O solo estava com 21% de umidade ao ser compactado por um soquete cilíndrico de concreto (15x30 cm) em forma de madeira. As dimensões das placas de solos foram 60x60x10 cm, possuindo 3 unidades, conforme Figura 20.



(a)



(b)

Figura 20 - Placas de solo – (a) compactando o solo na placa – (b) as placas prontas.

- II. Placa de concreto – O concreto foi dosado na betoneira com o traço (1:2.12:2.88:0.5 – cimento:areia:brita:água), lançado, e adensado com uma haste metálica em formas de madeira. Após a concretagem foram colocados em câmara úmida (por 24h) e em seguida foram desmoldados das formas de madeira e executado o processo de cura, que foi realizada durante 7 dias, através de molhagem com água, sendo, na sequência, cobertas por lona. As dimensões das placas de concreto foram 30x30x10 cm, foram confeccionadas 8 unidades. Tal opção foi escolhida por causa da dificuldade de manuseio de placas com maiores dimensões, devido ao peso (Figura 21).



(a)



(b)

Figura 21 - Placas de concreto - (a) com as fôrmas de madeira - (b) as placas prontas

- III. Placa de asfalto – A placa de asfalto foi confeccionada com traço (1:4,81:10,3:2,06:0,3 – emulsão:areia:pedrisco:brita:água) de pré-misturado à frio (PMF), muito utilizado em “tapa buracos” nas cidades. O ligante usado foi a emulsão asfáltica (RL 1C) e os agregados foram: areia, pedrisco e brita 1. O material foi homogeneizado, lançado e compactado com soquete padrão de asfalto na forma de madeira. Segundo Brasquímica (2015), a emulsão asfáltica RL 1C é “um sistema que, constituído de uma fase asfáltica (glóbulos com diâmetro médio de 3 micras) dispersa em uma fase aquosa química tenso-ativa, foi desenvolvido para aplicação à temperatura ambiente em serviços de pavimentação asfáltica”. A cura da mistura asfáltica foi processada pela evaporação da umidade contida na mesma. As dimensões das placas de asfalto

foram de 30x30x10 cm, sendo inviável confeccionar em maiores dimensões por causa do peso. O total de placas confeccionadas foram 8 (oito) e não foram retiradas das formas, pois os materiais não estavam totalmente solidificados (Figura 22).



Figura 22 - Placa de asfalto

4.1.2 Descrições dos equipamentos utilizados

4.1.2.1 Sensores dataloggers

Os sensores *dataloggers* utilizados foram do modelo HOBO U12-012, com cabo externo TMC20-HB, conforme a Figura 23. As principais características dos sensores estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Dados dos sensores

Faixa de medição	Temperatura do ar: -20° a 70°C Umidade relativa do ar: 5% a 95%
Acurácia	Temperatura do ar: $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$ Umidade relativa do ar: $\pm 2.5\%$
Resolução	Temperatura do ar: 0.03°C Umidade relativa do ar: 0.03%



Figura 23 - Modelo do sensor *datalogger* com cabo externo

4.1.2.2 Abrigo pote de sorvete para os sensores *datalogger*

Foram utilizados potes de sorvete como abrigos para os sensores *datalogger*, conforme Figura 24. Os potes foram da cor branca para refletir a radiação e assim, não sofrer sua influência. Os potes foram perfurados com a ferramenta furadeira, para o ar circular dentro do recipiente e foram colocadas espumas para apoio dos sensores.



Figura 24 - Sensor *datalogger* no abrigo pote de sorvete

4.1.2.3 Termo-higro-anemômetro

Para as coletas de dados no transecto móvel foi utilizado o termo-higro-anemômetro digital portátil, Modelo THAR- 185H da marca Instrutherm, (Figura 25). Com temperatura na faixa de 0°C a 50°C e umidade de 10% a 95% UR, e funciona com uma bateria de 9V.



Figura 25 - Termo-higro-anemômetro
FONTE: Franco (2010)

4.1.2.4 Abrigo para o termo-higro-anemômetro

O abrigo utilizado para proteger o termo-higro-anemômetro durante a coleta de dados, foi confeccionado com tubo de PVC e na cor branca para refletir a radiação. O tubo foi perfurado para permitir a passagem de ar, e na parte superior do tubo foi colocado um funil branco para proteger o sensor da radiação solar direta e de precipitações (Figura 26). Cox (2008), Franco (2010) e Santos (2012) foram alguns dos pesquisadores que utilizaram esse mesmo tipo de abrigo nos seus estudos.



Figura 26 - Abrigo para o transecto
FONTE: Franco (2010)

4.1.2.5 Estação meteorológica automatizada

A estação Meteorológica automatizada está instalada no Bloco PGFA na UFMT *campus* Cuiabá. É composta pelo Conjunto de Sensores Integrados (ISS)

modelo Vantage Pro 2 Plus, da marca Davis Instruments (Figura 27). O equipamento coleta os dados meteorológicos como: umidade relativa do ar, temperatura do ar, radiação solar, precipitação, velocidade e direção do ar.



Figura 27 - Estação Micrometeorológica no Bloco PGFA.

4.1.2.6 *Termômetro digital infravermelho com mira laser*

Para medição da temperatura superficial foi utilizado o termômetro digital infravermelho com mira laser (modelo MT-360, marca Minipa), conforme a Figura 28. O equipamento opera em intervalo de temperatura do ar de -30°C a 550°C , com resolução de $(0,5^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\text{C})$.



Figura 28 - Termômetro digital infravermelho com mira laser (modelo MT-360)

4.1.2.7 Ceptômetro

O Ceptômetro é um equipamento que estima o IAF (índice de área foliar), a partir das medições da radiação solar incidente e da transmitância da radiação através do dossel. O modelo utilizado foi o Ceptômetro AccuPAR Lp-80, conforme a Figura 29. As medições foram realizadas sob as copas das espécies arbóreas em condições de céu limpo, próximo às 12h, sendo que, foram coletadas duas medições e realizado a média delas como o resultado final.



Figura 29 - Ceptômetro AccuPAR Lp-80.

4.2 MÉTODOS

A metodologia utilizada foi dividida em 8 (oito) etapas para melhor compreensão.

1ª etapa: O primeiro passo executado nesta pesquisa foi aferição dos sensores *dataloggers* utilizados.

2ª etapa: Coleta dos dados de IAF das duas espécies arbóreas.

3ª etapa: Após aferidos, os sensores *dataloggers* foram instalados nos locais estratégicos para analisar a influência do sombreamento sobre as diferentes superfícies urbanas (solo, concreto e asfalto). Foram coletados dados no período quente-úmido e quente-seco.

4ª etapa: Coletas de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, com equipamento higro-termo-anemômetro e de temperatura superficial com equipamento termômetro digital a laser, foram executados nos horários das 08h, 14h e 20h. Nos períodos quente-úmido e quente-seco.

5ª etapa: Questionários com os usuários do *campus* da UFMT – Cuiabá, sobre as sensações térmicas devido as condições meteorológicas no momento da entrevista.

6ª etapa: Coleta de dados da estação automatizada na UFMT/PGFA.

7ª etapa: Utilização do programa RayMan para a definição dos índices de conforto PMV e PET.

8ª etapa: Tratamento dos dados estatisticamente para posterior análise.

4.2.1 1ª Etapa: Aferição dos sensores *dataloggers*

A aferição dos sensores HOBO foi realizada em uma sala do bloco PGFA e ligados sobre uma mesa (Figura 30) durante 3 dias, os dados coletados foram armazenados a cada 10 minutos. Durante esse período a sala ficou fechada, com as luzes e o ar condicionado desligados, para que não houvesse interferências nos resultados. Com os dados coletados foram realizadas a função Correlação no Windows Excel, com intuito de verificar se os sensores estavam medindo valores semelhantes de temperatura do ar, umidade do ar e temperatura externa. Após a aferição os sensores *dataloggers* foram instalados nos devidos locais para a realização desta pesquisa. Nesta etapa foi realizada apenas uma aferição e não a calibração dos sensores.



Figura 30 - Aferição dos sensores *dataloggers*

4.2.2 2ª Etapa: Medições do IAF

As medições do índice de área foliar foram realizadas utilizando o equipamento Ceptômetro no próprio local por método indireto. Não houve a necessidade de realizar a calibração do equipamento, pois estava calibrado de fábrica. A leitura do aparelho determinou a estimativa do IAF, quantificando a radiação solar incidente, interceptada e transmitida pelo dossel.

As medições do IAF foram realizadas sob as copas das espécies de árvores, próximo do horário do meio-dia (12h), quando o sol se encontrava perpendicular à superfície do terreno, afim de evitar interferências devidas à inclinação dos raios solares e com o céu limpo. Foram realizadas duas medições em cada espécie (oiti e mangueira) no mesmo dia e utilizou-se a média como resultado final.

4.2.3 3ª Etapa: Coletas de dados de temperatura interna, temperatura do ar e umidade relativa do ar (sensores *dataloggers*)

Os dados de temperatura interna, temperatura do ar e umidade relativa do ar foram coletados em diferentes tipos de superfícies urbanas: concreto, asfalto e solo, por meio do sensor *dataloggers*. Os sensores *dataloggers* (modelo HOBO U12-012) foram instalados em três situações distintas: sob a copa das espécies arbóreas oiti (*Licania tomentosa* - Figura 28 a) e mangueira (*Mangifera indica* - Figura 28 b) e noutro local sem sombreamento arbóreo (Figura 28 c), que estavam protegidos pelo abrigo de pote de sorvete.

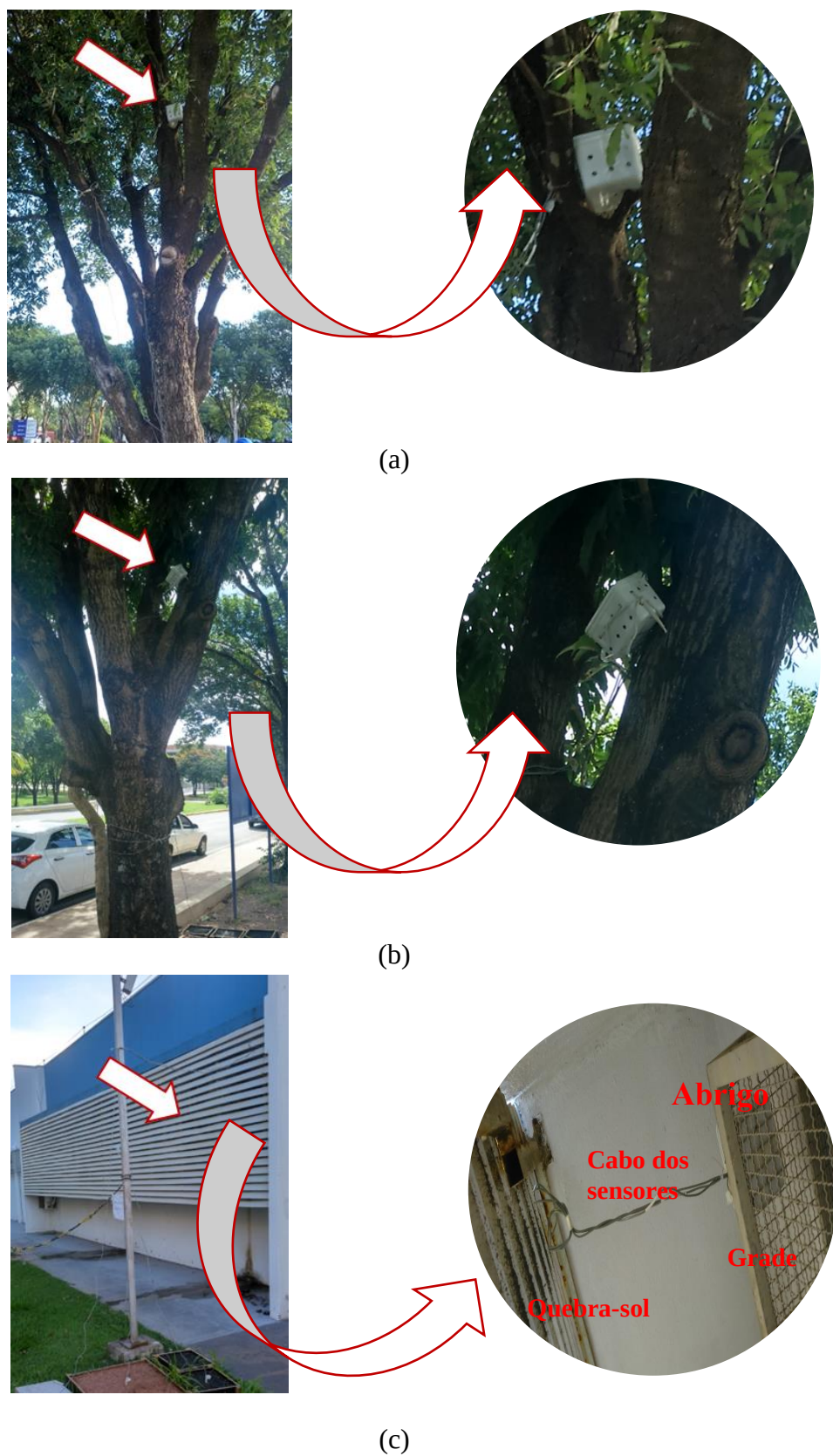


Figura 31 - Diferentes situações das instalações dos abrigos – (a) copa da espécie oiti (*Licania tomentosa*) – (b) copa espécie mangueira (*Mangifera indica*) – (c) atrás do quebra-sol denominado “sem sombreamento”

Foram realizados nas placas de cada material uma perfuração com profundidade de 5cm no seu centro, com equipamento furadeira com bitola de 10mm (Figura 32 a), e dentro do orifício foi inserido um tubo de plástico para garantir a profundidade desejada (Figura 32 b e c). Os cabos com sensores externos foram instalados nos orifícios com os tubos de plástico juntos.

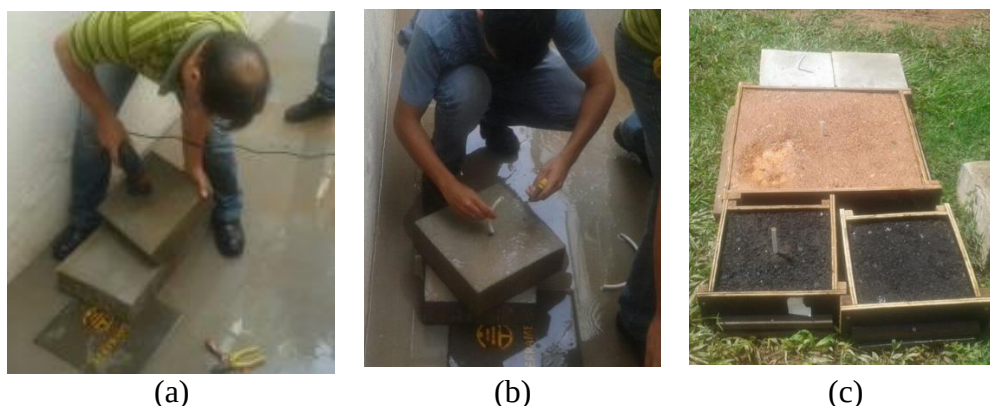


Figura 32 - Perfuração das placas com a furadeira (a), inserindo o tubo de plástico no orifício (b) e as placas com os tubos de plásticos inserido (c)

Em cada abrigo de pote de sorvete foram inseridos três *dataloggers* (Figura 24), um equipamento para cada material (solo, concreto e asfalto). Os dados obtidos de temperatura do ar e umidade relativa do ar utilizado nas análises foram as médias dos três *dataloggers*, pois as placas dos materiais estavam uma do lado da outra, não apresentando diferença de temperatura e umidade relativa do ar.

As placas de concreto e asfalto foram confeccionadas com os tamanhos reduzido pela dificuldade de manuseio, por terem peso específico elevado, as áreas das placas variaram de 0,12 a 0,36 m² (Figura 33).

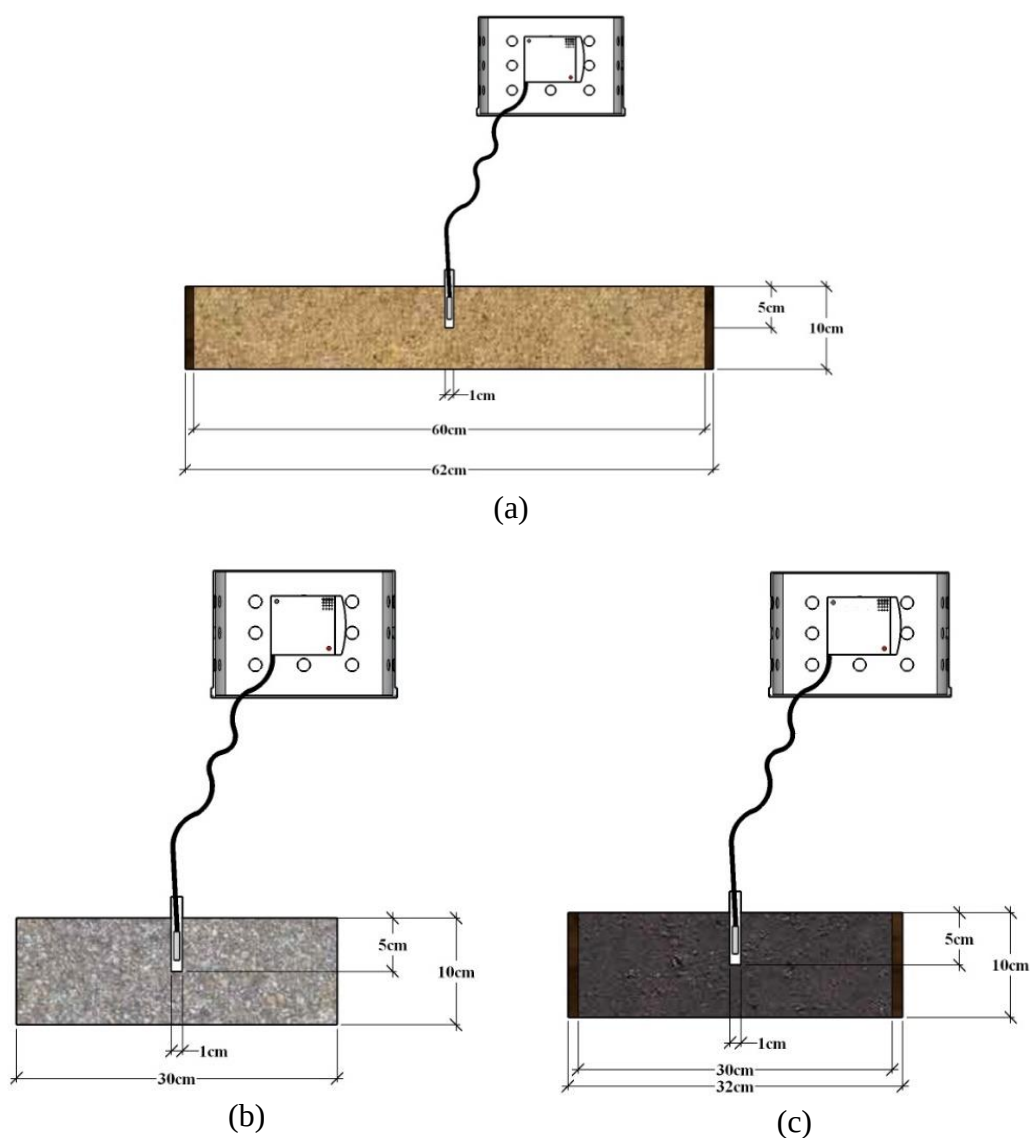


Figura 33 - Placa de solo (a), concreto (b) e asfalto (c), com os sensores externos inseridos e suas dimensões

As coletas de dados do período quente-úmido, foram realizadas nos meses de março e abril (apenas nos dias úteis) de 2015 e no período quente-seco no mês de agosto (dias sequenciais e ininterrupto) de 2015, conforme a Tabela 10. Os *dataloggers* foram programados para registrarem os dados a cada 10 minutos, sendo posteriormente feito as médias horárias e diárias.

Tabela 10 – Dias de coleta

Período	Dias de coleta	Observação
Quente-úmido	23/03/2015 à 30/04/2015	Dias úteis para coleta do Transecto móvel e da temperatura superficial
Quente-seco	12/08/2015 à 28/08/2015	Dias ininterrupto para coleta do Transecto móvel e da temperatura superficial

4.2.4 4ª Etapa: Coletas de dados de temperatura superficial (termômetro digital), temperatura do ar e umidade relativa do ar (termo-higrô-anemômetro)

Os dados de temperatura superficial foram coletados em conjunto com a temperatura do ar e umidade do ar, nos três períodos do dia (manhã, tarde e noite) às 08h; 14h e 20h, conforme as recomendações da OMM (Organização Mundial de Meteorologia). Todas as placas foram identificadas com números para ter uma sequência das medições.

A coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar (transecto móvel) foi realizada uma em cada cenário por horário (Figura 34). E a temperatura superficial foi realizada em cada material, ou seja, três coletas por cenário por horário. Nos revestimentos com quantidades acima de duas placas foram realizadas a médias. O termômetro mira laser foi acionado no centro de cada placa, conforme a Figura 34 (b,c e d)

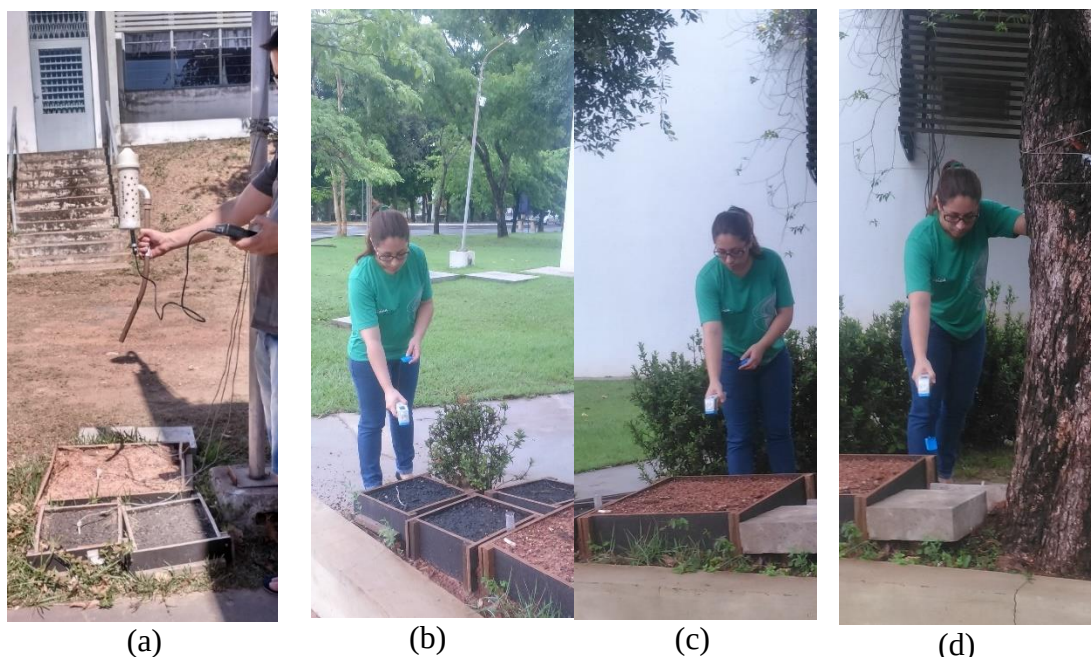


Figura 34 – Coleta de temperatura e umidade relativa do ar, por meio do transecto móvel (a) e coleta da temperatura superficial, por meio do termômetro digital a laser, revestimento de asfalto (b), revestimento de solo (c) e revestimento de concreto (d)

Para o cálculo da estimativa do fluxo de energia nos diferentes materiais e período, foi utilizado a equação de Stefan-Boltzmann ($E = \epsilon \sigma T^4$ - Equação 1), para a emissividade foi empregada a média de cada material (Tabela 2), conforme Alves e Vecchia (2012), sendo que, no material solo a emissividade adotada foi de 0,92, no concreto de 0,93 e no asfalto 0,95.

4.2.5 5ª Etapa: Questionários

Os questionários foram aplicados em frente ao bloco do PGFA, próximos aos locais estudados. Os entrevistados eram usuários do *campus*, na grande maioria formada por alunos, servidores e praticantes de atividades físicas. As perguntas foram realizadas nos períodos das 08h, 14h e 20h, de forma aleatória. O questionário utilizado nessa pesquisa foi o modelo desenvolvido por Nince (2013), contendo perguntas pessoais como: cor da roupa, idade, sexo, atividade, exposição ao sol, se era natural de Cuiabá, em caso negativo há quantos anos morando em Cuiabá. E as perguntas sobre a percepção e preferência de sensação térmica adaptado de Monteiro e Alucci (2010), sendo apresentada no ANEXO A.

4.2.6 6ª Etapa: Coleta dos dados da estação automatizada

A estação microclimática utilizada localiza-se no campus da UFMT, mais precisamente no Bloco do PPGFA, o equipamento registrou dados de temperatura e a umidade relativa do ar, velocidade e precipitação, com intervalo de registro de dados programado para 5 minutos durante 24h de cada dia. Os dados registrados foram transferidos para o computador através de um cabo serial.

Os dados da estação automatizada (referencial) foram coletados com intuito de verificar e comparar com os dados coletados através do sensor *datalogger* nos diferentes locais (oiti, mangueira e sem sombreamento).

4.2.7 7ª etapa: Utilização do programa RayMan para a definição dos índices de conforto PMV e PET.

As definições dos níveis de conforto térmico foram expressas através da temperatura PET (Physiological Equivalent Temperature) e PMV (Predicted Mean Vote), calculados através do software RayMan versão 1.2.

Para a realização do cálculo dos índices, fez-se necessário inserir dados na interface do software RayMan versão 1.2 (2000) como: Data (dia/mês/ano), Dia do ano, Hora local (h), Temperatura do ar (°C), Umidade relativa do ar (%), Velocidade do vento (m.s) e Radiação global (W/m²), coordenadas geográficas locais (latitude, longitude e altitude) e fuso-horário (UTC+h), conforme a Figura 35. O programa foi desenvolvido por Andreas Matzarakis e é de domínio público, apenas para uso pessoal e pesquisas acadêmicas, através de contato por correio eletrônico (<http://www.mif.uni-freiburg.de/RayMan>).

Figura 35 - Interface do programa RayMan versão 1.2

Foram utilizados os dados obtidos no termo-higro-anemômetro (temperatura e umidade do ar) registrados nas diferentes situações (*Licania tomentosa*, *Mangifera indica* e sem sombreamento) e períodos (manhã, tarde e noite) para preencher a interface do programa. Sobre as características físicas dos entrevistados, adotou-se o mesmo apresentado por Nince (2013) onde:

Para pedestres masculinos: altura de 1,70m, peso de 70kg e pedestres femininos: altura de 1,60m peso de 60kg e para ambos os sexos: vestimenta de 0,5clo que corresponde a pessoa usando vestimenta leve de verão, ou seja, roupas íntimas, calças longas leves, camisas abertas no pescoço com mangas curtas, meias e calçados leves e atividade de caminhada lenta com taxa metabólica de 135W, ou seja, pessoa andando a 4km/h.

Neste trabalho utilizou o índice PET do Monteiro (2008), o mesmo recomendado por Nince (2013), por assemelhar mais com a cidade de Cuiabá do que com Hirashima et al. (2011) que realizou seus estudos em Belo Horizonte que possui um clima privilegiado.

4.2.8 8ª Etapa: Análise estatística dos dados

Foi utilizado o Software IBM SPSS versão 23.0 para realizar as análises dos dados estatisticamente e o Microsoft Excel para a elaboração de gráficos e tabelas.

Na avaliação das variáveis microclimáticas utilizou-se a estatística descritiva e também testes de hipóteses ao nível de significância de 5% para avaliar as diferenças significativas entre os materiais (solo, concreto e asfalto) e os locais (oiti, mangueira e sem sombreamento), e para as variáveis temperatura superficial, temperatura do ar e umidade relativa do ar. Desse modo, foram realizados análises de variância multivariadas e univariadas, seguidas por testes de comparações múltiplas de Tamhane e de Tukey, para as variáveis cujos resíduos apresentaram comportamento heterocedástico e homocedástico, respectivamente.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados e discussões de todos os dados coletados para averiguação da influência do sombreamento arbóreo nos diferentes tipos de revestimento do solo.

5.1 AFERIÇÃO DOS SENSORES *DATALOGGERS*

Para a realização da aferição dos sensores os *dataloggers* foram identificados através de seus números de séries (Tabela 11).

Tabela 11 - Identificação dos sensores *dataloggers*

Nº série	Local instalado	Material da placa	Sigla
10218091	Mangueira	Concreto	MC
10218088		Solo	MS
10218101		Asfalto	MA
10218103	Oiti	Concreto	OC
10218105		Solo	OS
10218100		Asfalto	OA
10218090	Sem sombra	Concreto	SC
10218104		Solo	SS
10218092		Asfalto	AS

Os resultados obtidos na aferição por meio da função correlação dos sensores *dataloggers* estão apresentados na Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13, com suas respectivas siglas.

Tabela 12 - Correlação - Temperatura do ar

	OS	MA	SC	AO	MC	AS	MS	SS	OC
OS	1								
MA	0,999871	1							
SC	0,998844	0,998610	1						
OA	0,999795	0,999735	0,998846	1					
MC	0,999851	0,999791	0,998738	0,999808	1				
AS	0,998512	0,998670	0,998596	0,998740	0,998257	1			
MS	0,999584	0,999633	0,998610	0,999770	0,999552	0,999183	1		
SS	0,999539	0,999711	0,998480	0,999537	0,999453	0,999161	0,999604	1	
OC	0,999686	0,999646	0,998461	0,999847	0,999745	0,998402	0,999716	0,99935	1

Pode-se verificar que os valores encontrados na aferição dos sensores *dataloggers* nos resultados da temperatura do ar foram próximos de um (1), informando que os sensores estavam aptos para serem utilizados.

Tabela 13 - Correlação - Umidade do ar

	LS	MA	SC	LA	MC	AS	MS	SS	LC
LS	1								
MA	0,999477	1							
SC	0,996954	0,995953	1						
LA	0,998295	0,997743	0,998249	1					
MC	0,998998	0,998037	0,998072	0,99894	1				
AS	0,996287	0,996412	0,996571	0,997307	0,995894	1			
MS	0,997282	0,997069	0,997673	0,998808	0,997552	0,999376	1		
SS	0,998137	0,998881	0,995747	0,997372	0,99658	0,998089	0,997879	1	
LC	0,998721	0,998675	0,99717	0,999268	0,998781	0,997569	0,998784	0,998358	1

A correlação dos dados da umidade do ar, obtidos na aferição também foram próximos do valor (1), ou seja, os resultados foram similares.

Tabela 14 - Correlação – Sensor externo

	LS	MA	SC	LA	MC	AS	MS	SS	LC
LS	1								
MA	0,996531	1							
SC	0,991611	0,990196	1						
LA	0,999039	0,997613	0,992683	1					
MC	0,996984	0,998986	0,990834	0,998334	1				
SA	0,996438	0,998285	0,989105	0,997121	0,99914	1			
MS	0,998125	0,997495	0,990338	0,9977	0,998125	0,998844	1		
SS	0,9974	0,998094	0,990081	0,998117	0,999213	0,999347	0,99865	1	
LC	0,998698	0,99497	0,989897	0,997468	0,994946	0,994926	0,997033	0,995176	1

Todos os dados obtidos da aferição dos equipamentos foram satisfatórios, pois os resultados da correlação foram próximo a 1 (um), demonstrando que os sensores estavam medindo valores equivalentes.

5.2 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)

As duas espécies analisadas obtiveram o índice de área foliar próximos conforme a Tabela 15.

Tabela 15 - Resultado do IAF

Espécie	IAF (m^2m^{-2})
Oiti (<i>Licania tomentosa</i>)	4,82
Mangueira (<i>Mangifera indica</i>)	4,52

O IAF pode ser utilizado como um parâmetro facilitador na escolha de espécies que contribuam com o aumento da qualidade de ambientes urbanos possibilitando um aumento na qualidade de vida e um efeito positivo na qualidade do ar e microclima, principalmente em cidades de clima quente, (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Bonan (1997) apud Oliveira (2011)¹⁶, o sombreamento das árvores pode agir para esfriar a atmosfera por baixo, simplesmente por interceptar a radiação solar. O Índice de Área Foliar (IAF) é um dos principais parâmetros biofísicos e estruturais da vegetação, pois por meio dele quantifica esta interceptação.

A mesma autora, realizou o IAF da espécie mangueira (*Mangifera indica*) em duas praças em Cuiabá. Na Praça Popular o resultado foi de 5,48 (m^2/m^2), e 4,76 (m^2/m^2) para Praça 8 de Abril. Pode-se observar que os resultados encontrados foram próximos, mas podendo variar pelos seguintes fatores: idade das espécies, sazonalidade, sanidade das árvores e forma e frequência da poda.

Segundo Callejas et al. (2012) quanto maior o valor do IAF, maior é interceptação da radiação solar e maior também será seu sombreamento, com isso favorecendo o resfriamento da atmosfera sob as mesmas. Portanto, podendo ser um parâmetro importante na avaliação da qualidade da arborização em termos de melhoria das condições bioclimáticas dos ambientes.

¹⁶ BONAN, G. B., 1997: Effects of land use on the climate of the United States. Climatic Change, 37, 449–486 apud OLIVEIRA, A. S. Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas. Cuiabá, 2011. 146f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Em estudo realizado por Callejas et al. (2011) em escolas na cidade de Cuiabá, os resultados apontaram a existência de uma relação direta entre a melhoria das condições de conforto térmico, com a diminuição da temperatura do ar e a elevação da umidade abaixo das copas das árvores a medida que o IAF se eleva.

Durante e Nogueira (2013) estudando o sombreamento arbóreo em ambiente interno e externo, concluíram que as copas das árvores proporcionam um efeito oásis no período diurno e um efeito barreira (de abrigo) no período noturno, dependendo sobretudo do porte e da arquitetura foliar. Das espécies estudada, a mangueira, com IAF de $10,1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ proporcionou maior atenuação da temperatura sob a copa do que da espécie oiti, com IAF de $7,4 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, tendo, ambas as unidades arbóreas de sombreamento, grande porte.

5.3 TEMPERATURA INTERNA, TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR (SENSORES *DATALOGGER*), NOS PERÍODOS QUENTE-ÚMIDO E QUENTE-SECO

Os dados obtidos de temperatura interna, temperatura do ar e umidade relativa do ar, foram separados por situações/cenários distintos: oiti (*Licania tomentosa*), mangueira (*Mangifera indica*) e sem sombreamento. E também pelos materiais usualmente presentes nas pavimentações (solo, concreto e asfalto).

As temperaturas e umidades relativas do ar formam as médias horária dos dados dos três sensores *dataloggers*, instalados no mesmo abrigo (pote de sorvete) por cenário, pois as placas dos diferentes materiais estavam uma ao lado da outra, não apresentando variações significativas.

Primeiramente, será apresentada análise das temperaturas e umidades relativa do ar por cenário e em cada cenário será apresentado as temperaturas internas por material nos períodos quente-seco e quente-úmido. Estas variáveis serão apresentadas no intuito de descrever e caracterizar as distintas situações do sombreamento arbóreo e do comportamento dos diferentes materiais construtivo.

5.3.1 Espécie oiti (*Licania tomentosa*)

Os benefícios da vegetação urbana foram notórios durante as medições realizadas, os cenários com arborização registraram variáveis microclimáticas mais amenas que o local sem arborização.

Almeida (2009), ao estudar a arborização urbana de cinco cidades da região norte do estado de Mato Grosso, concluiu que a oiti foi espécie com maiores frequências em todas as cidades, mostrando-se adaptada aos ambientes urbanos e com resultados satisfatórios quanto ao sombreamento. A cidade com destaque foi Colíder com 82,5% dos indivíduos amostrados da espécie oiti, no entanto o mesmo autor orienta que o excessivo plantio da espécie não é recomendado, por causa do seu grande porte.

As temperaturas e as umidades relativa do ar no cenário oiti (Figura 36) apresentaram as seguintes características: nos horários entre as 4h – 7h a temperatura do ar foi maior no período quente-úmido que no período quente-seco; no horário das 6h a temperatura do ar foi de 23,84°C e 24,86°C no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, apresentando uma diferença de 1,02°C. Oliveira (2013) identificou resultados semelhantes na Praça Popular em Cuiabá, com temperatura do ar de 24,5°C e 26,0°C às 6h e 5h (quente-seco e quente-úmido), com uma diferença de 1,5°C.

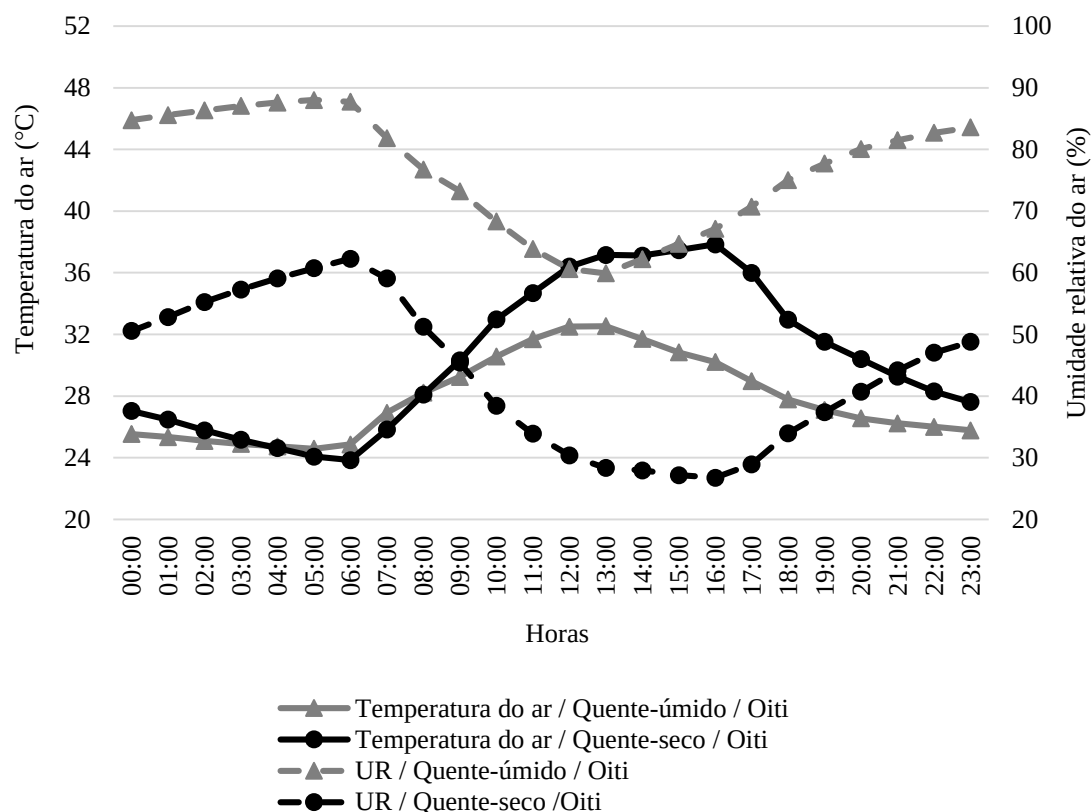


Figura 36 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar no cenário oiti (*Licania tomentosa*)

Na Tabela 16 estão as médias horárias da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, coletados nos dois períodos (quente-seco e quente-úmido), no cenário oiti. Esses valores foram a média dos três sensores *datalogger* instado em cada placa (solo, concreto e asfalto).

Tabela 16 - Média horária da temperatura e umidade relativa do ar no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido

Horas	Quente-seco		Quente-úmido	
	T. ar (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	UR (%)
0h	27,03	50,56	25,53	84,74
1h	26,47	52,83	25,34	85,58
2h	25,77	55,25	25,09	86,33
3h	25,16	57,29	24,90	87,06

4h	24,62	59,09	24,73	87,60
5h	24,07	60,74	24,58	88,03
6h	23,84	62,26	24,86	87,73
7h	25,83	59,06	26,91	81,85
8h	28,10	51,24	28,21	76,75
9h	30,31	45,42	29,25	73,22
10h	32,98	38,41	30,56	68,32
11h	34,69	33,90	31,69	63,87
12h	36,40	30,37	32,50	60,61
13h	37,16	28,34	32,54	59,89
14h	37,11	27,96	31,70	62,21
15h	37,47	27,17	30,83	64,67
16h	37,84	26,75	30,21	67,12
17h	35,99	28,94	28,96	70,73
18h	32,95	33,97	27,77	75,03
19h	31,52	37,39	27,10	77,72
20h	30,39	40,71	26,55	80,09
21h	29,26	44,18	26,24	81,51
22h	28,30	47,02	26,00	82,71
23h	27,61	48,80	25,77	83,58

De maneira geral os materiais artificiais (concreto e asfalto) obtiveram as maiores temperaturas internas. A disparidade encontrada nos resultados ocorreu principalmente nos horários de maior incidência da radiação (sol a pino) até o fim da tarde, o mesmo foi observado por Ávila et al., (2014).

Na espécie oiti (*Licania tomentosa*) a média diária das temperaturas internas registradas no material solo foram de $32,08 \pm 6,16^\circ\text{C}$ e $26,51 \pm 1,80^\circ\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do solo tiveram sua máxima de $44,02^\circ\text{C}$ (período quente-seco) às 15h e $29,81^\circ\text{C}$ (período quente-úmido) às 14h. A temperatura interna mínima foi de $24,47^\circ\text{C}$ e $24,27^\circ\text{C}$ às 6h nos quente-seco e quente-úmido, respectivamente. A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $19,55^\circ\text{C}$ e no quente-úmido foi de $5,54^\circ\text{C}$, com uma diferença de aproximadamente 14°C , essa diferença ocorreu, pois, posto que o solo é um material permeável, facilitando seu umedecimento (pela precipitação) e consequentemente apresentando menor temperatura interna (Figura 37).

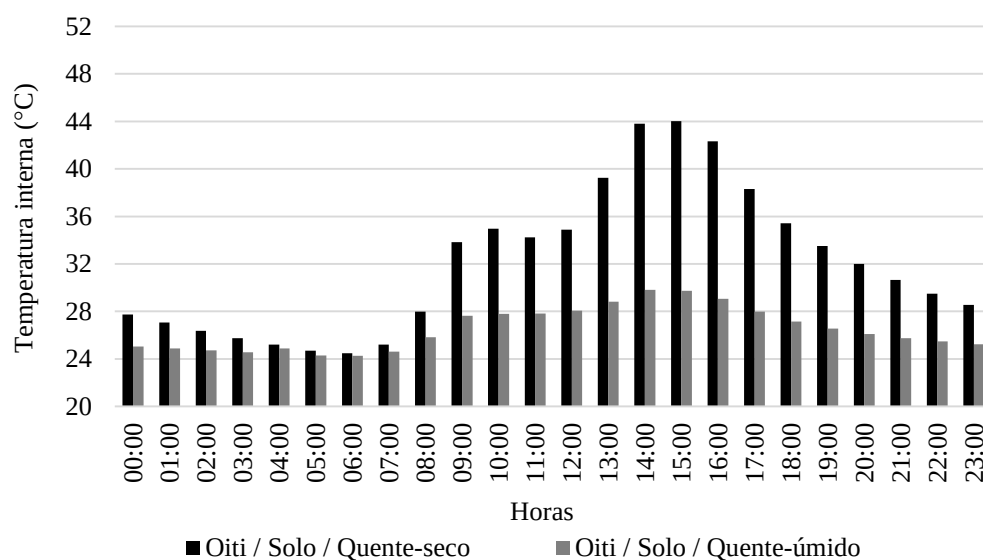


Figura 37 - Temperatura interna do material solo na espécie oiti (*Licania tomentosa*) em diferentes horários e períodos

Tabela 17 - Média horária da temperatura interna no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material solo

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) - Solo	
0h	27,75	25,05
1h	27,06	24,88
2h	26,38	24,72
3h	25,76	24,56
4h	25,21	24,89
5h	24,71	24,29
6h	24,47	24,27
7h	25,20	24,62
8h	28,00	25,84
9h	33,83	27,64
10h	34,97	27,80
11h	34,23	27,83
12h	34,89	28,05
13h	39,24	28,81
14h	43,81	29,81
15h	44,02	29,74
16h	42,32	29,05
17h	38,31	28,00
18h	35,43	27,16
19h	33,52	26,57

20h	32,00	26,10
21h	30,66	25,75
22h	29,51	25,48
23h	28,55	25,24

Pode-se observar que entre 4h e 7h foram registradas as menores amplitudes térmicas interna, evidenciando a influência da radiação e da umidade relativa do ar no comportamento térmico interno dos materiais.

A média diária das temperaturas internas registradas no material concreto foram de $31,47 \pm 4,53^{\circ}\text{C}$ e $28,7 \pm 2,64^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do concreto tiveram sua máxima de $39,32^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) às 15 h e $32,92^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 14h. A temperatura interna mínima foi de $24,58^{\circ}\text{C}$ e $25,39^{\circ}\text{C}$ às 6h (quente-seco e quente-úmido). A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $14,74^{\circ}\text{C}$ e no quente-úmido foi de $7,53^{\circ}\text{C}$, conforme pode ser observado na Figura 38.

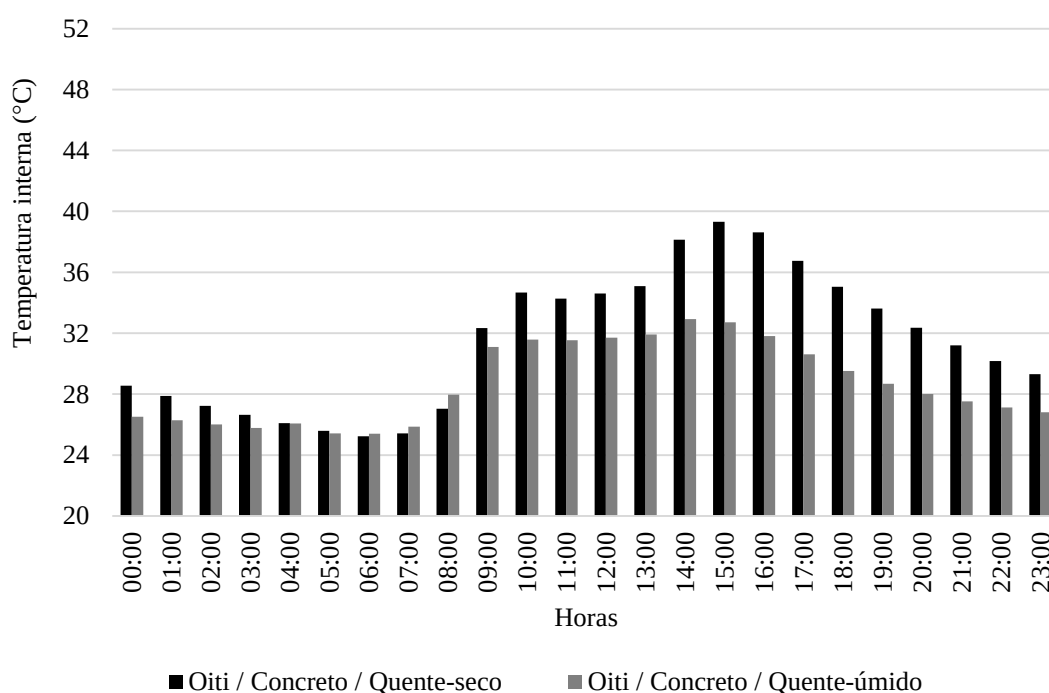


Figura 38 - Temperatura interna do material concreto, na espécie oiti (*Licania tomentosa*) em diferentes horários e períodos

Tabela 18 - Média horária da temperatura interna no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) – Concreto	
0h	28,56	26,52
1h	27,88	26,27
2h	27,24	26,02
3h	26,64	25,78
4h	26,10	26,07
5h	25,60	25,41
6h	25,22	25,39
7h	25,42	25,86
8h	27,05	27,96
9h	32,34	31,10
10h	34,67	31,58
11h	34,27	31,54
12h	34,61	31,70
13h	35,10	31,93
14h	38,14	32,92
15h	39,32	32,72
16h	38,63	31,81
17h	36,76	30,60
18h	35,06	29,52
19h	33,61	28,67
20h	32,36	28,01
21h	31,19	27,52
22h	30,17	27,13
23h	29,31	26,80

Ao comparar a amplitude térmica interna do material solo e concreto, pode-se verificar que no período quente-seco a amplitude do material concreto diminuiu em relação ao do solo (a areia presente no solo possui baixo calor específico), porém no período quente-úmido ocorreu um acréscimo. Isso ocorreu porque o solo é um material poroso e possui elevada permeabilidade (estava em uma fôrma de madeira), enquanto o concreto depois de curado ficou rígido e compacto (desformado). Logo, no material solo o acúmulo da água da chuva foi superior que no material concreto, e devido sua propriedade de regulador térmico (água), conduziu uma menor variação de temperatura interna no solo.

Segundo Romero (1988) apud Franco (2010)¹⁷ afirma que massas diferenciadas de água e terra produzem um impacto característico no clima, devido à diferente capacidade de armazenagem de calor da água e da terra, sendo que a água possui o mais alto calor específico, isto é, a acumulação de calor é muito menor na água que na terra.

Conforme a Figura 39 a média diária das temperaturas internas registradas no material asfalto foram de $33,48 \pm 8,42^{\circ}\text{C}$ e $30,14 \pm 4,79^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do asfalto tiveram sua máxima de $50,36^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) e $39,58^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 14h. A temperatura interna mínima foi de $23,82^{\circ}\text{C}$ às 6h (quente-seco) e $24,75^{\circ}\text{C}$ às 5h (quente-úmido). A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $26,54^{\circ}\text{C}$ e no quente-úmido foi de $14,83^{\circ}\text{C}$. Portanto no período quente-seco apresentou $11,71^{\circ}\text{C}$ a mais na amplitude térmica interna do material asfalto que no período quente-úmido.

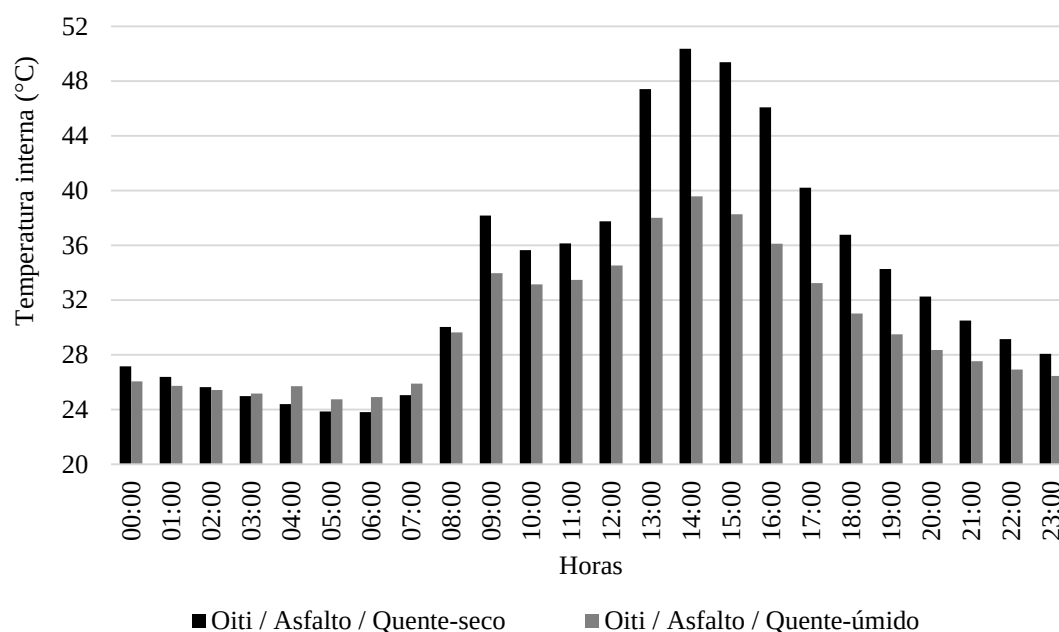


Figura 39 - Temperatura interna do material asfalto na espécie oiti (*Licania tomentosa*) em diferentes horários e períodos

¹⁷ ROMERO, M. A. B. Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo: PROJETO, 1988, apud FRANCO, F. M. Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do porto em Cuiabá-MT. 2010. 153f. Dissertação (Mestrado em Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Tabela 19 - Média horária da temperatura interna no cenário oiti nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material asfalto

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) - Asfalto	
0h	27,16	26,05
1h	26,39	25,74
2h	25,64	25,42
3h	24,99	25,17
4h	24,39	25,71
5h	23,87	24,75
6h	23,82	24,92
7h	25,05	25,90
8h	30,04	29,64
9h	38,18	33,97
10h	35,66	33,16
11h	36,14	33,47
12h	37,76	34,53
13h	47,41	38,01
14h	50,36	39,58
15h	49,37	38,26
16h	46,08	36,11
17h	40,22	33,23
18h	36,77	31,01
19h	34,26	29,49
20h	32,27	28,35
21h	30,51	27,54
22h	29,16	26,93
23h	28,07	26,45

Ao comparar as diferenças das amplitudes térmicas internas nos três materiais, pode-se observar que o material que apresentou maior discrepâncias entre os dois períodos foi o solo com 14°C. Seguido do material asfalto com 11,71°C e por último o concreto com 7,21°C. O material asfalto também apresentou um valor elevado de amplitude devido estar em fôrma de madeira, facilitando a permanência da água da chuva.

5.3.2 Espécie mangueira (*Mangifera indica*)

Os benefícios da utilização da espécie mangueira como arborização urbana são: rápido crescimento, folhagem densa e ampla sombra (ANDRADE, 2003). Segundo o mesmo autor, a mangueira (*Mangifera indica*), atendeu perfeitamente a problemática ambiental da cidade de Belém-PA, ao criar um microclima agradável, paisagem contemplativa, bem-estar significativo e formação de túneis verdes nas ruas e avenidas da cidade.

As temperaturas e as umidades relativa do ar no cenário mangueira (Figura 40) apresentaram as seguintes características: nos horários entre das 4h – 7h a temperatura do ar foi maior no período quente-úmido que no quente-seco; no horário das 6h a temperatura do ar foi de 23,84°C e 24,86°C no período quente-seco e quente-úmido respectivamente, apresentando uma diferença de 1,02°C.

Por meio dos dados coletados, verifica-se, que a umidade relativa do ar foi elevada durante a manhã (entre 5h e 6h), devido ao acúmulo de umidade durante a noite, porém no período da tarde comporta-se de maneira inversa, apresentando menores valores, no período quente-úmido às 13h e no período quente-seco às 16h. Esse mesmo comportamento foi observado por Ávila et al. (2014).

Oliveira et al. (2013) afirmam que no ano de 2009 em Cuiabá as maiores médias diárias da temperatura do ar ocorreram durante o período chuvoso, enquanto que as menores médias ocorreram durante o período seco, diferente dos resultados registados nesta pesquisa. No entanto na umidade relativa do ar os dados apresentaram o mesmo comportamento, que foi da obtenção de menores valores durante o período seco, com valores menores que 40% na pesquisa de Oliveira et al. (2013) e com valores menores que 25% neste trabalho, conforme a Tabela 20.

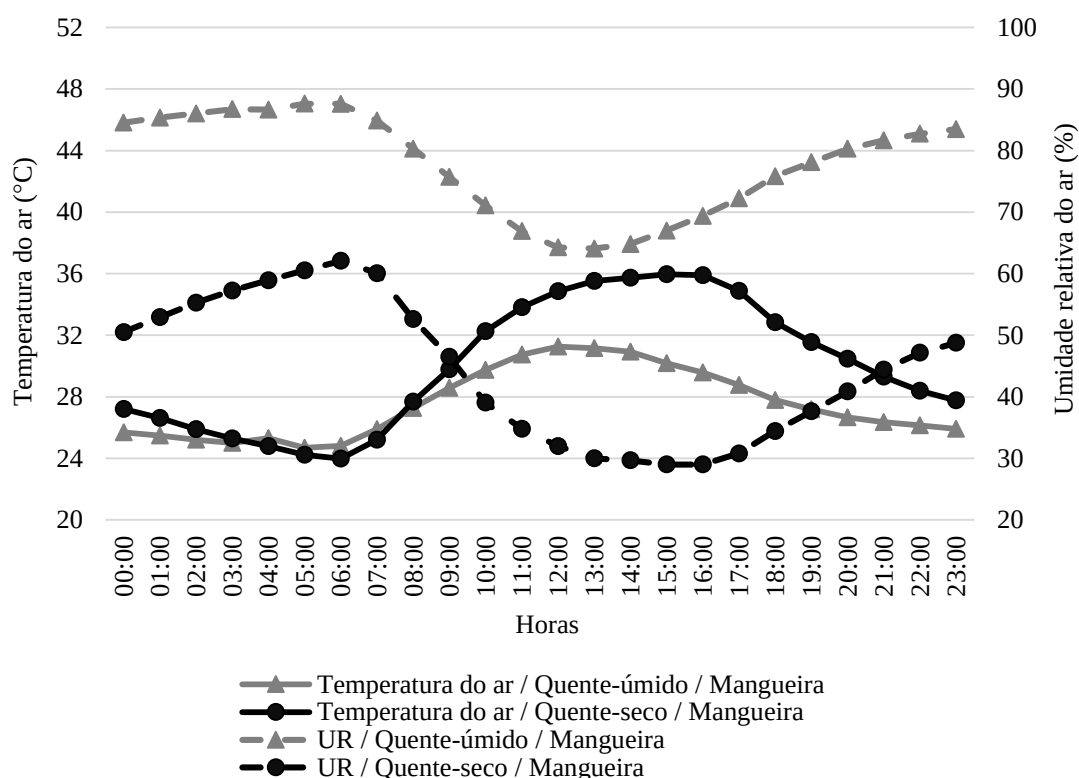


Figura 40 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar no cenário mangueira (*Mangifera indica*)

Nince et al. (2014) ao estudarem quatro ambientes distintos (mangueira, grama, concreto e asfalto) no campus da UFMT em Cuiabá, concluíram que sob a copa da mangueira registrou-se a maior temperatura mínima do ar ($T_{bsmín}$) e a menor umidade relativa máxima ($UR_{máx}$), portanto o lugar mais saudável que dos outros pontos.

Na Tabela 20 estão as médias horárias da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, coletados nos dois períodos (quente-seco e quente-úmido), no cenário mangueira. Esses valores foram a média dos três sensores *datalogger* instado em cada placa (solo, concreto e asfalto).

Tabela 20 - Média horária da temperatura e umidade relativa do ar no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido

Horas	Quente-seco		Quente-úmido	
	T. ar (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	UR (%)
0h	27,21	50,50	25,69	84,56
1h	26,63	52,91	25,47	85,36
2h	25,90	55,29	25,22	86,04
3h	25,30	57,26	25,00	86,73
4h	24,80	58,93	25,31	86,65
5h	24,23	60,55	24,69	87,61
6h	23,99	62,09	24,82	87,59
7h	25,21	60,08	25,88	84,86
8h	27,68	52,62	27,27	80,30
9h	29,78	46,47	28,58	75,71
10h	32,25	39,05	29,74	71,07
11h	33,83	34,79	30,74	66,92
12h	34,86	31,98	31,27	64,27
13h	35,53	29,99	31,17	64,07
14h	35,73	29,69	30,93	64,81
15h	35,96	29,00	30,17	67,00
16h	35,90	29,00	29,58	69,38
17h	34,88	30,79	28,77	72,21
18h	32,85	34,43	27,78	75,83
19h	31,55	37,64	27,17	78,09
20h	30,47	40,86	26,67	80,28
21h	29,31	44,42	26,36	81,65
22h	28,39	47,14	26,14	82,72
23h	27,77	48,75	25,93	83,49

Na espécie mangueira (*Mangifera indica*) conforme a Figura 41, a média diária das temperaturas internas registradas no material solo foram de $31,01 \pm 3,99^{\circ}\text{C}$ e $25,92 \pm 1,42^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do solo tiveram sua máxima de $37,75^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) às 16 h e $27,91^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 12h. A temperatura interna mínima foi de $25,3^{\circ}\text{C}$ às 6h e $24,04^{\circ}\text{C}$ às 5h (quente-seco e quente-úmido). A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $12,45^{\circ}\text{C}$ e no quente-úmido foi de $3,87^{\circ}\text{C}$.

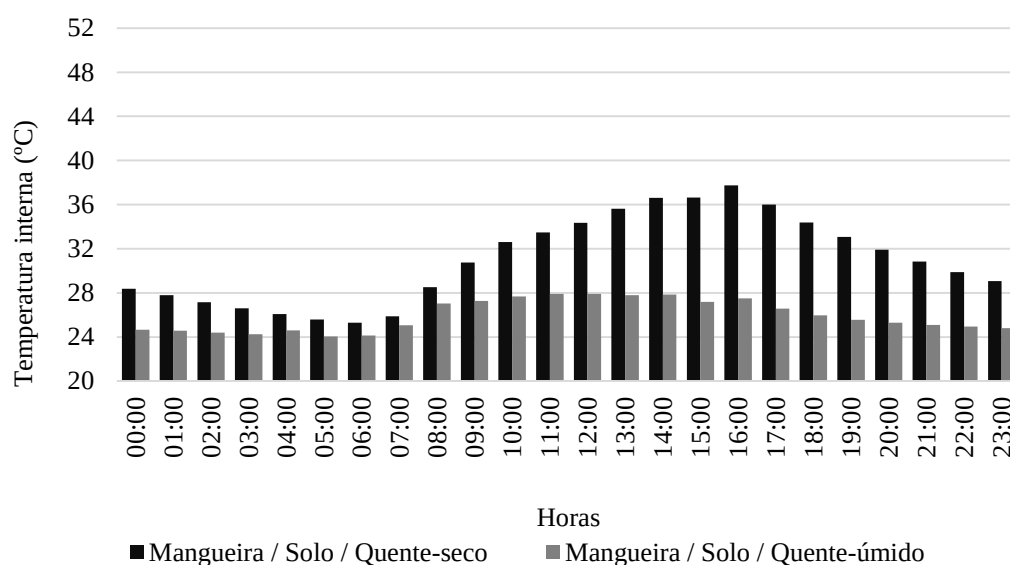


Figura 41 - Temperatura interna do material solo, na espécie mangueira (*Mangifera indica*) em diferentes horários e períodos

Tabela 21 - Média horária da temperatura interna no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material solo

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) - Solo	
0h	28,38	24,66
1h	27,78	24,56
2h	27,16	24,39
3h	26,59	24,26
4h	26,07	24,61
5h	25,59	24,04
6h	25,30	24,14
7h	25,86	25,05
8h	28,53	27,04
9h	30,75	27,25
10h	32,60	27,68
11h	33,48	27,91
12h	34,34	27,91
13h	35,63	27,79
14h	36,60	27,84
15h	36,63	27,18
16h	37,75	27,49
17h	36,01	26,58
18h	34,38	25,97

19h	33,07	25,56
20h	31,91	25,29
21h	30,82	25,09
22h	29,87	24,94
23h	29,07	24,80

A média diária das temperaturas internas no material concreto foram de $31,02 \pm 4,28^\circ\text{C}$ e $27,80 \pm 2,22^\circ\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do concreto tiveram sua máxima de $38,24^\circ\text{C}$ (período quente-seco) às 16 h e $30,95^\circ\text{C}$ (período quente-úmido) às 14h. A temperatura interna mínima foi de $24,93^\circ\text{C}$ (quente-seco) e $24,88^\circ\text{C}$ (quente-úmido) às 6h. A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $13,31^\circ\text{C}$ e no quente-úmido foi de $6,07^\circ\text{C}$ (Figura 42).

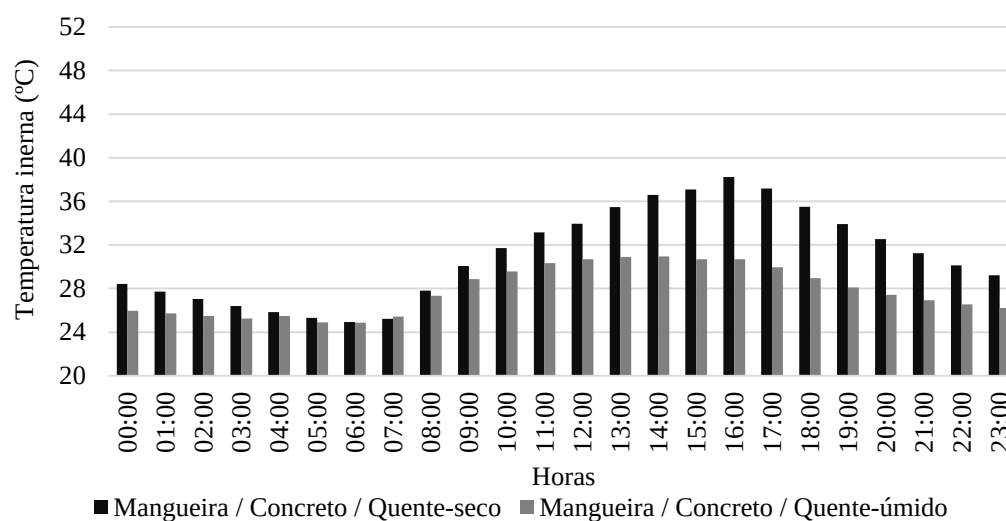


Figura 42 - Temperatura interna do material concreto, na espécie mangueira (*Mangifera indica*) em diferentes horários e períodos

Tabela 22 - Média horária da temperatura interna no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna ($^\circ\text{C}$) - Concreto	
0h	28,41	25,96
1h	27,72	25,72
2h	27,04	25,49
3h	26,41	25,25

4h	25,83	25,48
5h	25,30	24,90
6h	24,93	24,88
7h	25,21	25,43
8h	27,82	27,34
9h	30,07	28,87
10h	31,70	29,57
11h	33,14	30,34
12h	33,95	30,69
13h	35,47	30,89
14h	36,59	30,95
15h	37,08	30,70
16h	38,24	30,67
17h	37,18	29,94
18h	35,51	28,94
19h	33,92	28,10
20h	32,52	27,42
21h	31,24	26,92
22h	30,13	26,54
23h	29,20	26,23

A média diária das temperaturas internas no material asfalto foram de $30,82 \pm 4,73^{\circ}\text{C}$ e $27,74 \pm 2,36^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do asfalto tiveram sua máxima de 40°C (período quente-seco) às 16 h e $31,30^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 14h. A temperatura interna mínima foi de $24,36^{\circ}\text{C}$ (quente-seco) às 6h e $24,72^{\circ}\text{C}$ (quente-úmido) às 5h. A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $15,64^{\circ}\text{C}$ e no quente-úmido foi de $6,58^{\circ}\text{C}$.

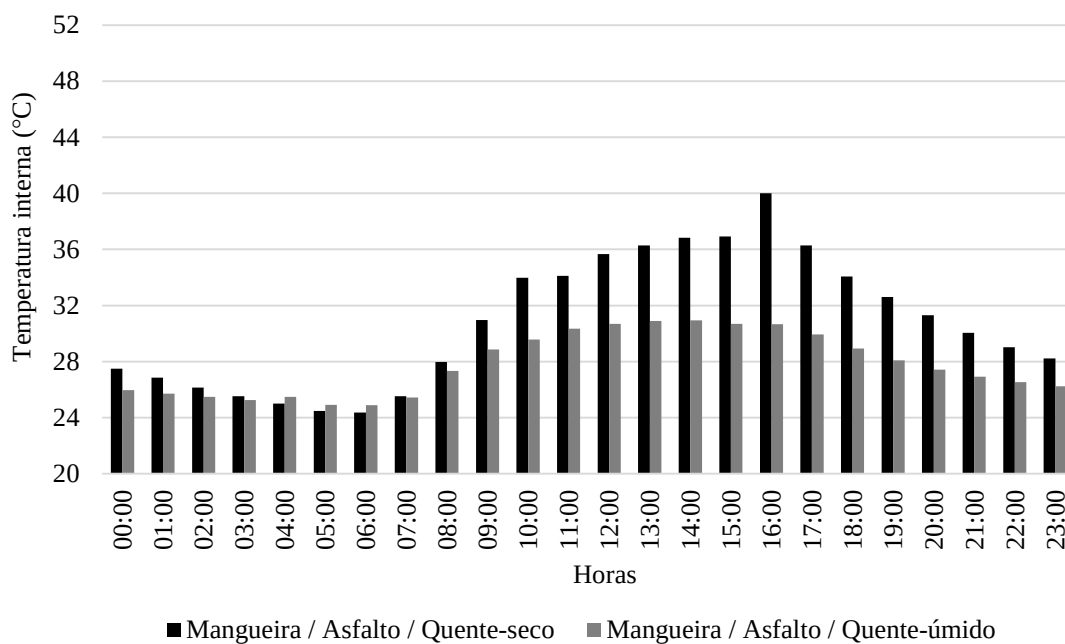


Figura 43 - Temperatura interna do material asfalto, na espécie mangueira (*Mangifera indica*) em diferentes horários e períodos

Tabela 23 - Média horária da temperatura interna no cenário mangueira nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material asfalto

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) - Asfalto	
0h	27,49	25,71
1h	26,84	25,49
2h	26,14	25,25
3h	25,54	25,05
4h	25,00	25,35
5h	24,49	24,72
6h	24,36	24,80
7h	25,54	25,78
8h	27,97	27,72
9h	30,96	28,87
10h	33,99	30,04
11h	34,13	30,54
12h	35,68	31,06
13h	36,29	31,19
14h	36,84	31,30
15h	36,92	30,84
16h	40,00	30,63

17h	36,28	29,46
18h	34,08	28,40
19h	32,60	27,64
20h	31,31	27,06
21h	30,04	26,63
22h	29,01	26,27
23h	28,21	25,97

Ao comparar as amplitudes térmicas internas nos diferentes materiais obtêm-se os seguintes resultados: a amplitude do material asfalto no período quente-seco foi 2,33°C maior que no material concreto e o concreto apresentou 0,86°C a mais que o material solo. A amplitude do material asfalto no período quente-úmido foi 0,51°C maior que no material concreto e o concreto apresentou 2,2°C a mais que o material solo.

Pode-se verificar que no período quente-seco os materiais asfalto/concreto apresentaram maior diferença em graus Celsius que nos materiais concreto/solo. Porém no período quente-úmido ocorre o inverso, os materiais asfalto/concreto apresentaram menor diferença em graus Celsius em relação aos materiais concreto/solo.

Assim, por meio dos dados apresentados pode-se verificar que as temperaturas internas independentes das estações do ano (seca e chuvosa), possuem a mesma tendência: a temperatura interna do asfalto ser maior que do concreto que é maior que do solo. Isso ocorre, porque, os diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos (solo, concreto e asfalto) possuem albedos diferenciados e suas propriedades termo físicas influenciam fortemente na qualidade térmica dos recintos urbanos.

Portanto, os materiais que possuem albedo baixo e condutividade alta proporcionam um microclima suave e estável, enquanto que o inverso contribui para a criação de um microclima de extremos. Quanto menor o albedo, maior será a quantidade de energia disponível para absorção e transmissão, aumentando, assim, a temperatura superficial do corpo e, por fim, aumentando a liberação de calor para o meio externo (NINCE, 2013).

Ao comparar os comportamentos térmicos dos diferentes materiais instalados sob as duas espécies, pode-se perceber que os materiais sob a mangueira apresentaram

valores mais amenos, lembrando que o IAF da espécie mangueira (*Mangifera indica*) foi 0,3 m²/m² menor que da espécie oiti (*Licania tomentosa*).

5.3.3 Sem sombreamento arbóreo

As áreas não arborizadas tendem a apresentar maiores temperaturas do ar e menores umidades relativas do ar, que locais com vegetação. Dias et al. (2010) ao avaliarem a arborização no bairro da Tijuca no Rio de Janeiro, concluíram que os resultados apontaram um aumento de temperatura do ar de até 20°C e uma diminuição de até 5,5% da umidade relativa do ar em sítios não arborizados em relação a recintos com arborização.

A média horária da temperatura do ar no local sem sombra foi de 31,44±4,37°C (quente-seco) e de 28,73±2,85°C (quente-úmido). A temperatura do ar máxima foi de 37,63°C às 15h (período quente-seco) e de 33,75 às 14h (período quente-úmido). A mínima foi de 25,38°C e 25,85°C às 6h (quente-seco e quente-úmido). A amplitude no período quente-seco foi de 12,25°C e de 7,9°C no quente-úmido (Figura 44).

A média horária da umidade de ar no local sem sombra foi de 38,87±10,47% (período quente-seco) e de 71,23±8,89% (período quente-úmido). A umidade do ar máxima foi de 54,93% às 7h (período quente-seco) e de 81,22% às 6h (período quente-úmido). A mínima foi de 25,25% às 15h (período quente-seco) e 56,09% às 14h (período quente-úmido). A amplitude no período quente-seco foi de 29,68% e de 25,13°C no quente-úmido.

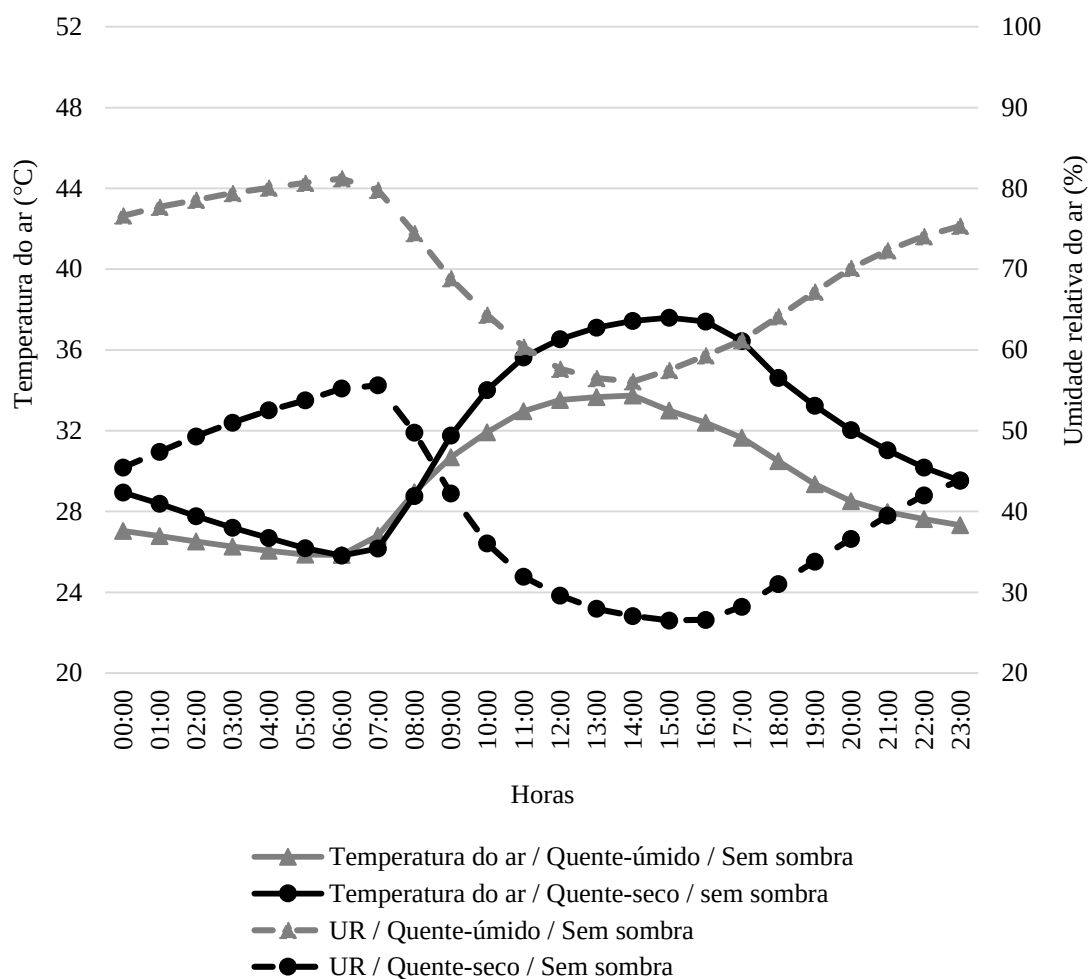


Figura 44 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar no cenário sem sombra

Na Tabela 24 estão as médias horárias da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, coletados nos dois períodos (quente-seco e quente-úmido), no cenário sem sombra (sem arborização). Esses valores foram a média dos três sensores *datalogger* instado em cada placa (solo, concreto e asfalto).

Tabela 24 - Média horária da temperatura e umidade relativa do ar no cenário sem sombra nos períodos quente-seco e quente-úmido

Horas	Quente-seco		Quente-úmido	
	T. ar (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	UR (%)
0h	28,93	45,46	27,04	76,63
1h	28,39	47,39	26,78	77,71
2h	27,77	49,29	26,51	78,57
3h	27,20	51,01	26,27	79,42

4h	26,68	52,52	26,06	80,07
5h	26,18	53,76	25,86	80,69
6h	25,81	55,23	25,85	81,22
7h	26,16	55,62	26,80	79,80
8h	28,76	49,78	28,96	74,47
9h	31,76	42,25	30,68	68,87
10h	34,01	36,05	31,91	64,35
11h	35,64	31,91	32,97	60,37
12h	36,53	29,59	33,53	57,66
13h	37,10	27,95	33,67	56,52
14h	37,43	27,07	33,75	56,09
15h	37,60	26,51	33,00	57,50
16h	37,41	26,58	32,40	59,31
17h	36,44	28,22	31,65	61,18
18h	34,61	31,03	30,50	64,14
19h	33,24	33,81	29,35	67,19
20h	32,04	36,61	28,51	70,13
21h	31,03	39,50	27,98	72,33
22h	30,18	42,02	27,62	74,07
23h	29,52	43,86	27,32	75,36

No local sem sombreamento arbóreo, a média diária das temperaturas internas registradas no material solo foram $32,36 \pm 7,11^{\circ}\text{C}$ e $28,36 \pm 3,65^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do solo tiveram sua máxima de $46,27^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) às 13h e $35,36^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 12h. A temperatura interna mínima foi de $24,26^{\circ}\text{C}$ às 6h e $24,51^{\circ}\text{C}$ às 5h (quente-seco e quente-úmido). A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $22,01^{\circ}\text{C}$ e no quente-úmido foi de $10,85^{\circ}\text{C}$.

A partir do horário da 14h ocorreu uma queda de temperatura interna no período quente-seco, isso ocorreu, pois foi observado que no horário da tarde as placas de materiais urbanos ficaram sombreadas pelo prédio ao lado. No material solo a queda foi de aproximadamente 3°C .

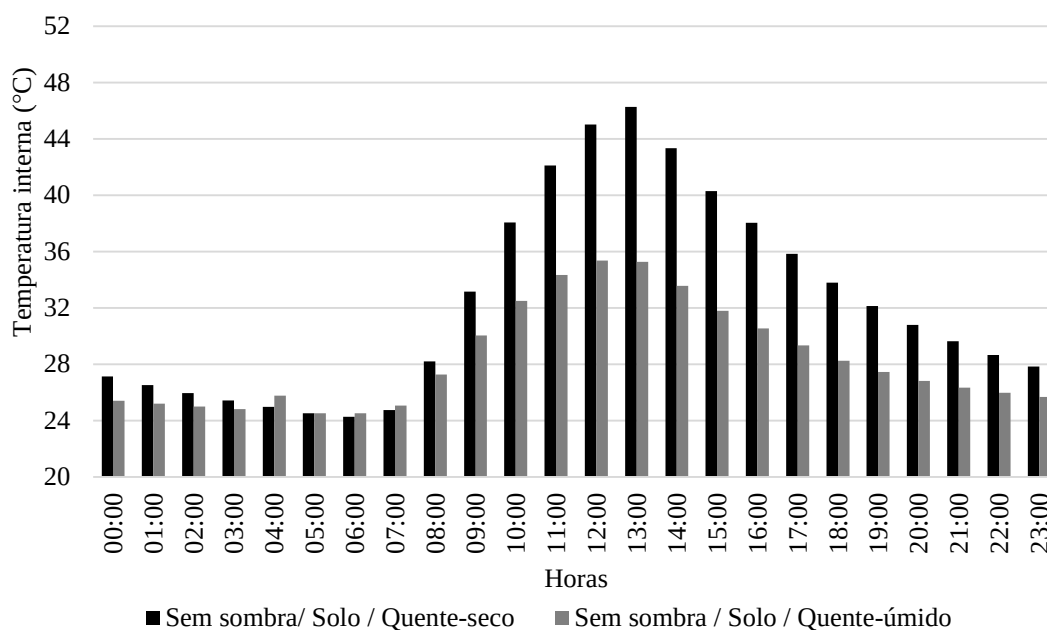


Figura 45 - Temperatura interna do material solo, no local sem sombra em diferentes horários e períodos

Tabela 25 - Média horária da temperatura interna no cenário sem sombreamento nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material solo

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) - Solo	
0h	27,12	25,40
1h	26,52	25,20
2h	25,95	25,00
3h	25,43	24,82
4h	24,96	25,78
5h	24,51	24,51
6h	24,26	24,51
7h	24,75	25,07
8h	28,19	27,26
9h	33,16	30,04
10h	38,06	32,49
11h	42,11	34,34
12h	45,01	35,36
13h	46,27	35,26
14h	43,33	33,56
15h	40,30	31,80
16h	38,04	30,53
17h	35,83	29,33

18h	33,78	28,23
19h	32,14	27,44
20h	30,80	26,82
21h	29,64	26,34
22h	28,65	25,97
23h	27,83	25,66

A média das temperaturas internas registradas no material concreto foram de $32,71 \pm 8,93^{\circ}\text{C}$ e $28,36 \pm 5,20^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do concreto tiveram sua máxima de $49,95^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) às 13h e $40,99^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 12h. A temperatura interna mínima foi de $22,99^{\circ}\text{C}$ às 6h e $25,37^{\circ}\text{C}$ às 5h (quente-seco e quente-úmido). A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de $26,96^{\circ}\text{C}$ e no quente-úmido foi de $15,62^{\circ}\text{C}$ (Figura 46).

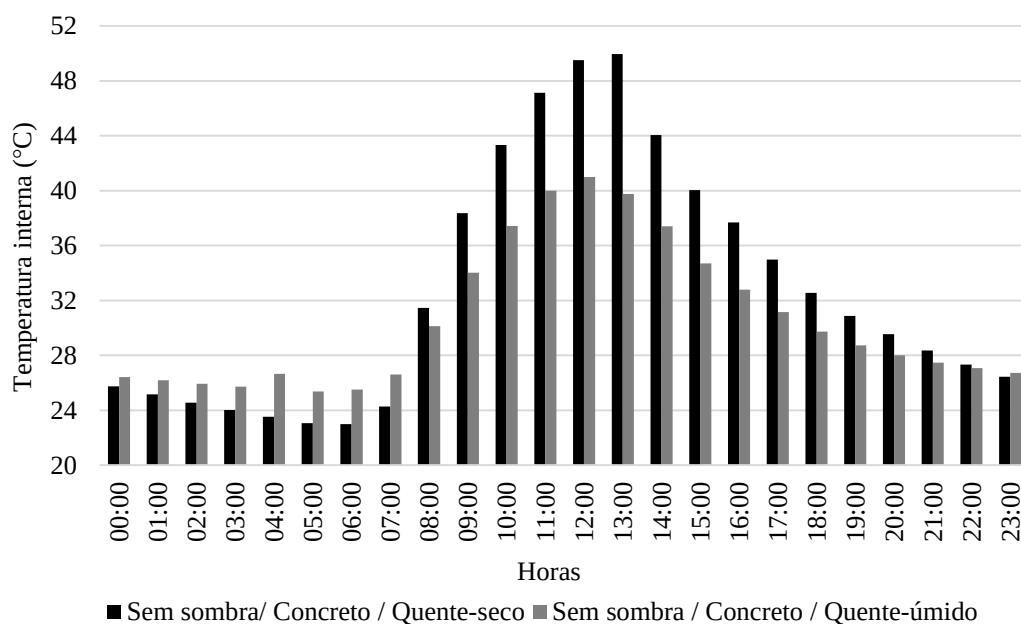


Figura 46 - Temperatura interna do material concreto, no local sem sombra em diferentes horários e períodos

Tabela 26 - Média horária da temperatura interna no cenário sem sombreamento nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto

Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) - Concreto	
0h	25,74	26,42
1h	25,16	26,18
2h	24,55	25,93
3h	24,02	25,73
4h	23,53	26,66
5h	23,07	25,37
6h	22,99	25,51
7h	24,28	26,60
8h	31,46	30,13
9h	38,37	34,01
10h	43,33	37,44
11h	47,14	39,99
12h	49,51	40,99
13h	49,95	39,76
14h	44,05	37,42
15h	40,04	34,71
16h	37,68	32,80
17h	34,98	31,15
18h	32,55	29,72
19h	30,88	28,73
20h	29,55	28,01
21h	28,37	27,48
22h	27,33	27,07
23h	26,45	26,72

No horário da tarde entre 13h e 14h ocorreu uma queda brusca na temperatura interna do material concreto, com uma diferença de 5,9°C , nesse horário os materiais ficarem sombreados pela edificação existente nas proximidades, influenciando diretamente no comportamento térmico dos materiais (Tabela 26).

A média das temperaturas internas registradas no material asfalto foram de $33,29 \pm 9,89^{\circ}\text{C}$ e $32,58 \pm 7,54^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos períodos quente-seco e quente-úmido. As médias horárias da temperatura interna do asfalto tiveram sua máxima de $51,87^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) às 13h e $47,50^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 12h. A temperatura interna mínima foi de $22,50^{\circ}\text{C}$ (período quente-seco) e $25,23^{\circ}\text{C}$ (período quente-úmido) às 5h. A amplitude térmica interna no período quente-seco foi de

29,37°C e no quente-úmido foi de 22,27°C. No material asfalto a queda da temperatura interna as 14h foi de aproximadamente 7,3°C, mostrando a capacidade da interferência do sombreamento no comportamento térmico dos materiais, (Figura 47).

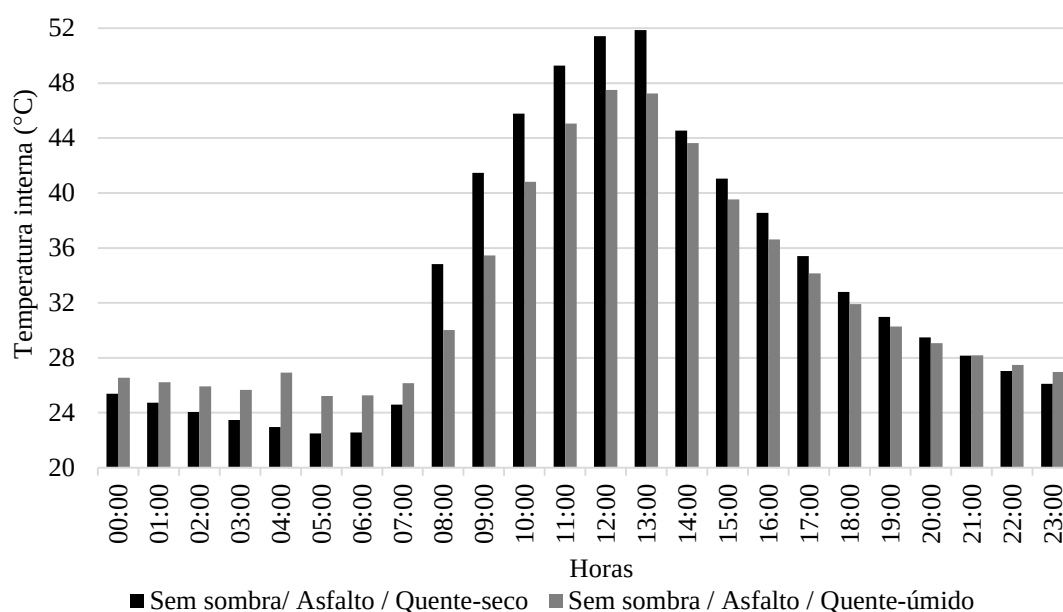


Figura 47 - Temperatura interna do material asfalto, no local sem sombra em diferentes horários e períodos

Tabela 27 - Média horária da temperatura interna no cenário sem sombreamento nos períodos quente-seco e quente-úmido, no material concreto

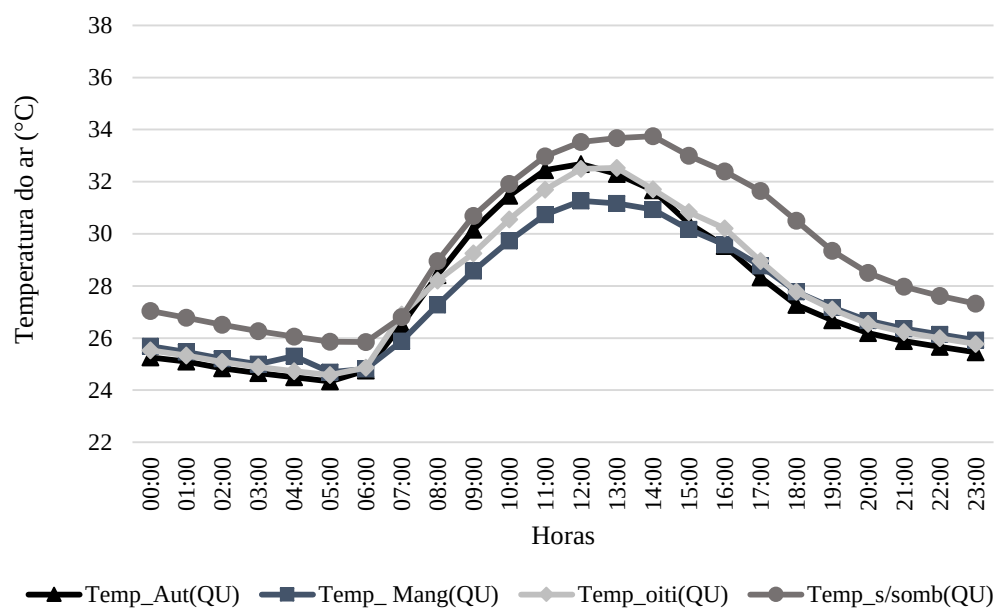
Horas	Quente-seco	Quente-úmido
	T. interna (°C) – Asfalto	
0h	25,39	26,55
1h	24,74	26,22
2h	24,05	25,91
3h	23,48	25,65
4h	22,97	26,92
5h	22,50	25,23
6h	22,57	25,27
7h	24,59	26,16
8h	34,83	30,02
9h	41,47	35,46
10h	45,78	40,82
11h	49,26	45,07
12h	51,41	47,50

13h	51,87	47,25
14h	44,54	43,63
15h	41,06	39,52
16h	38,55	36,63
17h	35,41	34,15
18h	32,79	31,91
19h	30,98	30,29
20h	29,50	29,06
21h	28,15	28,17
22h	27,05	27,49
23h	26,11	26,97

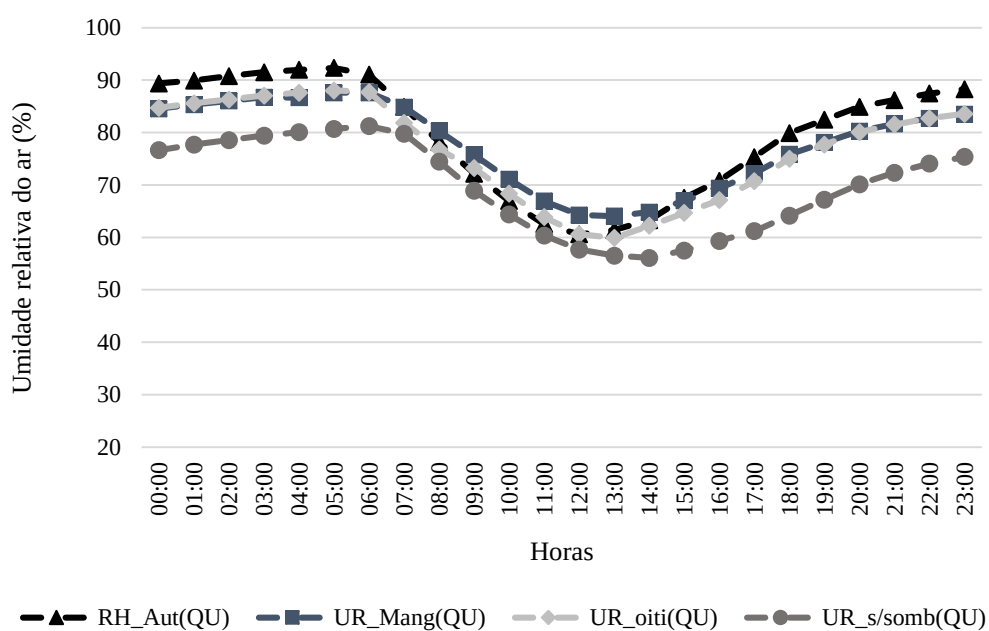
Andrade (2001) apud Gasparim et al. (2005) avaliou a temperatura do solo a 6 e 12 cm de profundidade, no interior de estufa coberta com filme de polietileno, em solo nu e em solo coberto com plástico preto. Concluiu que a cobertura com plástico preto aumentou a temperatura do solo em ambas às profundidades analisadas.

5.3.4 Comparativo da estação automatizada com os dados coletados dos sensores *dataloggers*

A Figura 48 apresenta os dados de temperatura e umidade do ar no período quente-úmido, entre a estação automatizada (referencial) com as diferentes situações. As temperaturas médias diárias foram de $27,69 \pm 2,90^\circ\text{C}$, $27,51 \pm 2,26^\circ\text{C}$, $27,83 \pm 2,71^\circ\text{C}$ e $29,37 \pm 2,85^\circ\text{C}$, nos respectivos cenários (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado). As médias horárias das temperaturas do ar foram máximas de $32,67^\circ\text{C}$ às 12h (estação automatizada), $31,27^\circ\text{C}$ às 12h (espécie mangueira), $32,54^\circ\text{C}$ às 13h (espécie oiti) e $33,75^\circ\text{C}$ às 14h (local não sombreado). As temperaturas do ar mínimas foram de $24,34^\circ\text{C}$ às 5h, $24,69^\circ\text{C}$ às 5h, $24,58^\circ\text{C}$ às 5h e $25,85^\circ\text{C}$ às 6h (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado, respectivamente). As amplitudes térmicas foram de $8,34^\circ\text{C}$, $6,58^\circ\text{C}$, $7,96^\circ\text{C}$ e $7,9^\circ\text{C}$ (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado, respectivamente).



(a)



(b)

Figura 48 - Comparativo de temperatura (a) e da umidade relativa do ar (b) entre os diferentes locais com a estação automatizada no período quente-úmido

As médias diárias das umidades relativas foram de $79,57 \pm 11,17\%$, $77,80 \pm 8,30\%$, $76,54 \pm 9,62\%$ e $69,74 \pm 8,89\%$, nos respectivos cenários (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado). As

médias horárias das umidades relativas do ar foram máximas de 92,34 às 5h (estação automatizada), 87,61% às 5h (espécie mangueira), 88,03% às 5h (espécie oiti) e 81,22% às 6h (local não sombreado). As umidades relativas do ar mínimas foram de 60,57% às 12h, 64,07% às 13h, 59,89% às 13h e 56,09% às 14h (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado, respectivamente).

Tabela 28 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no período quente-úmido da estação automatizada e dos cenários (mangueira, oiti e sem sombra)

Horas	Período quente-úmido							
	Temperatura do ar (°C)				Umidade relativa do ar (%)			
	Autom	Mang	Oiti	S/omb	Autom	Mang	Oiti	S/omb
00:00	25,26	25,69	25,53	27,04	89,37	84,56	84,74	76,63
01:00	25,10	25,47	25,34	26,78	89,93	85,36	85,58	77,71
02:00	24,84	25,22	25,09	26,51	90,79	86,04	86,33	78,57
03:00	24,66	25,00	24,90	26,27	91,50	86,73	87,06	79,42
04:00	24,50	25,31	24,73	26,06	91,96	86,65	87,60	80,07
05:00	24,34	24,69	24,58	25,86	92,34	87,61	88,03	80,69
06:00	24,75	24,82	24,86	25,85	91,06	87,59	87,73	81,22
07:00	26,50	25,88	26,91	26,80	84,87	84,86	81,85	79,80
08:00	28,42	27,27	28,21	28,96	78,17	80,30	76,75	74,47
09:00	30,16	28,58	29,25	30,68	72,14	75,71	73,22	68,87
10:00	31,46	29,74	30,56	31,91	66,93	71,07	68,32	64,35
11:00	32,45	30,74	31,69	32,97	62,54	66,92	63,87	60,37
12:00	32,67	31,27	32,50	33,53	60,57	64,27	60,61	57,66
13:00	32,29	31,17	32,54	33,67	61,38	64,07	59,89	56,52
14:00	31,68	30,93	31,70	33,75	63,28	64,81	62,21	56,09
15:00	30,41	30,17	30,83	33,00	67,55	67,00	64,67	57,50
16:00	29,53	29,58	30,21	32,40	70,80	69,38	67,12	59,31
17:00	28,33	28,77	28,96	31,65	75,31	72,21	70,73	61,18
18:00	27,27	27,78	27,77	30,50	79,90	75,83	75,03	64,14
19:00	26,69	27,17	27,10	29,35	82,44	78,09	77,72	67,19
20:00	26,19	26,67	26,55	28,51	84,92	80,28	80,09	70,13
21:00	25,89	26,36	26,24	27,98	86,19	81,65	81,51	72,33
22:00	25,66	26,14	26,00	27,62	87,46	82,72	82,71	74,07
23:00	25,45	25,93	25,77	27,32	88,28	83,49	83,58	75,36

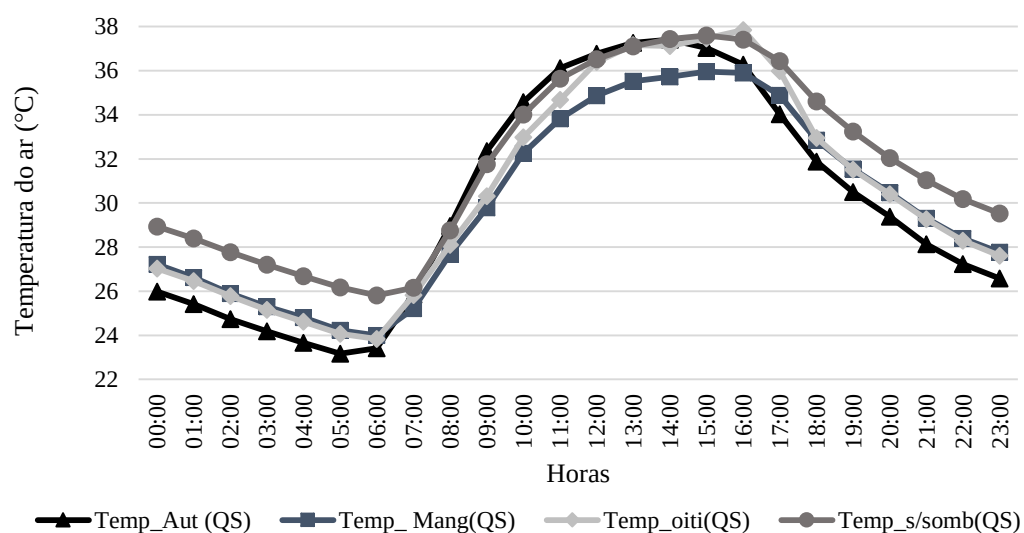
As temperaturas do ar foram similares entre a estação referencial, a espécie mangueira (*Mangifera indica*) e a espécie oiti (*Licania tomentosa*). O local sem sombreamento arbóreo apresentou uma elevação em relação aos demais, o principal

motivo para a esta elevação foi o local onde os sensores *dataloggers* foram instalados, isto é, ficaram atrás do “quebra-sol” (Figura 31 c) e sobre uma grade que protege um ar condicionado (Figura 49), fato que contribui para elevação da temperatura.

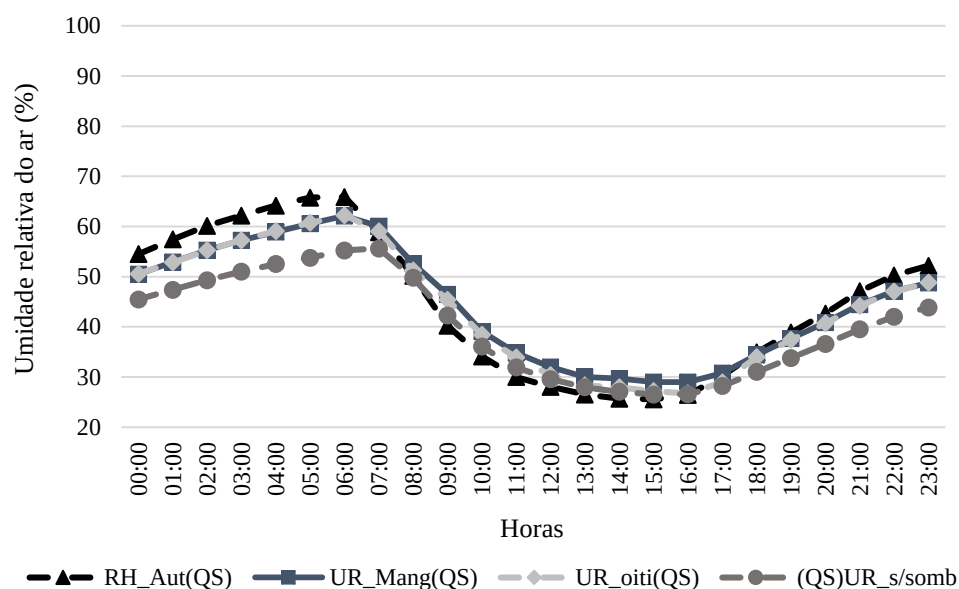


Figura 49 - Local da instalação dos sensores *datalogger* para coleta dos dados sem sombreamento, próximo a grade de um compressor de ar condicionado

As temperaturas médias diárias no período quente-seco foram de $30,04 \pm 5,09^\circ\text{C}$, $30,00 \pm 4,18^\circ\text{C}$, $30,45 \pm 4,79^\circ\text{C}$ e $31,68 \pm 4,16^\circ\text{C}$, nos respectivos cenários (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado), conforme a Figura 50.



(a)



(b)

Figura 50 - Comparativo de temperatura (a) e umidade relativa do ar (b) entre os diferentes locais com a estação automatizada no período quente-seco

As médias horárias das temperaturas do ar foram máximas de 37,41°C às 14h (estação automatizada), 35,96°C às 15h (espécie mangueira), 37,84°C às 16h (espécie oiti) e 37,6°C às 15h (local não sombreado). As temperaturas do ar foram mínimas de 23,17°C às 5h, 23,99°C às 6h, 23,84°C às 6h e 25,81°C às 6h (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado, respectivamente). As amplitudes térmicas foram de 14,24°C, 11,97°C, 14°C e 11,79°C (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado, respectivamente)

Tabela 29 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no período quente-seco da estação automatizada e dos cenários (mangueira, oiti e sem sombra)

Período quente-seco								
Horas	Temperatura do ar (°C)				Umidade relativa do ar (%)			
	Autom	Mang	Oiti	S/ somb	Autom	Mang	Oiti	S/ somb
00:00	25,98	27,21	27,03	28,93	54,49	50,50	50,56	45,46
01:00	25,42	26,63	26,47	28,39	57,42	52,91	52,83	47,39
02:00	24,74	25,90	25,77	27,77	60,14	55,29	55,25	49,29
03:00	24,19	25,30	25,16	27,20	62,18	57,26	57,29	51,01
04:00	23,67	24,80	24,62	26,68	64,15	58,93	59,09	52,52
05:00	23,17	24,23	24,07	26,18	65,75	60,55	60,74	53,76

06:00	23,42	23,99	23,84	25,81	65,88	62,09	62,26	55,23
07:00	25,85	25,21	25,83	26,16	58,83	60,08	59,06	55,62
08:00	28,97	27,68	28,10	28,76	50,15	52,62	51,24	49,78
09:00	32,36	29,78	30,31	31,76	40,19	46,47	45,42	42,25
10:00	34,58	32,25	32,98	34,01	34,10	39,05	38,41	36,05
11:00	36,11	33,83	34,69	35,64	29,99	34,79	33,90	31,91
12:00	36,77	34,86	36,40	36,53	28,04	31,98	30,37	29,59
13:00	37,26	35,53	37,16	37,10	26,51	29,99	28,34	27,95
14:00	37,41	35,73	37,11	37,43	25,67	29,69	27,96	27,07
15:00	37,03	35,96	37,47	37,60	25,55	29,00	27,17	26,51
16:00	36,27	35,90	37,84	37,41	26,44	29,00	26,75	26,58
17:00	34,03	34,88	35,99	36,44	30,25	30,79	28,94	28,22
18:00	31,87	32,85	32,95	34,61	34,89	34,43	33,97	31,03
19:00	30,50	31,55	31,52	33,24	38,85	37,64	37,39	33,81
20:00	29,37	30,47	30,39	32,04	42,65	40,86	40,71	36,61
21:00	28,13	29,31	29,26	31,03	47,08	44,42	44,18	39,50
22:00	27,23	28,39	28,30	30,18	50,26	47,14	47,02	42,02
23:00	26,58	27,77	27,61	29,52	52,16	48,75	48,80	43,86

As médias diárias das umidades relativas foram de $44,65 \pm 14,38\%$, $44,34 \pm 11,49\%$, $43,65 \pm 12,09\%$ e $40,12 \pm 10,14\%$, nos respectivos cenários (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado). As médias horárias das umidades relativas do ar máximas foram de 65,88 às 6h (estação automatizada), 62,09% às 6h (espécie mangueira), 62,26% às 6h (espécie oiti) e 55,62% às 7h (local não sombreado). As umidades relativas do ar mínimas foram de 25,55% às 15h, 29,00% às 15h, 26,75% às 16h e 26,51% às 15h (estação automatizada, na espécie mangueira, na espécie oiti e no local não sombreado, respectivamente).

No horário das 18h à 6h (ausência da radiação solar) as temperaturas dos locais mangueira (*Mangifera indica*) e oiti (*Licania tomentosa*) foram praticamente os mesmos. A mangueira apresentou menores temperaturas durante o horário das 7h - 16h (presença da radiação), evidenciando o desempenho térmico da espécie na amenização da temperatura do ar sob a copa da árvore.

As Figura 51 e Figura 52, apresentam os resultados da diferença de temperatura do ar medidas nos locais sombreados (oiti e mangueira) em relação a estação automatizada (referência).

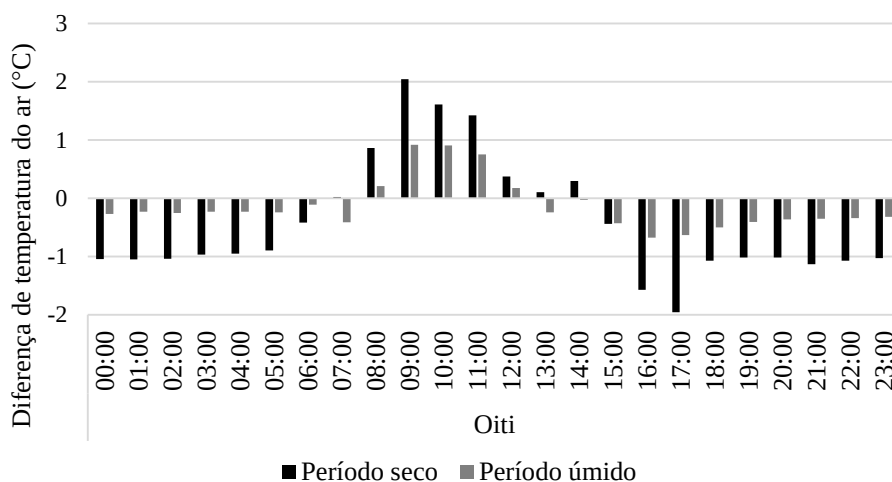


Figura 51 - Diferença de temperatura do ar entre o oiti e a estação referência nos períodos quente-seco e quente-úmido

Nota-se que na espécie *Licania tomentosa* a maior diferença positiva ocorreu às 9h com 2°C de resfriamento, porém no horário da tarde, às 17h ocorreu um acréscimo de aproximadamente 2°C.

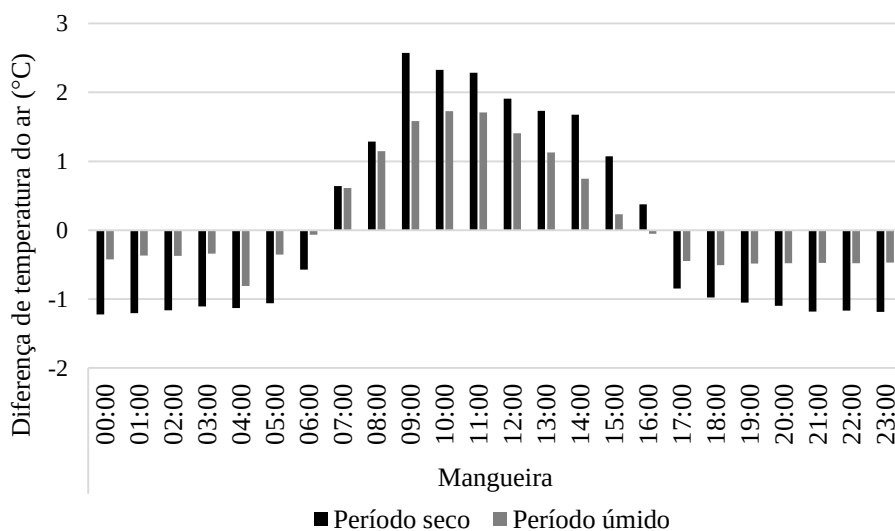


Figura 52 - Diferença de temperatura do ar entre a mangueira e o sem sombreamento arbóreo nos períodos quente-seco e quente-úmido

Na espécie mangueira nos horários das 7h às 16h nos dois períodos (quente-seco e quente-úmido), ocorreu resfriamento passivo com máxima de 2,5°C de

diferença. Porém nos demais horários a diferença negativamente (aumento da temperatura) foi de até 1,3°C.

Estes resultados contribuíram com as afirmações de Mascaró (1996), de que as áreas verdes das cidades atuam sobre os elementos climáticos, colaborando com o controle da temperatura e umidade do ar.

5.4 TEMPERATURA SUPERFICIAL (TERMÔMETRO MIRA LASER), TEMPERATURA DO AR, UMIDADE RELATIVA DO AR (TRANSECTO MÓVEL) E FLUXO DE ENERGIA (EQUAÇÃO DE STEFAN BOLTZMANN)

Segundo Ávila et al. (2014)

Os diferentes tipos de revestimento do solo são de extrema importância quando se trata da temperatura superficial, pois os diversos materiais se comportam de formas diferentes quando expostos à radiação direta ou indireta do sol; à presença da umidade, sombreamento, etc. São exemplos de fatores responsáveis por alterar a medição desta variável, os materiais que possuem em sua composição maior ou menor presença de água e outros elementos que influenciam diretamente na absorção do calor.

No horário da manhã (8h), no período quente-seco a maior temperatura superficial foi de 30,79°C no material solo no cenário sem sombreamento e a menor foi de 25,09°C no material concreto na espécie oiti (*Licania tomentosa*). No período quente-úmido a maior temperatura superficial foi de 30,68°C no material asfalto no cenário sem sombreamento e as menores temperaturas foram de 25,69°C e 25,75°C no material solo na espécie oiti e mangueira (respectivamente). No período quente-úmido a mangueira e o oiti tiveram temperaturas internas similares, porém no período quente-quente-seco a mangueira apresentou temperatura superior com 4°C de diferenças, isso pode ter ocorrido, pois, conforme observado que na parte da manhã, no período quente-seco, a projeção da sombra da copa não estava sobre o material solo e concreto (Figura 54). Portanto, mesmo o local sem sombreamento apresentando a maior temperatura, foi a mangueira que teve a maior amplitude térmica (Figura 53).

Ao comparar o material solo dos cenários oiti e mangueira é possível verificar uma diferença de aproximadamente 4°C (Tabela 30). Isso ocorreu, pois no cenário mangueira os materiais solos e concreto estavam expostos ao sol (Figura 54).

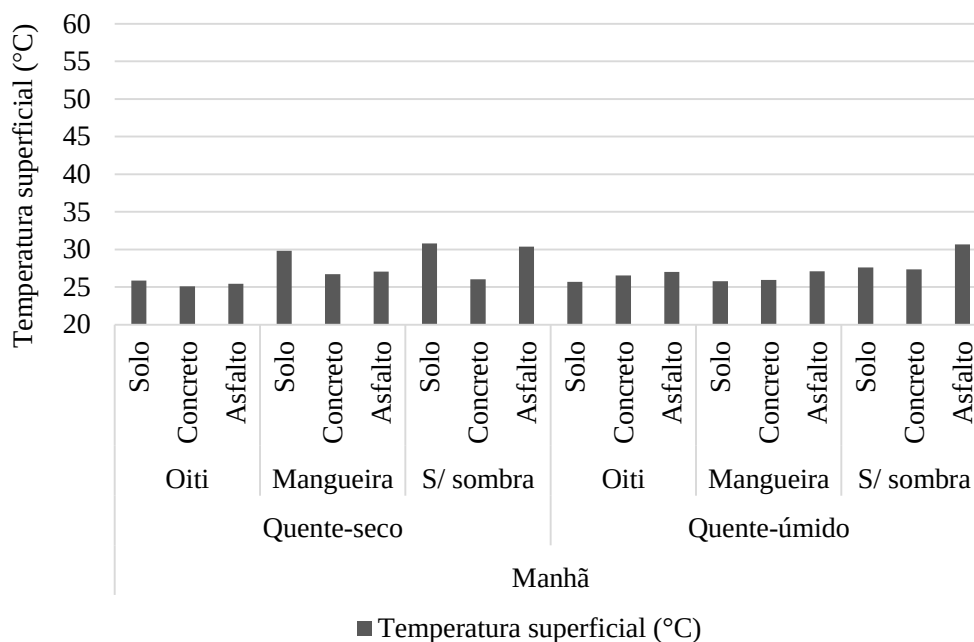


Figura 53 - Temperatura superficial nos diferentes materiais, cenários e períodos, no horário da manhã

Tabela 30 – Dados de temperatura superficial nos diferentes revestimentos e cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da manhã

Horário da manhã (8h) – Temperatura superficial (°C)						
	Quente-seco			Quente-úmido		
	Oiti	Mangueira	S/ sombra	Oiti	Mangueira	S/ sombra
Solo	25,85	29,82	30,79	25,69	25,75	27,62
Concreto	25,09	26,70	26,01	26,54	25,93	27,36
Asfalto	25,41	27,03	30,35	27,02	27,07	30,68

A temperatura superficial do material concreto no período quente-seco foi maior na espécie mangueira (26,70°C) que no cenário sem sombreamento (26,01°C), isso pode ter acontecido, pelo conjunto de fatores, como por exemplo, projeção das copas fora das superfícies, influência dos carros estacionados próximo as placas e o local sem sombreamento possuir grama (Figura 55) e no caso da espécie mangueira o solo estava exposto (Figura 54).



Figura 54 - Superfícies de solo e concreto exposto ao sol na parte da manhã, no período quente-seco



Figura 55 - Local sem sombreamento arbóreo é gramado

Segundo Gartland (2010) apud Alves e Vecchia (2012)¹⁸:

A variação da temperatura superficial normalmente, acompanha a variação da radiação solar. Entretanto, as características dos materiais, tais como: a condutividade térmica e a capacidade calorífica modificam esse padrão. Materiais com maior condutividade térmica são mais aptos a direcionar energia para seus interiores, e materiais com grande capacidade calorífica são capazes de armazenar mais energia em suas massas. À medida que mais energia é armazenada, a temperatura do material ou superfície aumenta.

¹⁸ GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010, 248p. apud ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental Influence of different surfaces on the temperature and energy flux: an experimental trial. *Ambiência*, v. 8, n. 1, p. 101-111, 2012.

No horário da tarde (14h) e no período quente-seco a maior temperatura superficial foi de 55,83°C no material asfalto, na espécie oiti e a menor foi de 35,98°C no material concreto, na espécie mangueira. No período quente-úmido a maior temperatura superficial foi de 44,57°C no material asfalto, na espécie oiti e a menor temperatura foi de 27,03°C na espécie mangueira (Figura 56).

A maior amplitude entre os dois períodos foi no material solo e na espécie oiti (*Licania tomentosa*) com uma diferença de 19,69°C e a menor foi de 5,01°C no material concreto na espécie mangueira.

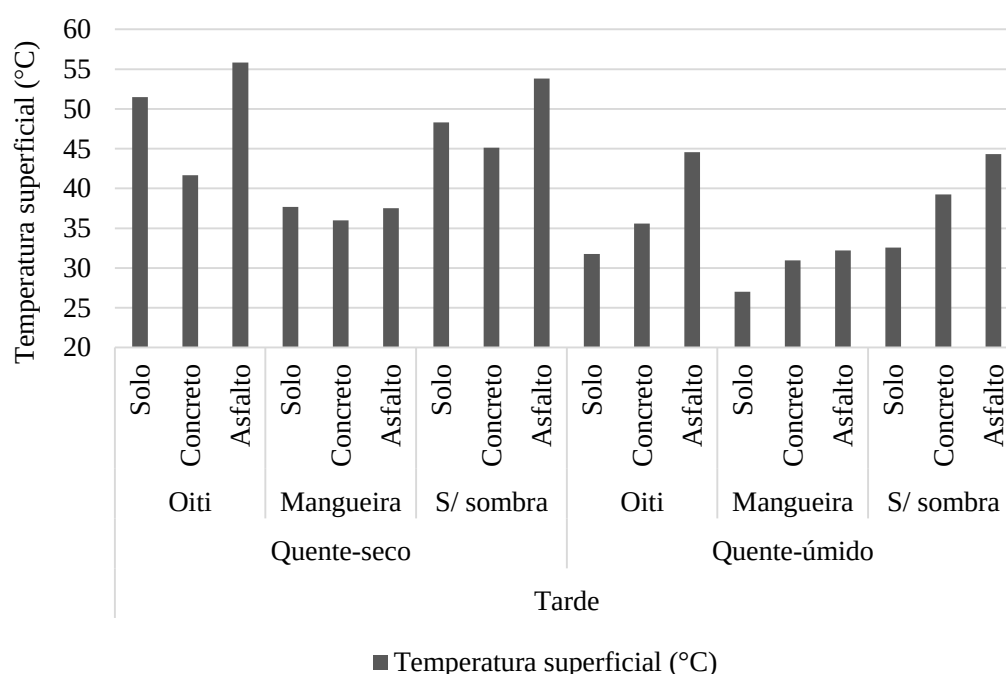


Figura 56 - Temperatura superficial nos diferentes materiais, cenários e períodos, na parte da manhã

No período quente-seco os materiais de concreto apresentaram valores mais baixos que do solo, isso pode ter ocorrido, pois as placas de concreto (30x30x10) possuem dimensões menores que as placas de solo (60x60x10). No material solo pode-se verificar através de um teste tátil-visual presença de areia na sua composição, fator que influenciou na temperatura, visto que esta possui baixo calor específico (0,12 cal/g°C), ou seja, se aquece rapidamente (SOTTO, 2016).

Tabela 31 – Dados de temperatura superficial nos diferentes revestimentos e cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da tarde

Horário da tarde (14h) – Temperatura superficial (°C)						
	Quente-seco			Quente-úmido		
	Oiti	Mangueira	S/ sombra	Oiti	Mangueira	S/ sombra
Solo	51,47	37,70	48,30	31,78	27,03	32,58
Concreto	41,66	35,98	45,13	35,61	30,97	39,24
Asfalto	55,83	37,51	53,82	44,57	32,22	44,33

As diferenças de temperaturas superficiais entre as duas espécies foram expressivas, pois na mangueira (*Mangifera indica*) os materiais estavam sombreados (Figura 57) enquanto que no oiti (*Licania tomentosa*) os mesmos não estavam (Figura 58).



Figura 57 - Superfícies sombreadas na espécie mangueira (*Mangifera indica*), no período quente-seco

Superfícies urbanas sobre a copa da espécie oiti (*Licania tomentosa*), sem sombreamento devido ao posicionamento do sol neste horário (tarde).



Figura 58 - Superfícies exposta ao sol na espécie *Licania tomentosa*, no período quente-seco

O local sem sombreamento não obteve temperaturas ainda maiores devido ao sombreamento parcial que o prédio ao lado fazia sobre as placas (Figura 59). No horário da tarde próximo às 14h, as superfícies ficaram parcialmente sombreadas pelas edificações no entorno, fator que interferiu nos resultados.



Figura 59 - Superfícies parcialmente sombreadas pelo prédio no horário da tarde no local sem sombreamento arbóreo

No horário da noite (20h) e no período quente-seco o local sem sombreamento obteve as temperaturas superficiais menores (26,15°C, 28,42°C e 28,75°C) nos materiais solo, concreto e asfalto respectivamente. As maiores temperaturas foram de 32,15°C e 31,4°C, nas espécies oiti (material asfalto) e mangueira (material concreto), respectivamente. Os materiais instalados no cenário sem sombreamento ficaram sombreados após 14h 30min, pelas edificações ao lado. Portanto às 20h no horário da coleta, parte do calor já havia se dissipado, resultando numa temperatura mais baixa se comparando com os outros locais, conforme observa-se na Figura 60.

A maior amplitude térmica entre os dois períodos foi no material solo e na espécie mangueira (*Mangifera indica*) com uma diferença de 5,76°C e as menores foram de 2,01°C e 2,03°C nos materiais solo e concreto no local sem sombreamento.

No período quente-úmido a menor temperatura superficial foi de 23,93°C no material solo na espécie mangueira (*Mangifera indica*) e a maior foi de 27,45°C no material asfalto na espécie oiti (*Licania tomentosa*).

Segundo Alves (2010) após o anoitecer a temperatura diminui gradativamente, devido à diferença de temperatura das superfícies e da temperatura do ar, em que a energia flui do corpo de maior energia (superfície) para o de menor (ar).

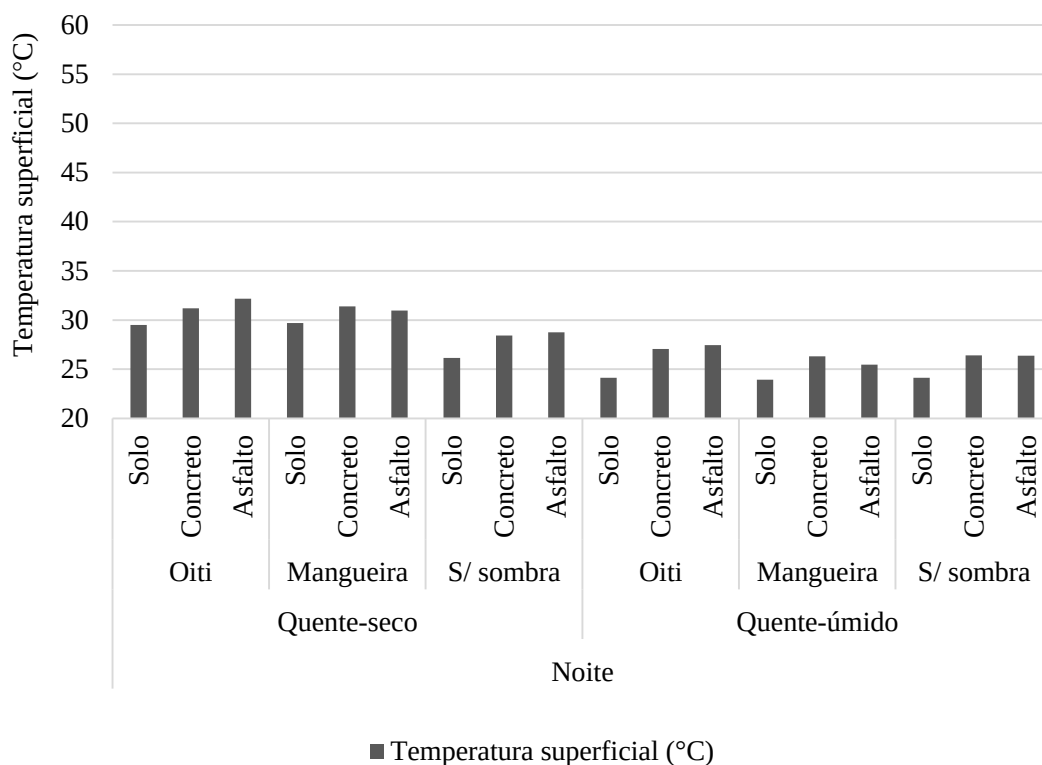


Figura 60 - Temperatura superficial, em diferentes revestimentos e locais, no horário da noite

Tabela 32 – Dados de temperatura superficial nos diferentes revestimentos e cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da noite

Horário da noite (20h) – Temperatura superficial (°C)						
	Quente-seco			Quente-úmido		
	Oiti	Mangueira	S/ sombra	Oiti	Mangueira	S/ sombra
Solo	29,50	29,69	26,15	24,14	23,93	24,14
Concreto	31,18	31,40	28,42	27,05	26,31	26,39
Asfalto	32,15	30,97	28,75	27,45	25,48	26,36

Lima (2005) apud Coltri et al. (2009)¹⁹, encontrou correlação positiva entre o número de pavimentos e o aumento das temperaturas mínimas, médias e máximas em Curitiba. Segundo Lombardo (1985) o asfalto aprisiona grande quantidade de energia, motivo pelo qual áreas com excesso de asfalto se caracterizam por uma temperatura de superfície mais elevada.

No período da manhã (8h) as medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar nos cenários com vegetação no mesmo período (quente-seco ou quente-úmido) não apresentaram variações expressivas, com uma diferença de 0,08°C (oiti e mangueira – período quente-seco), na umidade relativa do ar a variação foi de apenas 0,26% (oiti e mangueira – período quente-seco).

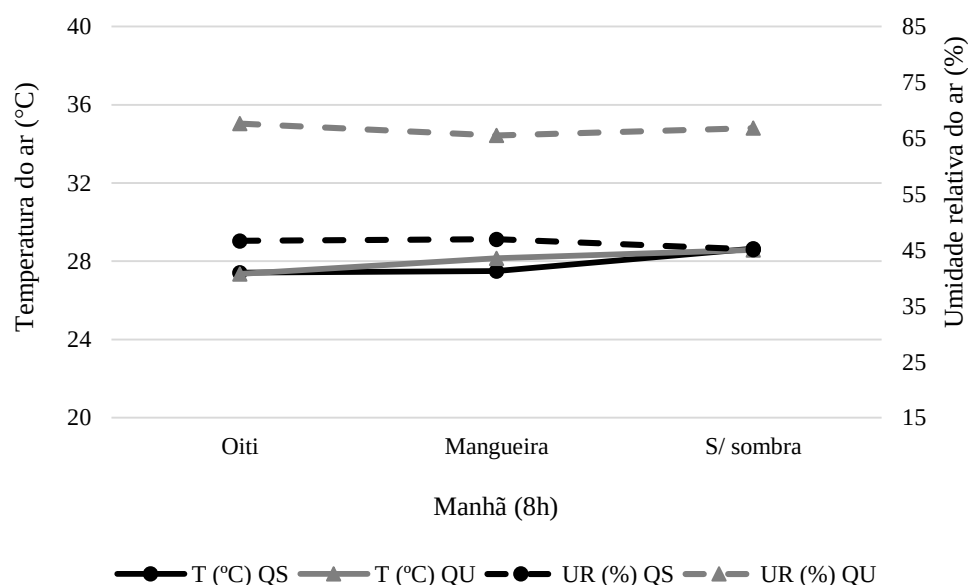


Figura 61 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos diferentes cenários e períodos, no horário da manhã

No período quente-úmido as variações foram de 0,81°C (oiti e mangueira) na temperatura do ar e na umidade relativa do ar de 2,12% (oiti e mangueira), mais elevado que no período quente-seco (Figura 61).

¹⁹ LIMA, L.P. de. Clima e forma urbana: métodos de avaliação do efeito das condições climáticas locais nos graus de conforto térmico e no consumo de energia elétrica em edificações. 2005.154 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, Paraná, 2005 apud COLTRI, P. P., JUNIOR, C. M., VELASCO, G. D. N., FERREIRA, N. J., FREITAS, S. Influência do uso e Cobertura do Solo nas ilhas de calor Local e regional no município de Piracicaba, São Paulo. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 14, p. 639-646, 2009.

As variações de temperatura e umidade relativa do ar entre os cenários arborizados com o não arborizado no período quente-seco foram de $-1,23^{\circ}\text{C}$ (Ta) e de 1,57% (UR) entre a espécie oiti e sem sombra. Na espécie mangueira com o cenário sem arborização as variações foram de $-1,15^{\circ}\text{C}$ (Ta) e de 1,83% (UR). No período quente-úmido as diferenças foram de $-1,23^{\circ}\text{C}$ (Ta) e de 0,79% (UR) entre a espécie oiti e sem sombra. Na espécie mangueira com o cenário sem arborização as variações foram de $-0,42^{\circ}\text{C}$ (Ta) e de -1,33% (UR).

Na cidade de Cuiabá, Oliveira (2011), analisou duas praças públicas, onde no período quente-seco, a temperatura do ar sob copas das árvores obteve uma redução em média de $0,45^{\circ}\text{C}$ e no período quente-úmido uma redução em média foi de $0,3^{\circ}\text{C}$.

Tabela 33 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos diferentes cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da manhã

	Horário da manhã (8h)			
	Quente-seco		Quente-úmido	
	T ($^{\circ}\text{C}$)	UR (%)	T ($^{\circ}\text{C}$)	UR (%)
Oiti	27,42	46,66	27,35	67,64
Mangueira	27,50	46,92	28,16	65,52
S/ sombra	28,65	45,09	28,58	66,85

Na parte da manhã as temperaturas do ar nos diferentes períodos (quente-seco e quente-úmido) não apresentaram diferenças significativas ($0,07^{\circ}\text{C}$ para oiti e sem sombra e $0,66^{\circ}\text{C}$ para mangueira) no entanto a umidade relativa do ar, registrou diferenças de até 21,76% (sem sombra).

Segundo Maciel, Nogueira e Nogueira (2011), no período matutino os pontos de coleta ainda estão começando a receber a radiação solar, portanto, as diferenças de temperatura devido à incidência solar ainda não são tão expressivas.

No período da tarde (14h) as medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar apresentam as maiores variações entre os períodos (quente-seco e quente-úmido) com diferença de $6,43^{\circ}\text{C}/-34,45\%$ (oiti), de $4,81^{\circ}\text{C}/-31,73\%$ (mangueira) e de $3,92^{\circ}\text{C}/-28,32\%$ (sem sombra).

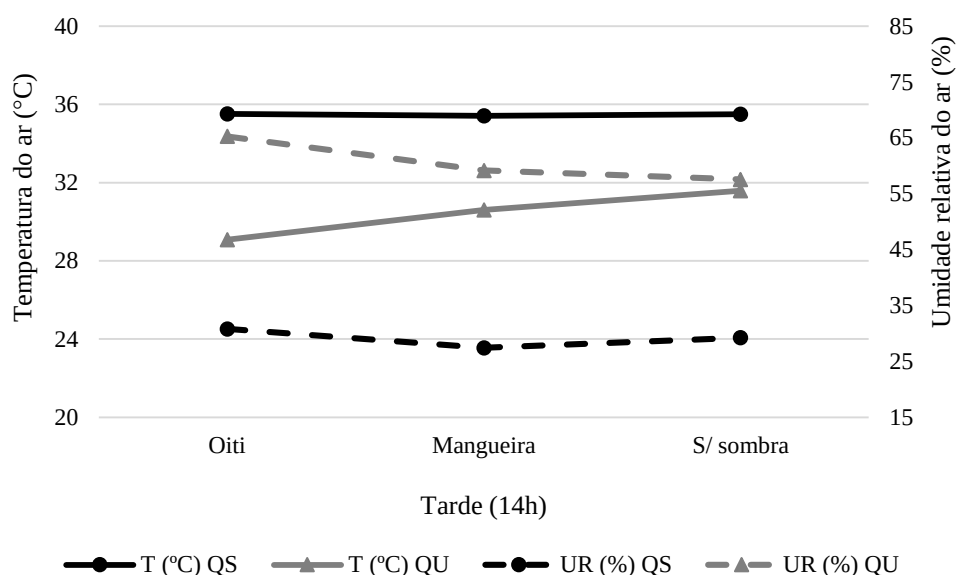


Figura 62 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos diferentes cenários e períodos, no horário da tarde

As variações de temperatura e umidade relativa do ar entre os cenários arborizados com o não arborizado no período quente-seco foram de 0,01°C (Ta) e de 1,57% (UR) entre a espécie oiti e sem sombra. Na espécie mangueira com o cenário sem arborização as variações foram de -0,08°C (Ta) e de -1,8% (UR). No período quente-úmido as diferenças foram de de -2,5°C (Ta) e de 7,7% (UR) entre a espécie oiti e sem sombra. Na espécie mangueira com o cenário sem arborização as variações foram de -0,97°C (Ta) e de 1,61% (UR).

Tabela 34 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos diferentes cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da tarde

	Horário da tarde (14h)			
	Quente-seco		Quente-úmido	
	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
Oiti	35,51	30,82	29,08	65,27
Mangueira	35,42	27,45	30,61	59,18
S/ sombra	35,50	29,25	31,58	57,57

Em estudos desenvolvidos por Fontes e Delbin (2001) em dois espaços públicos abertos na cidade de Bauru/SP (um com expressiva área verde e outro com pouca arborização), foram encontradas diferenças de temperaturas de até 3°C.

Segundo Maciel, Nogueira e Nogueira (2011), no horário das 14h, todas as maiores temperaturas médias foram registradas nos locais com características predominantemente urbanas (materiais com baixo albedo, bastante massa construída e pouca –ou nenhuma, em alguns casos – vegetação). Em contraponto, todas as menores temperaturas médias foram registradas nos locais com vegetação e sombreamento, demonstrando o potencial de amenizarem o rigor climático característico da região de Cuiabá.

No período da noite (20h) as medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar variaram entre os períodos (quente-seco e quente-úmido) com diferença de 2,06°C/-28,15% (oiti), de 2,09°C/-28,81% (mangueira) e de 2,38°C/-30,17% (sem sombra).

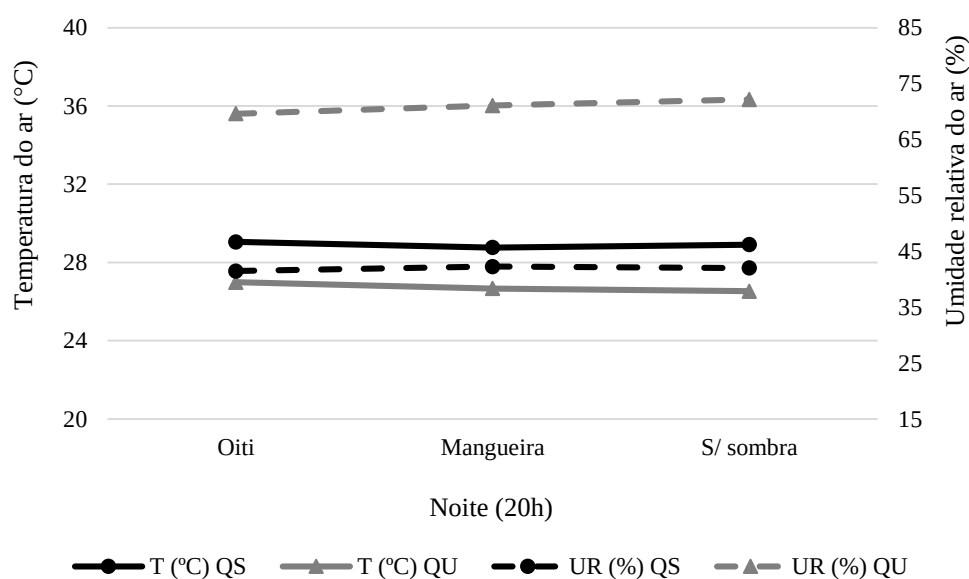


Figura 63 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos diferentes cenários e períodos, no horário da noite

As variações de temperatura e umidade relativa do ar entre os cenários arborizados com o não arborizado no período quente-seco foram de 0,14°C (Ta) e de -0,54% (UR) entre a espécie oiti e sem sombra. Na espécie mangueira com o cenário sem arborização as variações foram de -0,15°C (Ta) e de 0,26% (UR). No período quente-úmido as diferenças foram de 0,46°C (Ta) e de -2,56% (UR) entre a espécie

oiti e sem sombra. Na espécie mangueira com o cenário sem arborização as variações foram de 0,14°C (Ta) e de -1,1% (UR).

Tabela 35 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos diferentes cenários, nos períodos quente-seco e quente-úmido, no horário da noite

	Horário da noite (20h)			
	Quente-seco		Quente-úmido	
	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
Oiti	29,05	41,46	26,99	69,61
Mangueira	28,76	42,26	26,67	71,07
S/ sombra	28,91	42,00	26,53	72,17

Segundo Maciel, Nogueira e Nogueira (2011), no horário da noite (20h), a porção urbana recebeu radiação proveniente do sol durante todo o dia e, após o pôr-do-sol inicia então o processo de reemissão desta energia absorvida, de acordo com as características dos materiais constituintes. De acordo com Oke (1981) este é o horário mais propício para identificação da ilha de calor, pois o resfriamento das áreas periféricas e com características rurais é maior do que aquele ocorrido em áreas urbanas. Ou seja, a diferença entre áreas com características urbanas e áreas com características naturais é mais evidente quando ocorre a reemissão da energia térmica armazenada durante todo o dia pelos materiais constituintes dos pontos medidos.

A Figura 64, apresenta a estimativa do fluxo de energia no período quente-seco, através da equação de Stefan-Boltzmann (Equação 1), nota-se que o valor mais elevado da energia emitida foi pela superfície do asfalto, no horário da tarde, nos locais oiti (*Licania tomentosa*) e sem sombreamento, chegando a 629 W/m² e 614 W/m², respectivamente. As menores energias emitidas foram pelos materiais solo e concreto, no horário da manhã, no local oiti (*Licania tomentosa*) com o valor equivalente a 416 W/m² nos dois (materiais) locais.

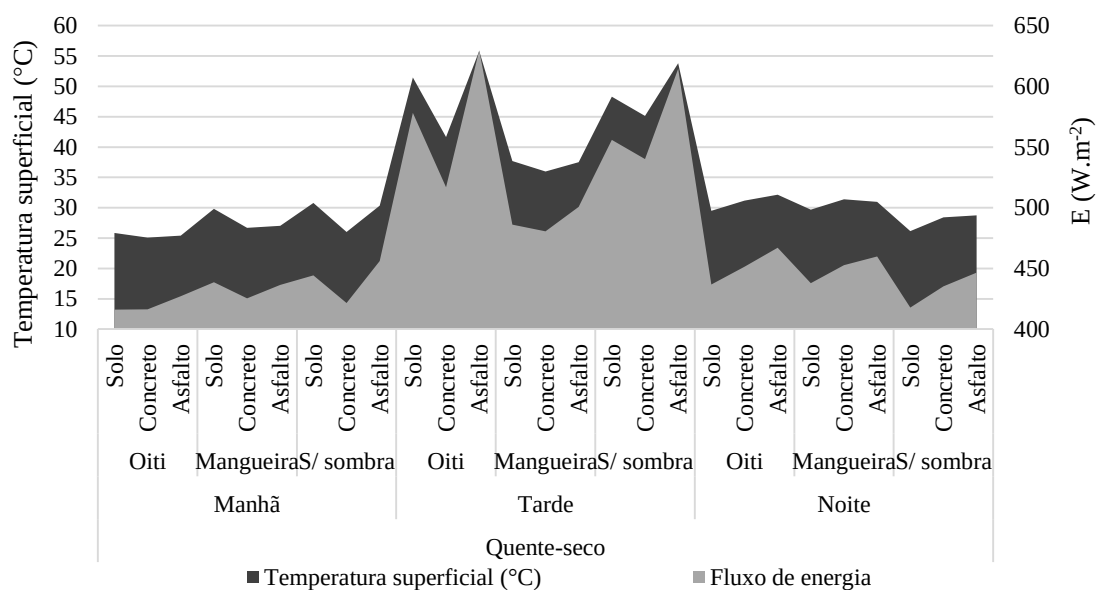


Figura 64 - Fluxo de energia e temperatura superficial nos diferentes locais, materiais e no período quente-seco

Na Figura 65, estão os resultados da estimativa do fluxo de energia no período quente-úmido.

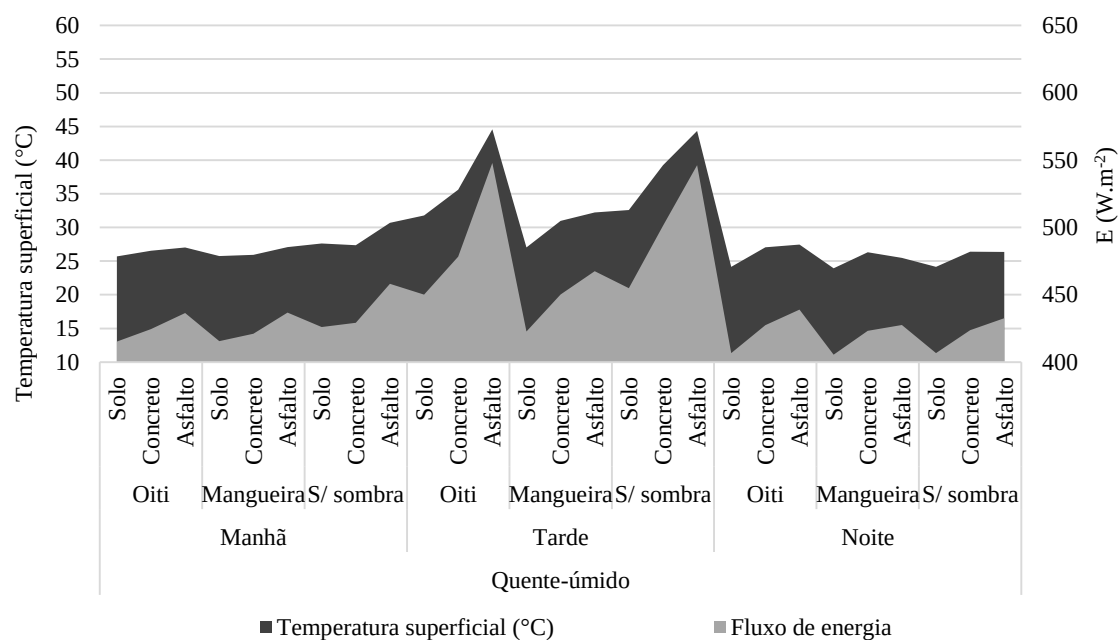


Figura 65 - Fluxo de energia e temperatura superficial nos diferentes locais, materiais e no período quente-úmido

Os maiores valores das energias emitidas foram pela superfície do asfalto, no período da tarde, nos locais oiti (*Licania tomentosa*) e sem sombreamento, com 547 W/m² e 546 W/m², respectivamente. As menores energias emitidas foram pelo material solo, no período da noite, nos locais três cenários, com os valores de 405 W/m² no cenário da espécie mangueira (*Mangifera indica*) e de 406 W/m² para a espécie oiti (*Licania tomentosa*) e o local sem sombreamento.

5.5 COMPARATIVO ENTRE AS TEMPERATURAS INTERNAS E SUPERFICIAIS NOS DIFERENTES HORÁRIOS

O comportamento térmico interno e superficial tenderam ao mesmo resultado no horário da manhã. No período quente-seco as temperaturas superficiais e internas foram menores nos diferentes materiais na espécie mangueira (*Mangifera indica*) e maiores na situação sem sombreamento. No período quente-úmido o material solo obteve melhor desempenho térmico (interno e superficial) na espécie oiti (*Licania tomentosa*), porém nos demais materiais continuou sendo na espécie mangueira as temperaturas mais amenas. Os materiais que apresentaram os melhores desempenhos térmico nos diferentes cenários foram o concreto e o solo nos períodos quente-seco e quente-úmido respectivamente (Figura 66).

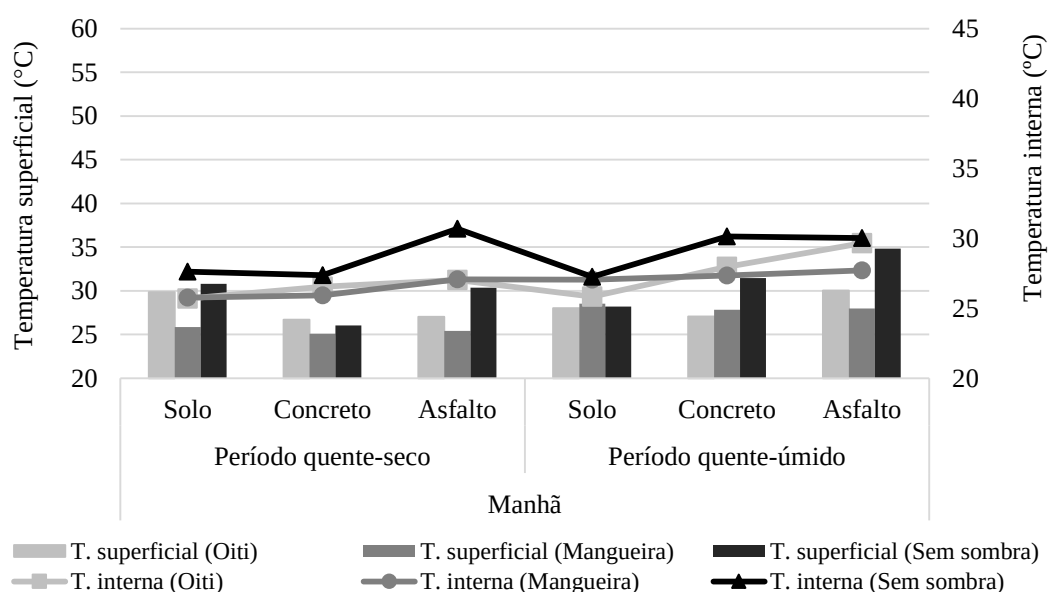


Figura 66 – Comparação da temperatura interna e superficial no horário da manhã

No horário da tarde foi o cenário da espécie mangueira (*Mangifera indica*) que apresentou as menores temperaturas internas e superficiais nos diferentes materiais e nos dois períodos. As maiores temperaturas internas foram no local sem sombreamento, porém na temperatura superficial variou entre a espécie *Licania tomentosa* e o local sem sombreamento. O material que apresentou melhor desempenho térmico interno nos dois períodos foi o solo, no entanto na temperatura superficial foi o concreto (Figura 67).

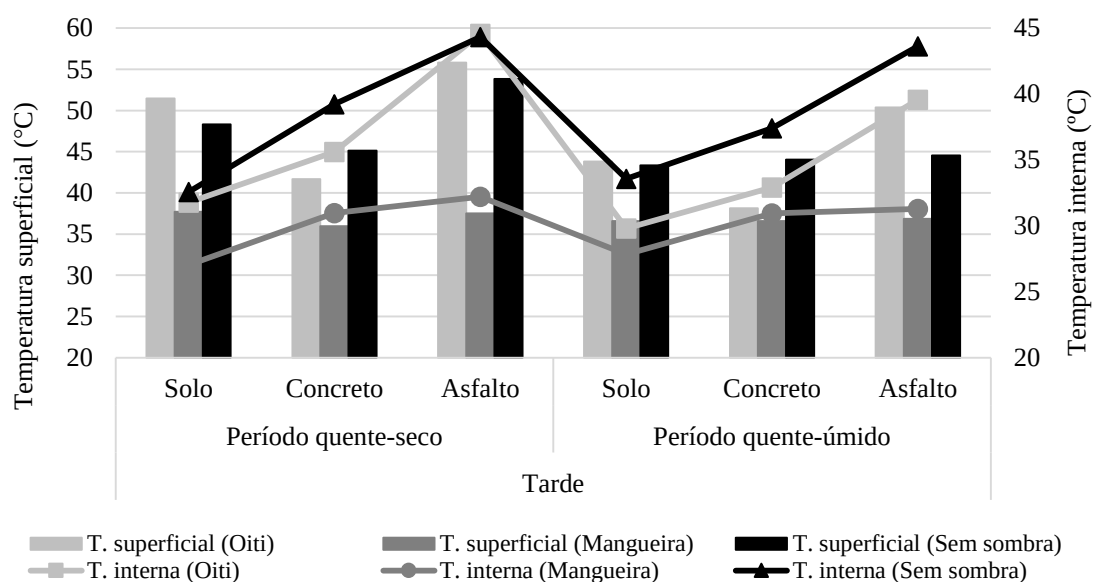


Figura 67 - Comparação da temperatura interna e superficial no horário da tarde

No horário da noite as variações da temperatura interna e superficial nos diferentes materiais foi menor que nos outros horários. A temperatura interna foi menor na espécie mangueira (*Mangifera indica*) nos dois períodos e as maiores temperaturas oscilaram entre a espécie oiti (*Licania tomentosa*) e o local sem sombreamento (Figura 68).

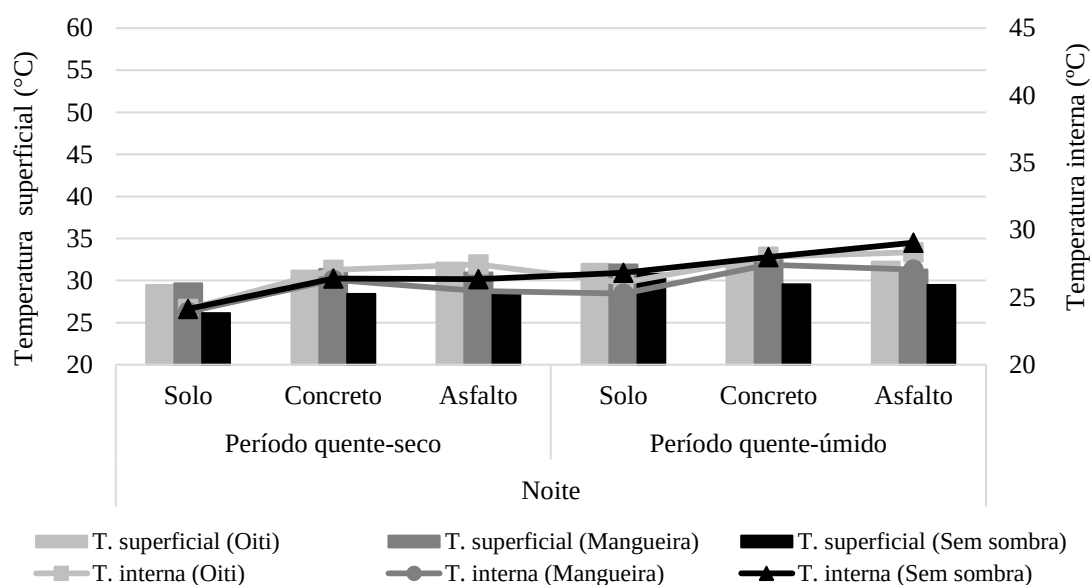


Figura 68 - Comparação da temperatura interna e superficial no horário da noite

A temperatura superficial foi menor no cenário sem sombreamento (no período quente-seco devido ao sombreamento do prédio e no período quente-úmido devido ao local ser gramado) e esse comportamento ocorreu em todos os materiais. As maiores temperaturas superficiais variaram entre as espécies

5.6 QUESTIONÁRIO

Os questionários foram realizados nos dois períodos (quente-seco e quente-úmido) e em três horários do dia, às 8h, 14h e 20h. No período quente-úmido 52 pessoas foram entrevistadas na parte da manhã, sendo 50% do sexo masculino e 50% do sexo feminino. Na parte da tarde 62 pessoas foram entrevistadas, sendo 51,6% do sexo masculino e 48,4% do sexo feminino. Já na parte da noite apenas 15 pessoas foram entrevistadas, sendo 80% do sexo masculino e 20% do sexo feminino.

No período quente-seco foram entrevistadas 20 pessoas no horário matutino, sendo que 55% dos entrevistados eram do sexo masculino e 45% do feminino. No horário vespertino 24 pessoas foram entrevistadas, sendo 58,3% do sexo masculino e 41,7% do feminino. No período noturno o número de entrevistado foi reduzido apenas para 9, sendo 33,3% dos entrevistados do sexo masculino e 66,7 % do feminino.

O número de entrevistados foi menor no período quente-seco, pois a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), onde foram realizadas esta pesquisa, encontrava-se em greve, o que influenciou no fluxo de pessoas no Campus.

Para analisar as respostas dos entrevistados, as questões foram divididas em duas partes. A primeira contendo as questões A e B (Figura 69 e Figura 70) e a segunda contendo as questões C, D, E e F (Figura 71 e Figura 72).

As Tabela 36 e Tabela 37, informam o significado das legendas da Figura 69 a Figura 72.

Tabela 36 - Significado das legendas das questões A e B

Legenda	Questão A – Como você está sentido nesse momento?	Questão B – Com relação às condições climática, você está se sentido
-2	Muito frio	Desconfortável
-1	Frio	Pouco desconfortável
0	Nem frio, nem calor	Neutro
1	Calor	Pouco confortável
2	Muito calor	Confortável

Na questão A do período quente-úmido, a maior porcentagem das respostas nos três horários foi calor (1), na parte da tarde 30,65% responderam estarem sentido muito calor (2). Na questão B, a resposta confortável foi a maior em todos os horários, mostrando que mesmo com calor as pessoas se sentem confortáveis, ou seja, estão aclimatadas, conforme a Figura 69.

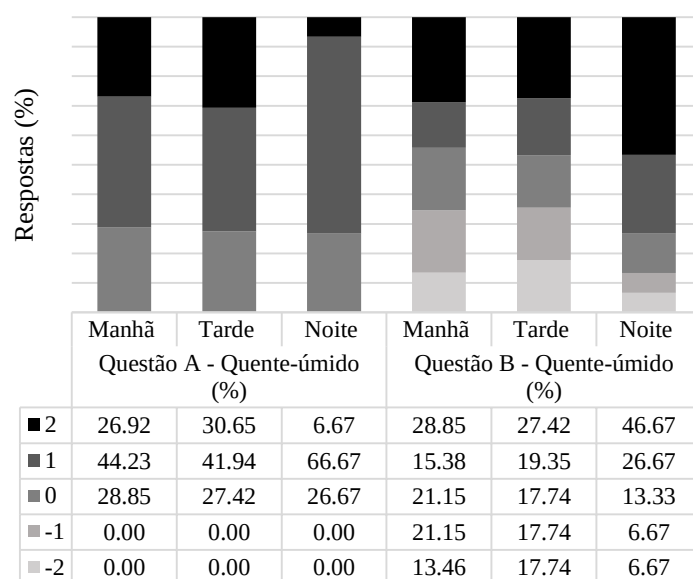


Figura 69 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões A e B, no período quente-úmido

No período quente-seco (Figura 70) as maiores porcentagens de respostas foram “muito calor” (Questão A), no horário da tarde com 62,5% e da noite com 66,67%. Estes resultados reforçam que no período quente-seco os usuários se sentem desconfortáveis termicamente, ou seja, com muito calor.

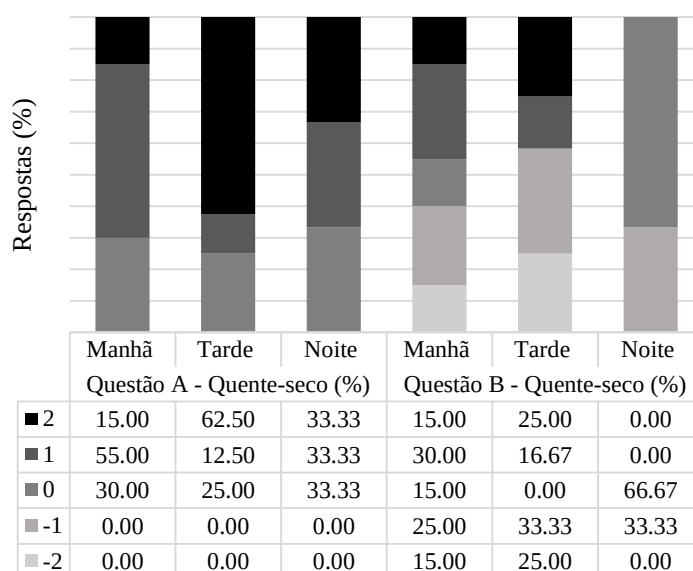


Figura 70 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões A e B, no período quente-seco

Na questão B as respostas tiveram variações entre “pouco confortável”, “pouco desconfortável” e “desconfortável”, diferentemente do período quente-úmido, em que as pessoas mesmo sentido “calor” estavam “confortáveis”.

Tabela 37 - Significado das legendas das questões C, D, E e F

Legenda	Questão C – Em relação à temperatura do ar, você preferiria que estivesse	Questão D - Em relação à umidade do ar, você preferiria que o ar estivesse	Questão E - Em relação ao vento, você preferiria que estivesse	Questão F - Em relação à radiação, você preferiria que estivesse
-1	Mais baixa	Mais seco	Mais fraco	Mais branda
0	Como está	Como está	Como está	Como está
1	Mais alta	Mais úmido	Mais forte	Mais intensa
NS	Não sei	Não sei	Não sei	Não sei

Pode-se notar na Figuras 50 e 51, que as maiores porcentagens de respostas das questões C e F, foram referente à “-1” que significa , temperatura do ar “mais baixa” e radiação “mais branda”. No período quente-úmido (Figura 71), as respostas oscilaram entre as respostas “como está”, “mais úmido” e “mais forte”, referentes a umidade do ar e velocidade do vento.

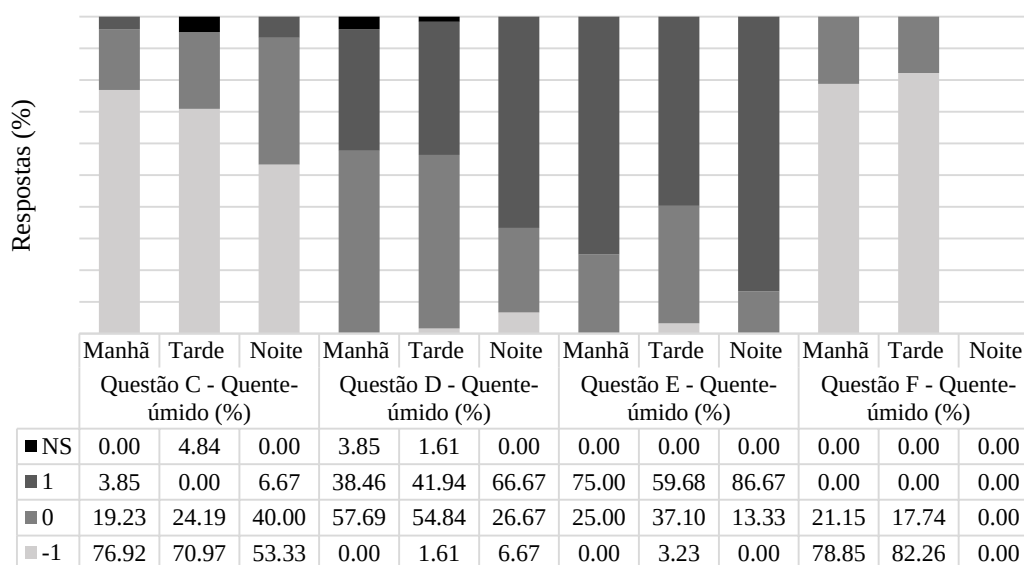


Figura 71 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões C, D, E e F, no período quente-úmido

Na Figura 72, pode-se observa que na questão D, mais de 95% das respostas formam “mais úmido” em relação a umidade do ar, mostrando que os entrevistados estavam desconfortáveis com a umidade, pois nesse período a umidade estava abaixo do valor recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é de 60% de umidade do ar.

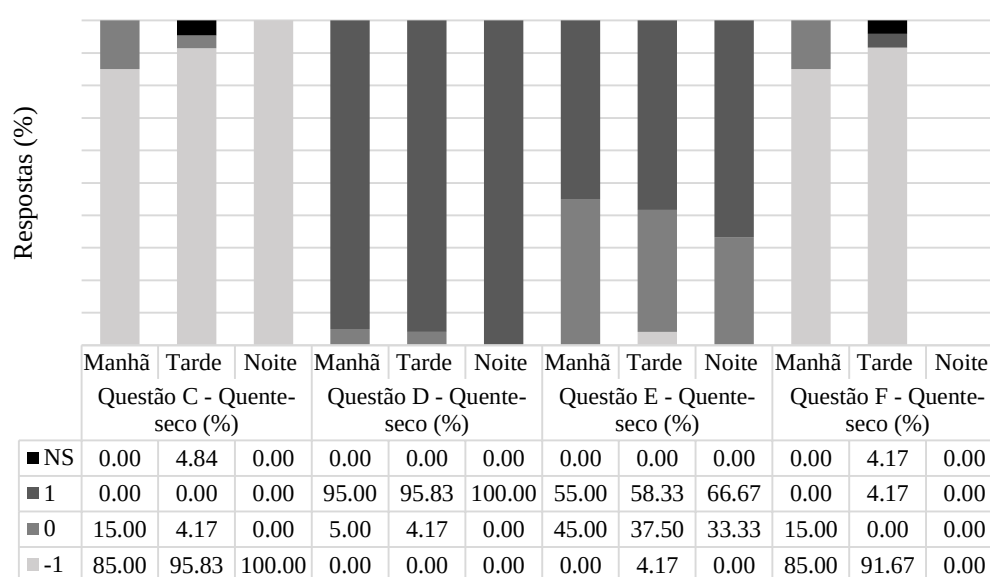


Figura 72 - Resultado em porcentagem das respostas obtidas nas questões C, D, E e F no período quente-seco

5.7 RAYMAN: PET E PMV

Foram calculados no software RayMan o PET e o PMV para os sexos femininos e masculinos, e foi observado que não houve variações expressivas para os diferentes sexos (Figura 73 e Figura 74).

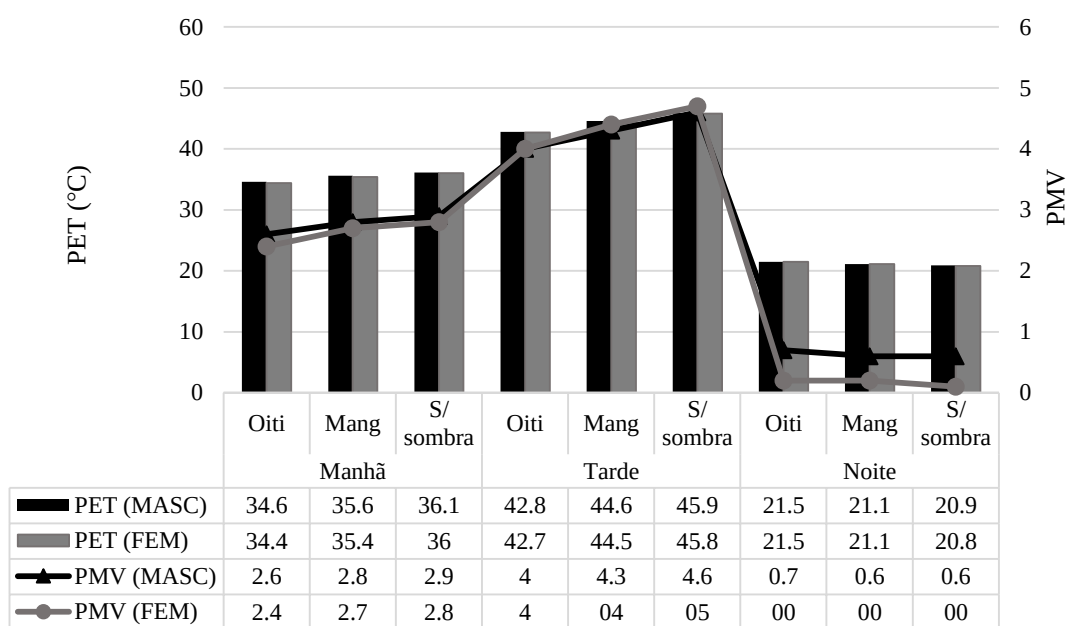


Figura 73 – PET e PMV no período quente-úmido

Utilizando a tabela do índice PET calibrado por Monteiro (2008) e o PMV por Matzarakis et al. (1999), apresentados na Tabela 6 e Tabela 5, respectivamente, a faixa de 18 – 26 do PET (°C) como percepção térmica “neutra ou confortável” e de 0,5 – 1,5 (PMV) como “nenhum stress térmico a ligeiro stress ao calor”, ocorreu somente no horário noturno e nos dois períodos. Portanto alcançar a faixa de conforto térmico em Cuiabá só é possível no horário noturno, Nince (2013) observou o mesmo resultado.

Na parte da tarde nos dois períodos ocorreram as maiores PET (°C) e PMV, com máxima de PET (°C) 45,9°C para o local sem sombreamento para o sexo masculino no período quente-úmido e de 50,5°C para o período quente-seco, resultando como percepção térmica “muito calor”. Os valores máximos de PMV foram de 4,7 para o local sem sombreamento para o sexo feminino no período quente-úmido e de 5,6 no período quente-seco, resultando como “forte stress ao calor a extremo stress ao calor”.

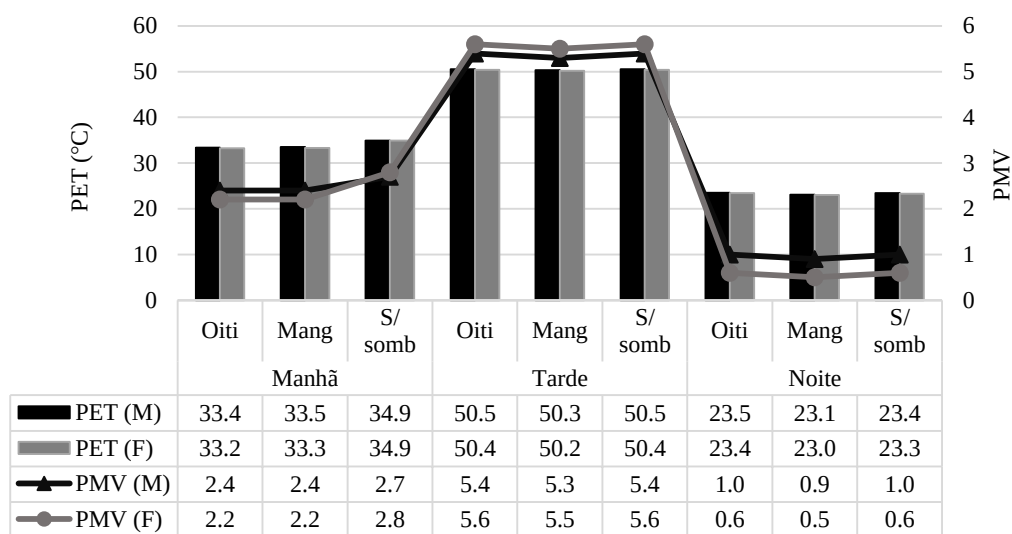


Figura 74 - PET e PMV no período quente-seco

Na parte da manhã o PET (°C) no período quente-úmido foi maior que no período quente-seco com 36,1°C (quente-úmido) e 34,9°C (quente-seco), apresentado como percepção térmica de “calor” para os dois períodos, segundo Monteiro (2008). O PMV foi de 2,9 (período quente-úmido) e de 2,7 (período quente-seco) para o local sem sombreamento e para o sexo masculino, esses valores se enquadram no stress fisiológico igual a “forte stress ao calor”.

5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.8.1 Temperatura do ar, umidade do ar e temperatura interna dos materiais

Para a análise concomitante das variáveis temperatura do ar, umidade do ar e temperatura interna, foi utilizado uma análise de variância multivariada com os fatores principais e as interações duplas, sendo detectado nível de significância menor que 5% praticamente para todos os fatores avaliados, exceto a interação de material e horas (Rastreamento de Pillai), conforme a Tabela 38.

Tabela 38 - Teste Multivariados^a

Efeito		Sig.
Interceptação	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Estacao	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Local	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Material	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Horas	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Período * Horas	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Período * Local	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Período * Material	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Local * Horas	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Material * Horas	Rastreamento de Pillai	,197
	Lambda de Wilks	,004
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Local * Material	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000

As temperaturas do ar foram altamente significativas entre os cenários das espécies (mangueira e oiti) com o local sem sombreamento, no entanto entre as espécies o valor da significância foi maior que 0,05, ou seja, não existem diferenças significativas. As umidades do ar nos diferentes cenários foram significativas, conforme os testes *post hocs* apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes cenários

Variável dependente	Locais		Sig.
Temperatura do ar	Mangueira	Oiti	,014
		S/ sombra	,000
	Oiti	Mangueira	,014
		S/ sombra	,000
	S/ Sombra	Mangueira	,000
		Oiti	,000
Umidade do ar	Mangueira	Oiti	,005
		S/ sombra	,000
	Oiti	Mangueira	,005
		S/ sombra	,000
	S/ Sombra	Mangueira	,000
		Oiti	,000

* $\alpha < 0,05$: Há diferença significativa

As médias das temperaturas do ar nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes horários estão apresentadas na

Figura 75. As maiores temperaturas do ar nos dois períodos ocorreram entre às 14h e 17h. A máxima temperatura nos dois períodos foi de 37,84°C no cenário com a espécie oiti e no período quente-seco. A maior amplitude térmica ocorreu no período quente-seco com uma diferença de 14°C enquanto que no período quente-úmido a variação da temperatura foi menor com 6,58°C.

O cenário que obteve a temperatura do ar mais amena nos dois períodos foi a mangueira (*Mangifera indica*). No período quente-úmido as temperaturas do ar nos cenários das espécies arbóreas apresentaram valores próximos e no período quente-seco os cenários sem sombreamento e da espécie oiti (*Licania tomentosa*) tiveram os valores similares principalmente das 8h às 18h.

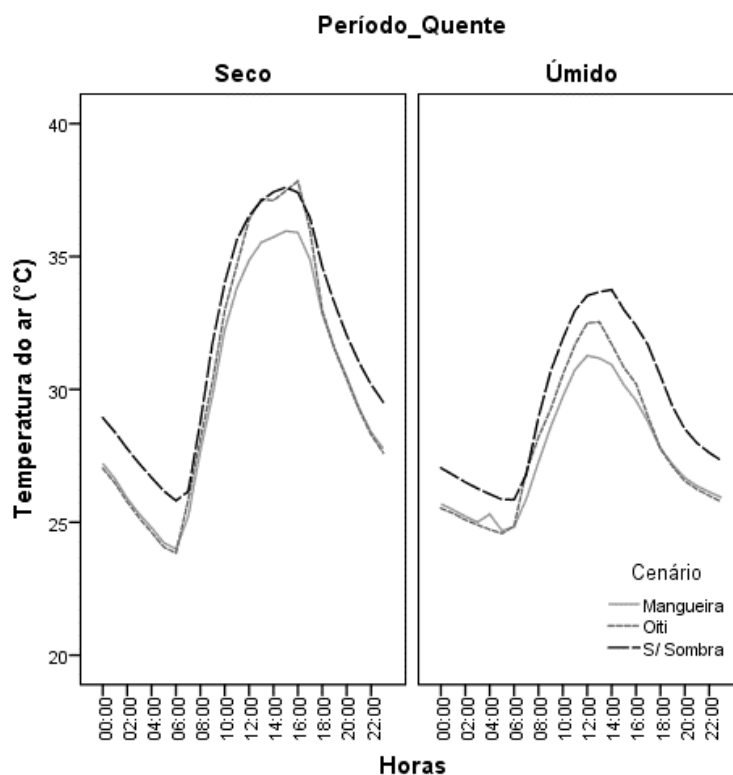


Figura 75 - Média da temperatura do ar nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes horários e locais

Estudos desenvolvidos por Durante e Nogueira (2013), foi observado que na espécie *Mangifera indica* ocorreu atenuação da temperatura do ar sob a copa durante o período de sol, chegando ao valor máximo de 16,30% às 12 horas. Enquanto que na *Licania tomentosa*, a atenuação máxima foi de 10,88% e se deu às 14 horas.

Na Figura 76 apresenta a umidade do ar em diferentes horários e locais, e nos dois períodos. Pode-se observar as diferenças significativas existente, fica em evidencia a diferenças da umidade do ar nos dois períodos. A maior amplitude ocorreu na espécie oiti com 35,51% (período quente-seco), a menor na espécie mangueira com 23,54% (período quente-úmido).

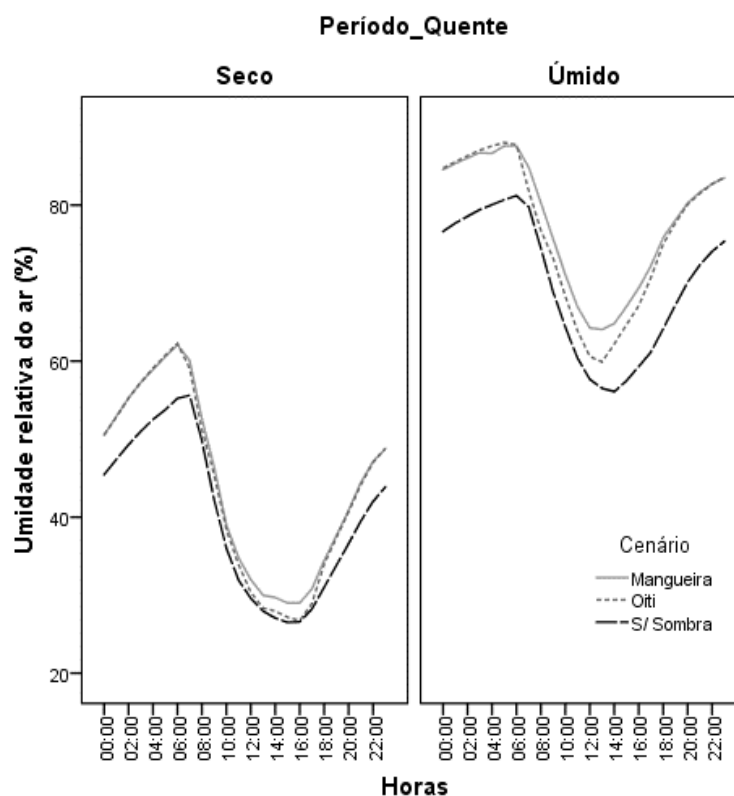


Figura 76 - Média da umidade do ar nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes materiais e horários

Na Tabela 40 estão as comparações múltiplas pelo teste de Tukey, pode-se notar que para todos os grupos apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 40 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura do interna nos diferentes materiais

Materiais		Sig.
Asfalto	Concreto	,023
	Solo	,000
Concreto	Asfalto	,023
	Solo	,015
Solo	Asfalto	,000
	Concreto	,015

Na Tabela 41 estão as comparações múltiplas pelo teste de Tukey para temperatura interna nos diferentes cenários, pode-se observar que para todos os locais as diferenças foram significativas.

Tabela 41 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura do interna nos diferentes cenários

Locais		Sig.
Mangueira	Oiti	,001
	S/ sombra	,000
Oiti	Mangueira	,001
	S/ sombra	,002
S/ sombra	Mangueira	,000
	Oiti	,002

O cenário que apresentou o melhor desempenho térmico interno no período quente-úmido foi o da espécie arbórea mangueira (*Mangifera indica*), os cenários das duas espécies arbóreas obtiveram resultados similares nos materiais solo e concreto, porém no material asfalto ocorreu uma diferença significativa entre os três cenários (Figura 68).

Nos horários entre às 0h – 7h e 18h – 23h, principalmente no período quente-úmido, nos três cenários e nos diferentes materiais, os resultados apresentaram comportamento térmico similares, mostrando a influência da radiação nas características térmicas dos materiais.

No período quente-seco somente nos horários das 7h às 17h que o local mangueira apresentou as menores temperatura nos diferentes materiais, ficando para o local sem sombreamento os demais horários. Isso ocorreu pois os materiais no cenário sem sombreamento foram submetidos ao sombreamento do prédio ao lado, consequentemente alterando o comportamento térmico interno dos materiais.

Abreu e Labaki (2010) concluíram que:

Espécies perenes, como jambolão (*Syzygium cumini*) e mangueira (*Mangifera indica*), têm maior influência na sensação térmica no entorno imediato. Esse fenômeno é explicado pela característica termorreguladora das árvores, que mantém a temperatura e a umidade relativa do ar a seu redor em uma faixa ideal para seu sustento. As folhas das árvores possuem

células denominadas estômatos, responsáveis pela termorregulação, abrem-se quando encontram temperatura e umidade relativa do ar ideais e fecham-se quando começam a perder água. Sendo assim, os indivíduos arbóreos influenciam principalmente na temperatura do ar e umidade relativa do ar ao longo do ano, numa escala microclimática.

O material que apresentou as maiores amplitudes nos diferentes cenários foi a asfalto, na espécie oiti com 14,82°C (período quente-úmido) e 26,54°C (período quente-seco), na espécie mangueira com 6,58°C (período quente-úmido) e 15,64°C (período quente-seco) e no local sem sombreamento com 22,27°C (período quente-úmido) e 29,37°C (período quente-seco).

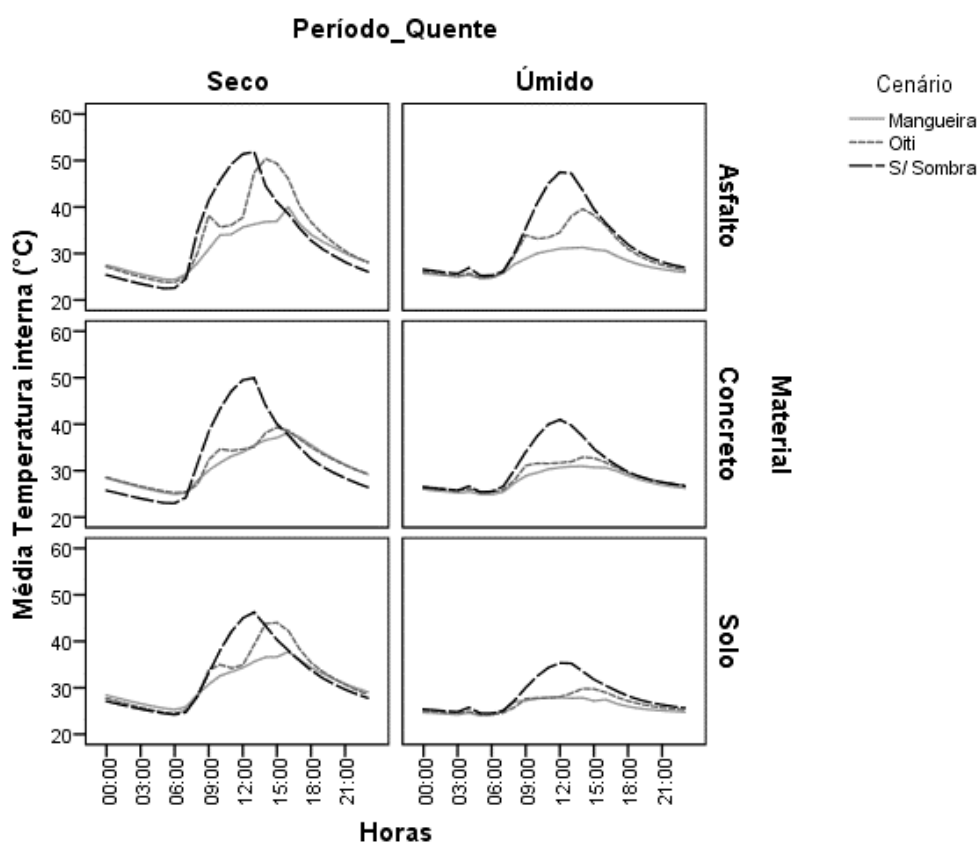


Figura 77 - Média da temperatura interna nos períodos quente-seco e quente-úmido, nos diferentes materiais e horários

No período quente-úmido o material solo apresentou a menor média horária e menor amplitude com 24,04°C (mangueira) e com 3,88°C de amplitude, porém no período quente-seco foi o material asfalto que apresentou a menor temperatura com 22,50°C (sem sombra) e a maior amplitude com 29,37°C.

Para a análise das variáveis temperatura do ar, umidade do ar nos diferentes cenários com os dados da estação automatizada no bloco PGFA, foi utilizado uma análise de variância multivariada com os fatores principais e as interações duplas, que detectou nível de significância menor que 5% para todos os fatores avaliados, conforme a Tabela 42.

Tabela 42 - Teste Multivariados

Efeito		Sig.
Interceptação	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Horas	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Estação	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Local	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Estação * Horas	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Estação * Local	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000
Horas * Local	Rastreamento de Pillai	,000
	Lambda de Wilks	,000
	Rastreamento de Hotelling	,000
	Maior raiz de Roy	,000

Na Tabela 43 estão os dados de comparação da temperatura e umidade do ar, pode-se verificar que o local sem sombra obteve resultados altamente significativos em relação aos outros locais (mangueira, oiti e referencial). Somente na comparação entre os cenários (mangueira / referencial), o valor não foi significativo, superiores à 0,05, ou seja, os valores foram similares.

Tabela 43 - Comparações múltiplas – Tukey HSD – Temperatura e umidade do ar nos diferentes locais com o referencial

Variável dependente	Locais		Sig.
Temperatura do ar (°C)	Oiti	Mangueira	,000
		Referencial	,009
		S/ sombra	,000
	Mangueira	Oiti	,000
		Referencial	,606
		S/ sombra	,000
	Referencial	Oiti	,009
		Mangueira	,606
		S/ sombra	,000
	S/ sombra	Oiti	,000
		Mangueira	,000
		Referencial	,000
Umidade relativa do ar (%)	Oiti	Mangueira	,002
		Referencial	,000
		S/ sombra	,000
	Mangueira	Oiti	,002
		Referencial	,001
		S/ sombra	,000
	Referencial	Oiti	,000
		Mangueira	,001
		S/ sombra	,000
	S/ sombra	Oiti	,000
		Mangueira	,000
		Referencial	,000

Na umidade do ar todas as comparações foram inferiores a 5%, sendo altamente significativos.

5.8.2 Temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar

A análise da variação (ANOVA, $\alpha < 0,05$), seguida pelo teste de Tamhane mostrou haver diferenças significativas entre as médias da temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar, nos horários das 8h e 14h, conforme a Tabela 44. A comparação entre os horários das 8h e 20h, obtiveram um nível de significância igual a 0,933, 0,967 e 1 para temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar, respectivamente, ou seja, não possuem diferenças significativas, podendo-se afirmar que esses horários apresentam comportamentos térmicos próximos.

Tabela 44 - Diferenças significativas da temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes horários

Variável dependente	(I) Horas	(J) Horas	Sig.
Temperatura superficial (°C)	8h	14h	,000
		20h	,933
	14h	8h	,000
		20h	,000
	20h	8h	,933
		14h	,000
Temperatura do ar (°C)	8h	14h	,000
		20h	,967
	14h	8h	,000
		20h	,000
	20h	8h	,967
		14h	,000
Umidade relativa do ar (%)	8h	14h	,053
		20h	1,000
	14h	8h	,053
		20h	,101
	20h	8h	1,000
		14h	,101

* $\alpha < 0,05$: Há diferença significativa

As comparações de temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes locais e materiais foram superiores a 0,05, mostrando que não apresentam diferenças significativas, conforme as Tabela 45 e Tabela 46.

Tabela 45 - Diferenças significativas da temperatura superficial, temperatura do ar e umidade do ar nos diferentes horários

Variável dependente	(I) Local	(J) Local	Sig.
Temperatura superficial	Mangueira	Oiti	,487
		S/ Sombra	,352
	Oiti	Mangueira	,487
		S/ Sombra	,999
	S/ Sombra	Mangueira	,352
		Oiti	,999
Temperatura do ar	Mangueira	Oiti	,989
		S/ Sombra	,961
	Oiti	Mangueira	,989
		S/ Sombra	,852

	S/ Sombra	Mangueira	,961
		Oiti	,852
	Mangueira	Oiti	,987
		S/ Sombra	1,000
Umidade relativa do ar	Oiti	Mangueira	,987
		S/ Sombra	,990
	S/ Sombra	Mangueira	1,000
		Oiti	,990

Tabela 46 - Diferenças significativas da temperatura superficial nos diferentes materiais

Variável dependente	(I) Local	(J) Local	Sig.
	Asfalto	Concreto	,685
		Solo	,660
Temperatura superficial	Concreto	Asfalto	,685
		Solo	,998
	Solo	Asfalto	,660
		Concreto	,998

Na Figura 78, é possível verificar que na parte da manhã os dois períodos tiveram as temperaturas superficiais próximas, no horário da tarde por causa da maior incidência da radiação as diferenças da temperatura foram expressivas e a noite as temperaturas tenderam a ficar próximas novamente.

A espécie que apresentou melhor desempenho térmico superficial nos dois períodos foi a mangueira (*Mangifera indica*). No período quente-seco o local sem sombreamento obteve comportamento próximo da espécie oiti (*Licania tomentosa*). O asfalto foi o material que apresentou as maiores temperaturas superficiais, principalmente nos locais (oiti e sem sombra), pode-se concluir que o asfalto é o material construtivo estudado que absorve e retém mais calor se comparado com os materiais solo e concreto.

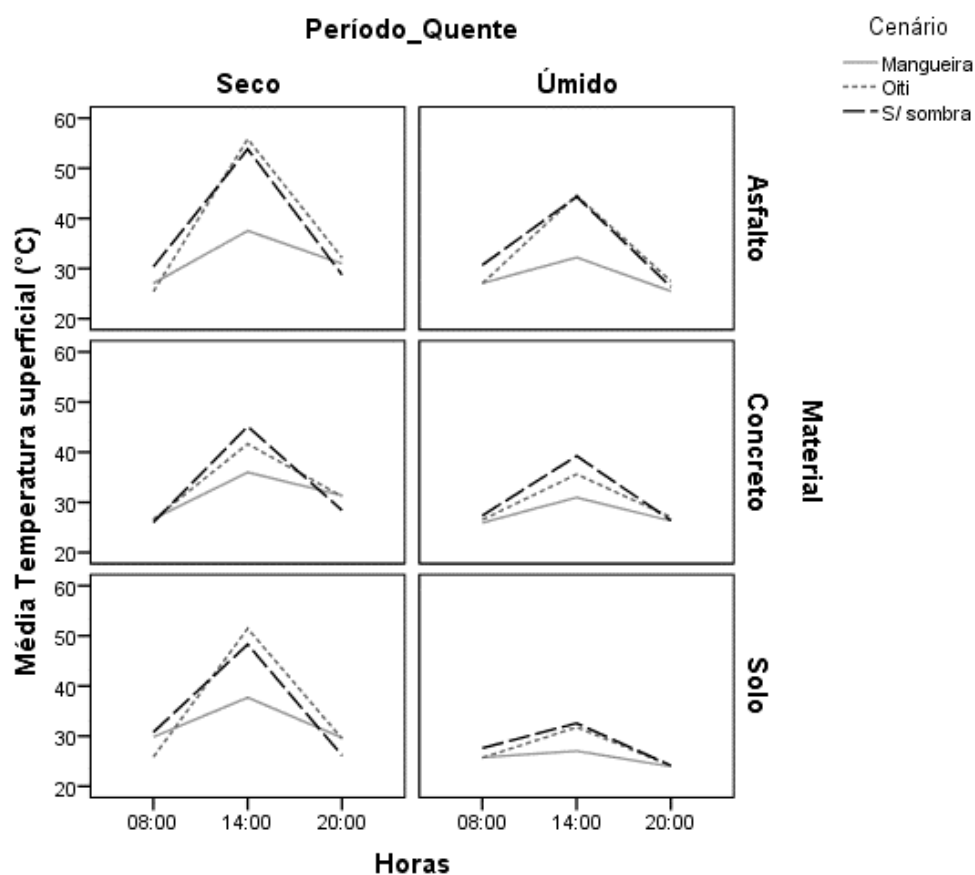


Figura 78 - Temperatura superficial em diferentes horários, cenários, período e material

As maiores amplitudes térmicas ocorreram no material asfalto com uma diferença de 30,42°C (quente-seco) e 17,56°C (quente-úmido). As menores ocorrem nos materiais solo com 7,63°C (quente-úmido) e concreto com 16,57°C (quente-seco).

A Figura 79 apresenta a média da temperatura do ar nos diferentes cenários e nos três horários (8h, 14h e 20h), é possível observar diferenças significativas entre os períodos. No período quente-úmido as temperaturas variaram expressivamente de um local para outro, no horário das 8h e 14h, as menores temperaturas registradas foram na espécie *Licania tomentosa* com 27,35°C e 29,08°C respectivamente. No horário das 20h foi no cenário sem sombreamento que registrou a menor temperatura com 26,53°C.

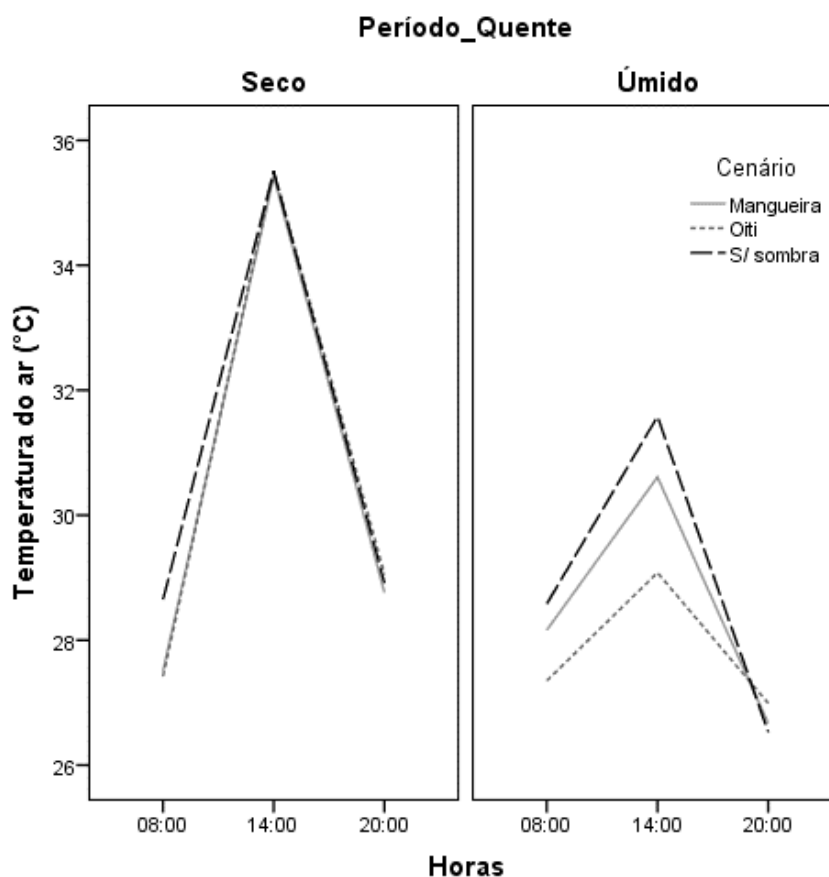


Figura 79 - Temperatura do ar nos períodos quente-úmido e quente-seco, nos diferentes cenários e horários

No período quente-seco as temperaturas do ar não apresentaram variações significativas de um cenário para outro. Na parte da manhã a menor temperatura foi registrada na espécie oiti (*Licania tomentosa*) com 27,42°C, na parte da tarde e da noite foi na espécie mangueira (*Mangifera indica*) com 35,42°C e 28,76°C, respectivamente.

A umidade do ar conforme a Figura 80, foi maior no período quente-úmido e apresentou a menor amplitude. A menor umidade do ar no período quente-úmido ocorreu na parte da tarde no cenário sem sombreamento com 57,57% e a maior umidade ocorreu no mesmo local, porém na parte da noite com 72,17%.

A menor e a maior umidade do ar foram registradas no período quente-seco e ocorreram na espécie mangueira (*Mangifera indica*) com 27,45% (tarde) e 46,92% (manhã), respectivamente.

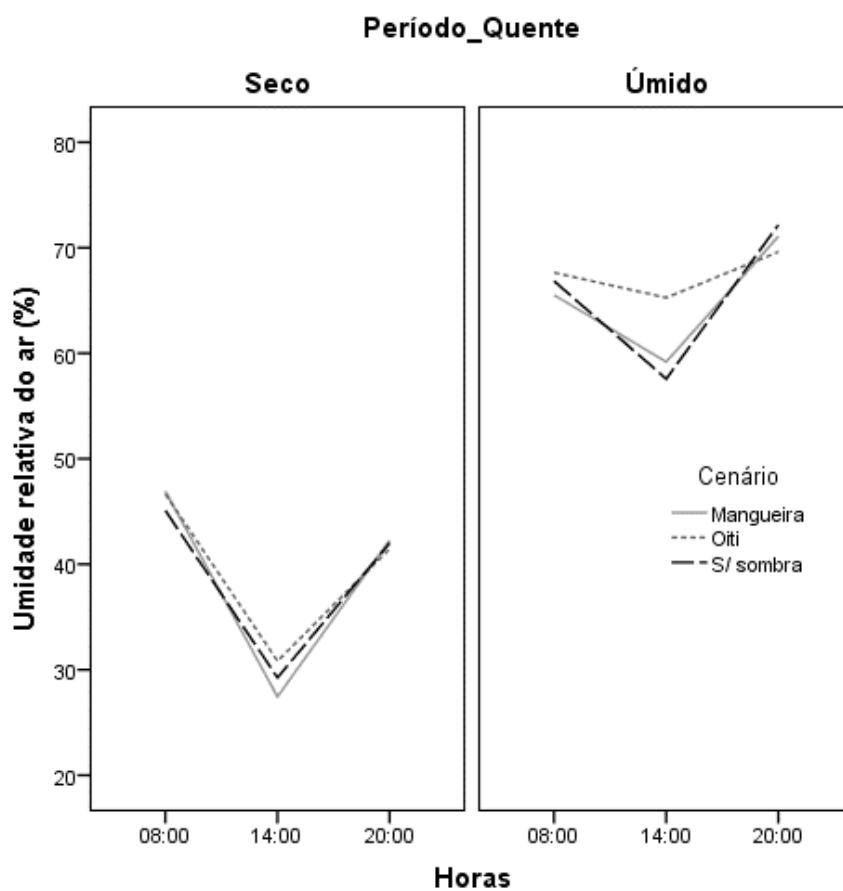


Figura 80 - Umidade do ar nos períodos quente-úmido e quente-seco, nos diferentes cenários e horários

No horário da tarde (14h) as diferenças da variação da umidade do ar nos diferentes cenários (Oiti - Sem sombreamento) foi menor no período quente-seco. Os três cenários nesse período registram umidade abaixo do recomendado pela OMS (Organização Mundial da Saúde).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos realizados, a espécie arbórea que obteve o melhor desempenho térmico interno nos diferentes materiais, nos dois períodos (quente-seco e quente-úmido) e menor amplitude térmica foi a mangueira (*Mangifera indica*). O material solo foi o que apresentou menores temperaturas internas no período quente-úmido e nos diferentes locais. Esse fato é devido a propriedade do material ser permeável que contribui para diminuição da temperatura devido ao processo evaporativo da água armazenada.

No período quente-seco os materiais solo e concreto tiveram comportamento térmico interno similares. Nos três cenários o material asfalto apresentou as maiores temperaturas internas nos dois períodos, entretanto no período quente-seco ocorreu uma instabilidade nos resultados do local sem sombreado, pois nesse período foi constatado que o prédio da lateral fazia sombra nas placas.

Nas análises do comportamento da temperatura e umidade do ar entre os ambientes sombreados pelas espécies arbóreas oiti (*Licania tomentosa*) e mangueira (*Mangifera indica*), em relação ao local não sombreados, observou-se que a vegetação amenizou a temperatura do ar sob as árvores nos dois períodos, porém sendo evidente no período quente-seco, e na espécie oiti (*Licania tomentosa*). A umidade relativa também apresentou o mesmo comportamento.

As temperaturas superficiais das diferentes coberturas urbanas (solo, concreto e asfalto), obtiveram os melhores desempenhos térmicos variados, pois no período da manhã, foi na espécie oiti (*Licania tomentosa*) que as temperaturas superficiais se destacaram nos dois períodos, todavia no período da tarde foi na espécie mangueira (*Mangifera indica*) e a noite no local não sombreado.

Não foi verificado diferenças estatisticamente significativas para as temperaturas superficiais nos diferentes locais (com e sem sombreamentos arbóreo) e nos diferentes materiais urbanos (solo, concreto e asfalto).

Contudo nas temperaturas internas foi detectado diferenças significativas entre os diferentes locais, materiais e horas. A maior diferença térmica interna entre os dois períodos ocorreu no horário da tarde.

Os resultados mostraram melhores desempenhos térmicos nas áreas com sombreamento arbóreo. Cabe ressaltar a importância da arborização nas cidades para proporcionar melhor conforto térmico aos usuários, pois ao utilizar-se da arborização urbana, as contribuições e benefícios são de estratégias de resfriamento evaporativo, umidificação, melhoramento do microclima e o seu entorno, que resultará em um ambiente externo mais atrativo e adequados ao uso, principalmente em região com temperatura elevadas.

7 SUGESTÕES PARA FUTURO TRABALHOS

- a. Avaliar a influência da vegetação no microclima em diferentes distâncias das copas das árvores.
- b. Estudar outros materiais e superfícies, como: blocos de concreto, cerâmica vermelha, pisos permeáveis e grama.
- c. Estimar a evapotranspiração das espécies arbóreas nos dois períodos.

8 BIBLIOGRAFIAS

8.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Campinas, 2008.

ALMEIDA, D. N. **Análise da arborização urbana de cinco cidades da Região Norte de Mato Grosso**. 2009. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

ALMEIDA JÚNIOR, N. L. **Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**. 2005. Dissertação (Mestre em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

ALVES, E. D. L. **Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso**. Cuiabá, 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

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

AMORIM, J.H.; RODRIGUES, V.; TAVARES, R.; VALENTE, J.; BORREGO, C. **CFD modelling of the aerodynamic effect of trees on urban air pollution dispersion**. *Science of the Total Environment*. v. 461-462, p. 541-551, 2013.

ANDRADE, R. G. et al. Estudo do índice de área foliar de pastagens em diferentes níveis de degradação com aplicação de imagens Landsat 5-TM e dados de campo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET)**. 2009.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

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

BRAGA, C.C., SOARES, F.R., DANTAS, F.R.C., BARBIERI, L.F.P., Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM/LANDSAT 5. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.

BRASQUÍMICA. **Produtos asfálticos**. Disponível em: <http://www.brasquimica.com.br/produtos/prg_pro.cfm?cod=13> Acesso em 10 jun 2015.

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

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

CALLEJAS, I. J.; CAMPOS, A. C.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, M. C. Índices arbóreos e suas relações com o microclima urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora. **Anais eletrônicos...** Juiz de Fora: UFJF, 2012. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1000.pdf>>. Acesso em 15 de jun. 2015.

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

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

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

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

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá/ Legislação Urbana de Cuiabá/IPDU – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá: Entrelinhas, 2004.

CUNHA, C. R. **Influência da cobertura do céu nos albedos de uma região de cerrado da baixada cuiabana**. 2012. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá.

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.

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F., MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N. (2005). Modelo para estimativa do índice de área foliar da cultura de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 8 -13.

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

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

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

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

GONÇALVES, A.; CAMARGO, L. S.; SOARES, P. F. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano: Estudo de caso na cidade de Maringá – Paraná.** Anais do III Seminário de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2012. Disponível em: <<http://www.eventos.uem.br/index.php/simpgeu/simpgeu/paper/view/970/585>>. Data de acesso: 01 maio 2015.

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

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64529_cap6.pdf>. Acesso em: 30/05/2015.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. Climatologia. 1990. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>> Acesso em: 28/08/2015.

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

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, PW, São Paulo, 1997.

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

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

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

KULKA, D. D. **Conforto Térmico em Áreas Verdes Urbanas no Município de Itapetinga, Bahia**. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, 2014.

MACIEL, C. R. **Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT**. 127f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

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

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

MANO, E. B.; PACHECO, É. B. A. V.; BONELLI, C. M.C. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. 1. ed. - São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

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

MARTINHO, J. **Ambiente térmico**. Disponível em: < http://www.prof2000.pt/users/eta/Amb_Termico.htm > Acesso em: 20 set. 2015.

MASCARÓ, L. L. **Clima e Arquitetura**. 3D. São Paulo: Nobel. 1996.

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

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

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, p. 76-84, 1999. Disponível em <http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/pet_aplication.pdf> Acesso em 25 out. 2015.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F. Rayman: a tool for tourism and applied climatology. 2007. Disponível em <http://www.mif.uni-freiburg.de/isb/ws3/report/dTcl_2007_matazrakisrutz.pdf> Acesso em 25 out. 2015.

MENDES, F.H.; CELLA, A.C.; SILVA FILHO, D.F.; POLIZEL, J.L. Estimativa do Índice de Área Foliar para diferentes espécies arbóreas urbanas. In: **XVIII CONGRESSO BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA**, 2014.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.

MILANO, M. S. **Avaliação quali-quantitativa da arborização urbana**: exemplo de Maringá – PR. 1988. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR.

MODMA, D.; VECCHIA, F. Calor e áreas Verdes: um estudo preliminar do clima de São Carlos, SP. In: **Anais do Encac** – Cotedi. Promoção Antac, 2003.

MONTEIRO, C. A de F. **Teoria e clima urbano**. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

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

MORENO, M. M. **Parâmetros para implementação efetiva de áreas verdes em bairros periféricos de baixa densidade**. 2006. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

NINCE, P.C.C. **Avaliação de desempenho termo-luminoso em uma escola na cidade de Cuiabá-MT: estudo de caso**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

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

NINCE, P. C. do C.; SANTOS, F. M. de M.; NOGUEIRA, J. de S.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimentos urbanos no

campus da UFMT em Cuiabá-MT. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, 2014.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. Cuiabá, 2011. 146f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

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

OLIVEIRA, G. S. J. F.; QUEIROZ, M. T. A.; PAGIOLA, R. G.; FERREIRA, W. L. Conforto térmico no ambiente de trabalho: avaliação das variáveis subjetivas da percepção do calor. **VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia-CRA-RJ**, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

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

OLIVERA, S. M. de S. **Avaliação do impacto do uso do fruto *Manqifera indica* L.(manga) no tratamento de crianças anêmicas fazendo uso do sulfato ferroso**. 2009. Tese de Doutorado. Tesis Doctoral: Centro de Ciencias da Saúde. Universidade Federal da Paraíba. Brazil.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981.

PATRO, R. Oiti – *Licania tomentosa*. **Jardineiro.net**, 06 mar. 2014. Disponível em: < <http://www.jardineiro.net/plantas/oiti-licania-tomentosa.html>>. Acesso em: 15 maio 2015.

PAZ, L. H. F. **A Influência da Vegetação sobre o Clima Urbano de Palmas – TO**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Pós-Graduação da FAU-UnB do curso de Arquitetura e Urbanismo. Brasília – DF, 2009.

PLANTAS LENHOSAS. DE. CUMARU – PE (BRASIL). Segunda edição, 15 de novembro de 2014. Bruno Werner Kägi. Acesso em 09/06/2015 - <http://cumarupe.com.br/Flora/>

PORTO, L. P. M.; BRASIL, H. M. S.; SILVA, A. C. P.; REIS, A. F. S.; OLIVEIRA, D. B. D.; FRAZÃO, D. A. C.; SHIMIZU, E. S. C.; ARAGÃO, I. L. G.; SOUSA, J. A. L.; SAITO, L. G. B.; CARVALHO, L. F. M; LEÃO, N. V. M.; ROSAS, A. S. R.; BARBOSA, L. G. B.; SAMPAIO, M. R. G. **Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém**. Disponível em: < <http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/Manual-de-Arboriza%C3%A7%C3%A3o-de-Bel%C3%A9m.pdf> > Acesso em: 28 ago. 2015.

RIBEIRO JÚNIOR, I. (2006). **Estabilização da Expansão do Solo Saprolítico de Filito com Cal Hidratada Cálcica**. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 2001.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico: Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. São Paulo: Ministério do Trabalho e Emprego – FUNDACENTRO, 2001.

SANCHES, L.; ANDRADE, N. L. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, v.30, n.1, p.57-69, 2008.

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

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

SANTOS, N. R.; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação**. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001. 135 p.

SANTOS, F. M. M. **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso**. 117f. Tese (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

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

SILVA, M. G. C. **Florescimento e frutificação de mangueira (*Mangifera indica* L.) Cv Rosa promovido por diferentes doses de paclobutrazol**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2006. 63 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).

SOTTO, A. **Quantidade de calor sensível, calor específico e capacidade térmica.** Disponível em: < <http://soumaisenem.com.br/fisica/o-calor-e-os-fenomenos-termicos/quantidade-de-calor-sensivel-calor-especifico-e-capacidade>>. Acesso em 23 de fev. 2016.

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

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

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

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

WATSON, D. J. **Comparative physiological studies on growth of fields crops. I Variation in net assimilation rate and leaf área between species and varieties, and within and between years.** Annals of Botany, London, 1947.

8.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

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

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

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

ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. IN: **Encac-elacac 2005** Maceió, Alagoas Brasil. Disponível em <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0225/Assis_2005_reflexoes_trajetoria.pdf>. Acesso em: 20 maio 2015.

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

DURANTE, L.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Efeitos do sombreamento arbóreo nas condições termo-higrométricas e lumínicas de ambientes internos e externos de edificações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 9, n. 9, p. 1980 - 1998, 2013.

FREITAS, A. F.; MELO, B. C. B.; CEVADA, C. M.; SANTOS, J. S. e ARAÚJO, L. E. de. Avaliação Microclimática em Dois Fragmentos Urbanos Situados no Campus I e IV da Universidade Federal da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 4, p. 777 - 792, 2013.

LIMA NETO, E. M., MELO E SOUZA, R. Comportamento e características das espécies arbóreas nas áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 7, n. 1, p. 01 - 10, 2011.

NINCE, P. C. do C.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimentos urbanos no *campus* da UFMT em Cuiabá-MT. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 13, n. 4, p.3299 – 3305, 2014.

OLIVEIRA, A. G. **Avaliação das Temperaturas Superficiais do Solo em relação à Conformação Urbana existentes na Praça do Aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande / MT**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

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

OLIVERA, S. M. S. **Avaliação do impacto do uso do fruto *Mangifera indica* L. (manga) no tratamento de crianças anêmicas fazendo uso do sulfato ferroso**. 127 f. Tese (Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba. Brasil, 2009.

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

ROCHA L. M. V.; SOUZA L. C. L.; CASTILHO F. J. V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161-175, 2011.

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

SATTLER, M. A.; Arborização urbana e conforto ambiental. In: **Congresso de arborização das cidades**, 1., 1992, Vitória. Anais...Vitoria, 1992. p. 15 - 28.

SILVA, D. A.; BATISTA, D. B.; BATISTA, A. C. Percepção da população quanto a arborização com *Mangifera indica* L. (mangueira) nas ruas de Belém-PA. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 10, n. 1, p. 1 - 18, 2015.

ANDRADE, V. R. O. **Antônio Lemos e as obras de melhoramentos urbanos em Belém: a Praça da República como estudo de caso**. 223 f. Dissertação (Mestrado em arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

ANEXO A

Questionário realizado em conjunto com as coletas de dados:

Cbá___/___/2015

Horário: ___h___

Cor da roupa: () Clara, () Média, () Escura.

Idade: ___anos

Sexo: () M, () F

Atividade: () Andando () Correndo

Exposição ao sol: () sim, () não.

Nasceu em Cuiabá? () sim () não. Quantos anos em Cuiabá? _____

Questão

A) Como você está se sentindo nesse momento:

(-2) muito frio (-1) frio (0) nem frio nem calor (1) calor (2) muito calor

B) Com relação às condições climáticas, você está se sentindo:

(2) confortável (1) pouco confortável (0) neutro (-1) pouco desconfortável
(-2) desconfortável

C) Em relação à temperatura do ar, você preferiria que estivesse:

(-1) mais baixa (0) como está (1) mais alta (NS) não sei

D) Em relação à umidade do ar, você preferiria que o ar estivesse:

(-1) mais seco (0) como está (1) mais úmido (NS) não sei

E) Em relação ao vento, você preferiria que estivesse:

(-1) mais fraco (0) como está (1) mais forte (NS) não sei

F) Em relação à radiação solar, você preferiria que estivesse:

(-1) mais branda (0) como está (1) mais intensa (NS) não sei