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

VEGETAÇÃO E REVESTIMENTOS URBANOS: IMPLICAÇÕES NA SENSAÇÃO TÉRMICA DOS USUÁRIOS DO CAMPUS DA UFMT EM CUIABÁ-MT

PAULO CELSO DO COUTO NINCE

Orientadora: **Prof.ª D.ra MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá, MT
Fevereiro/2013

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

VEGETAÇÃO E REVESTIMENTOS URBANOS: IMPLICAÇÕES NA SENSAÇÃO TÉRMICA DOS USUÁRIOS DO CAMPUS DA UFMT EM CUIABÁ-MT

PAULO CELSO DO COUTO NINCE

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

Orientadora: **Prof.ª D.ra MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá, MT
Fevereiro/2013

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

N714v Nince, Paulo Celso do Couto.
Vegetação e revestimentos urbanos: : implicações na sensação térmica dos usuários do campus da UFMT em Cuiabá-MT / Paulo Celso do Couto Nince. -- 2013
ix, 90 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Bioclimatologia. 2. PET. 3. UTCI. 4. UFMT. 5. Cuiabá. 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: **VEGETAÇÃO E REVESTIMENTOS URBANOS: IMPLICAÇÕES NA SENSAÇÃO TÉRMICA DOS USUÁRIOS DO *CAMPUS* DA UFMT EM CUIABÁ-MT**

AUTOR: **PAULO CELSO DO COUTO NINCE**

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2013, pela comissão julgadora:

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

Prof. Dr. Carlo Ralph De Musis
Examinador Interno
Universidade de Cuiabá – UNIC

Prof. Dr. Ivan Júlio Apolônio Callejas
Examinador Externo
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT

Profa. Dra. Luciane Cleonice Durante
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT

Profa. Dra. Ângela Santana de Oliveira
Examinadora Externa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Igreja Católica Apostólica Romana que luta há mais de 2000 anos para que todos os seres humanos vivam, temporariamente, a cidadania na Terra, com Fé, Alegria, aceitando os sofrimentos inevitáveis da existência, para gozarem as promessas do Céu, eternamente.

AGRADECIMENTOS

- A Prof.ª D.ra Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira por ter me dado a grande oportunidade de realizar esta pós-graduação e por me orientar com distinção impecável;
- Ao Prof. D.r José de Souza Nogueira pela dedicação e empenho em tornar esta pós-graduação em um modelo a ser seguido e pelo apoio fundamental a conclusão dos meus estudos;
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), por compartilharem, dedicadamente, seus conhecimentos;
- Ao Prof. D.r Carlo Ralph De Musis pela ciência que transmite com multidisciplinariedade, carinho e disponibilidade exemplares;
- Ao Prof. D.r Ivan Júlio Apolônio Callejas pelo apoio em todos os momentos do meu trabalho;
- A Prof.ª D.ra Luciane Cleonice Durante pela ajuda disponibilizada;
- A Prof.ª D.ra Angela Santana Oliveira pelos incentivos laborais da carreira docente;
- A Prof.ª D.ra Flávia Maria de Moura Santos pelo companheirismo da caminhada;
- Aos colegas amigos e companheiros de trabalho e pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), que contribuíram para a realização deste trabalho;
- E, finalmente a todas as pessoas, servidores Cesário e Soilce, terceirizados e instituições que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO VIII

ABSTRACT IX

1. INTRODUÇÃO 1

1.1 Problemática 1

1.2. Justificativa 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

2.1. Histórico do Conforto 5

2.2. Conforto Térmico 12

2.3. Termorregulação humana 16

2.4. Balanço de energia 18

2.5. Índice de conforto pet 21

2.6. Calibração do índice de conforto pet 22

2.7. Índice climático termal universal 23

2.8 Cobertura do solo, materiais urbanos e cobertura vegetal 25

2.9 A análise chaid 26

2.10 Descrição do Rayman 27

3. MATERIAIS E MÉTODOS 30

3.2.1. Período e local da pesquisa 31

3.2.2. Variáveis de avaliação das sensações térmicas 35

3.2.3 Cálculo da temperatura radiante média 36

3.2.4 Cálculo dos índices pet e utci 37

3.2.6 Análise estatística dos dados 39

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS 41

4.1 Dados micrometeorológicos de dez. 2011 a nov.2012 41

4.2 Temperaturas e umidades extremas e médias medidas nas duas estações 44

4.3 Tbs, UR dos quatros pontos e do aeroporto nas duas estações 45

4.3 Tbs, TG, UA, PET e UTCI dos quatros pontos nas duas medições 47

4.4 Respostas em percentuais das alternativas nos quatros pontos das duas medições 54

4.5. Determinação estatística em árvore de decisão das variáveis do conforto térmico 71

5. CONCLUSÃO 74

6. BIBLIOGRAFIAS 76

6.1 Bibliografias Citadas 76

6.2 Bibliografias Consultadas 81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Escala do voto médio estimado	15
Figura 2 -	Termorregulação comportamental	17
Figura 3 -	Tensões musculares aumentadas para gerar calor	18
Figura 4 -	Controle de temperatura pela sudorese	18
Figura 5 -	Balanço de calor do corpo humano	19
Figura 6 -	Fisiologia humana	20
Figura 7 -	Albedo de materiais e superfícies urbanas	26
Figura 8 -	Janela principal do programa RayMan Pro	29
Figura 9 -	Localização da região do estudo	30
Figura 10 -	Relevo do campus de Cuiabá UFMT	32
Figura 11 -	Pontos de medição no campus de Cuiabá UFMT	33
Figura 12 -	Locação dos 4 pontos na planta do campus de Cuiabá UFMT	34
Figura 13	Entornos: a) mangueira; b) grama; c) concreto; d) asfalto	34
Figura 14	Abrigo micrometeorológico ao hobo	35
Figura 15 -	Verificação sincrônica das medidas dos Hobos	36
Figura 16 -	Médias diárias das temperaturas do ar estação do aeroporto de dez.2011 a nov.2012	42
Figura 17 -	Médias diárias das umidades do ar estação do aeroporto de dez.2011 a nov.2012	43
Figura 18 -	Temperatura do ar média diária dos quatro pontos e do aeroporto nas duas medições	45
Figura 19 -	Umidade Relativa do ar média diária dos quatro pontos e do aeroporto nas duas medições	46
Figura 20 -	Comparação das Tbs dos 4 pontos das 1.ª e 2.ª medições	48
Figura 21 -	Comparação das TG dos 4 pontos das 1.ª e 2.ª medições	49
Figura 22 -	Comparação das UA dos 4 pontos das 1.ª e 2.ª medições	50
Figura 23 -	Comparação dos PET dos 4 pontos das 1.ª e 2.ª medições	51
Figura 24 -	Comparação dos UTCI dos 4 pontos das 1.ª e 2.ª medições	53
Figura 25 -	Resultados da pergunta 1 – Sentir frio ou calor/SFC, dos quatro pontos e realizado na segunda medição: quente úmida	55

Figura 26 -	Resultados da pergunta 1 – Sentir frio ou calor/SFC, dos quatro pontos e realizado na segunda medição: quente seca	56
Figura 27 -	Resultados da pergunta 2 – Estar confortável ou desconfortável/ECD, dos quatro pontos e realizado na segunda medição: quente úmida	57
Figura 28 -	Resultados da pergunta 2 – Estar confortável ou desconfortável/ECD, dos quatro pontos e realizado na segunda medição: quente seca	58
Figura 29 -	Respostas da pergunta 3 – Preferir frio ou calor/PFC nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida	59
Figura 30	Respostas da pergunta 3 – Preferir frio ou calor/PFC nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente seca	60
Figura 31	Respostas da pergunta 4 – Estar tolerável ou intolerável/ETI nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida	61
Figura 32	Respostas da pergunta 4 – Estar tolerável ou intolerável/ETI nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente seca	62
Figura 33	Respostas da pergunta 5 – Temperatura Baixa ou Alta /TBA nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida	63
Figura 34	Respostas da pergunta 5 – Temperatura Baixa ou Alta /TBA nos quatro pontos e realizado na primeira medição: quente seca	64
Figura 35	Respostas da pergunta 6 – Ar Seco ou Úmido/USU nos quatro pontos e realizado na primeira medição: quente úmida	65
Figura 36	Respostas da pergunta 6 – Ar Seco ou Úmido/USU nos quatro pontos e realizado na primeira medição: quente seca	66
Figura 37	Respostas da pergunta 7 – Vento fraco ou forte/VFF nos quatro pontos e realizado na primeira medição: quente-úmida	67

Figura 38	Respostas da pergunta 7 – Vento fraco ou forte/VFF nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente seca	68
Figura 39	Respostas da pergunta 8 – Radiação branda ou intensa/RBI nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente úmida	69
Figura 40	Respostas da pergunta 8 – Radiação branda ou intensa/RBI nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente-seca	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Percepção Térmica e stress fisiológico	22
Tabela 2 -	Comparação dos índices PET(°C) de Monteiro, Matzarakis e Hirashima	23
Tabela 3 -	Faixas de estresse térmico UTCI	24
Tabela 4 -	Discriminação das alternativas das 8 questões	39
Tabela 5 -	Temperatura do ar máxima, média e mínima obtidas na estação do aeroporto dez.2011 a nov.2012	42
Tabela 6 -	Dados de Umidade Relativa (%) coletadas na estação aeroporto no período de dez.2011 a nov.2012.	42
Tabela 7 -	Vento (m/s) dados da estação do aeroporto	43
Tabela 8 -	Estatística descritiva dos dados da estação quente úmida, 14 fev. a 27 mar. 2012, nos quatro pontos da pesquisa	44
Tabela 9 -	Estatística descritiva dos dados da estação quente seca, 28 jul. a 08 set. 2012, nos quatro pontos da pesquisa	44
Tabela 10 -	Tbs (°C) e UR (%) extremos e médios das médias diárias de, 14 de fev. a 27 mar. 2012, no aeroporto e nos quatro pontos da pesquisa	45
Tabela 11 -	Tbs (°C) e UR (%) extremos e médios das médias diárias de, 28 de jul. a 08 set. 2012, no aeroporto e nos quatro pontos da pesquisa	47
Tabela 12 -	PET (°C), UTCI (°C) mínimo, médio e máximo nos quatro pontos da pesquisa nas duas medições	54
Tabela 13	Resultados das entrevistas referentes à variavel SFC (Sentir frio ou calor) na primeira medição: quente úmida	55
Tabela 14	Resultados das entrevistas referentes à variavel SFC (Sentir frio ou calor) na primeira medição: quente seca	56
Tabela 15	Resultados das entrevistas referente a variavel ECD (Estar confortável ou desconfortável) na primeira medição: quente úmida	57

Tabela 16	Resultados das entrevistas referente a variavel ECD (Estar confortável ou desconfortável) na primeira medição: quente seca	58
Tabela 17	Resultados das entrevistas referente a variavel PFC (Preferir frio ou calor) na primeira medição: quente-umido	59
Tabela 18	Resultados das entrevistas referente a variavel PFC (Preferir frio ou calor) na primeira medição: quente seca	60
Tabela 19	Resultados das entrevistas referente a variavel ETI (Estar tolerável ou intolerável) na primeira medição: quente-úmida	61
Tabela 20	Resultados das entrevistas referente a variavel ETI (Estar tolerável ou intolerável) na primeira medição: quente seca	62
Tabela 21	Resultados das entrevistas referente a variavel TBA (Temperatura baixa ou alta) na primeira medição: quente úmida	63
Tabela 22	Resultados das entrevistas referente a variavel TBA (Temperatura baixa ou alta) na primeira medição: quente seca	64
Tabela 23	Resultados das entrevistas referente a variavel USU (Ar seco ou úmido) na primeira medição: quente úmida	65
Tabela 24	Resultados das entrevistas referente a variavel USU (Ar seco ou úmido) na primeira medição: quente seca	66
Tabela 25	Resultados das entrevistas referente a variavel VFF (Vento fraco ou forte) na primeira medição: quente úmida	67
Tabela 26	Resultados das entrevistas referente a variavel VFF (Vento fraco ou forte) na primeira medição: quente seca	68
Tabela 27	Resultados das entrevistas referente a variavel RBI (Radiação branda ou intensa) na segunda medição: quente úmida	69
Tabela 28	Resultados das entrevistas referente a variavel RBI (Radiação branda ou intensa) na segunda medição: quente-seca	70

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AnosCbá	Anos em Cuiabá
C	Fluxo de calor convectivo
CHAID	Detecção de interação automática qui-quadrada
clo	Resistência da vestimenta
DP	Desvio Padrão
ECD	Estar Confortável ou Desconfortável
E_D	Fluxo de calor latente difundido através da pele
E_{Re}	Soma dos fluxos para aquecimento e umidificação do ar inspirado
E_{Sw}	Fluxo de calor devido à evaporação do suor
ETI	Estar Tolerável ou Intolerável
i.é	Isto é
kPa, hPa	Pressão de vapor de água em quilo pascal e hecto pascal
ℓ	Litro, unidade de volume
M	Taxa metabólica do corpo
met	Produção de calor por unidade de área da pele
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
OMS	Organização Mundial de Saúde
OUT_SET	Temperatura Efetiva Padrão Externa
PET	Temperatura Equivalente Fisiológica
PFC	Preferir Frio ou Calor
PMV	Índice Voto Médio Previsto
PT	Temperatura Percebida
R	Radiação líquida do corpo
RBI	Radiação Branda ou Intensa
S	Fluxo de calor armazenado para aquecimento ou resfriamento a massa corporal
SET	Temperatura Efetiva Padrão
SFC	Sentir Frio ou Calor
TBA	Temperatura Baixa ou Alta
Tbs	Temperatura de bulbo seco igual a temperatura do ar

$Tbs_{máx}$	Temperatura de bulbo seco máxima
$Tbs_{mín}$	Temperatura de bulbo seco mínima
T_{rm}	Temperatura radiante média
UA	Umidade absoluta
UR	Umidade relativa
USU	Ar Seco ou Úmido
UTCI	Índice Climático Termal Universal
v_{ar} m/s	Velocidade do ar em m/s
VFF	Vento Fraco ou Forte
W	Energia utilizada pelo corpo para realizar trabalho físico e unidade de potência

RESUMO

NINCE, P. C. C. ***Vegetação e revestimentos urbanos: implicações na sensação térmica de usuários do campus da UFMT em CUIABÁ-MT.*** Cuiabá/MT, 2013. 90f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

As sensações térmicas dos usuários, dentro de padrões aceitáveis, contribuem ao uso das áreas verdes em ambientes urbanos, para fins de circulação e lazer. Esta tese teve o objetivo geral de avaliar estas sensações térmicas dos usuários do campus UFMT/Cuiabá, em diferentes tipos de revestimento do solo e próximo à vegetação arbórea. Medidas de micrometeorologia e entrevistas com pedestres foram feitas em quatro pontos do campus durante 43 dias contínuos em duas estações: quente úmida (com 182 entrevistados) e outra quente seca (com 210 entrevistados) em 2012. Durante o dia, à sombra da mangueira (*Mangifera indica*) constataram-se as menores temperaturas de bulbo seco (Tbs) médias comparadas com as Tbs dos outros pontos. A percepção térmica neutra ou confortável, avaliada com Temperatura Equivalente Fisiológica (PET), aconteceu somente no período noturno. Durante o dia, sob a sombra da mangueira, registraram-se os menores PET. Somente a grama (*Paspalum notatun*), na estação quente seca, das 2h às 6h, estava na faixa de 9°C a 18°C do Indice Climático Termal Universal (UTCI) correspondendo a categoria de sem estresse térmico. O revestimento grama liderou as sensações de conforto podendo tornar-se um indicador para espaços mais gramados do que o uso de outros revestimentos impermeabilizantes. Houve preferência por ventos mais forte, na estação quente úmida, apesar de nela ter ocorrido vento de maior intensidade que na quente seca. As árvores de decisão indicaram preferência na estação quente úmida a variável local nos dois índices PET e UTCI, destacando a mangueira num grupo e a grama, concreto e asfalto num outro, quanto à estação quente seca indicaram a variável vento como a principal, ficando o local a nível secundário. O percentual de confortável e tolerável para o local da pesquisa foi muito grande, indicando uma forte adaptação dos usuários ao clima de Cuiabá.

Palavras-chave: Bioclimatologia; *campus* UFMT-Cuiabá; índices PET e UTCI.

ABSTRACT

NINCE, P. C. C. ***Vegetation and urban coatings: implications for the thermal sensation of users on campus UFMT CUIABÁ-MT.*** Cuiabá/MT, 2013. 90f. Thesis (Ph.D.) - Graduate Program in Environmental Physics, Federal University of Mato Grosso.

The thermal sensations of users within acceptable standards, contribute to the use of green areas in urban environments, for purposes of movement and leisure. This thesis aims to evaluate these general thermal sensations of users in UFMT / Cuiabá campus in different types of floor covering and near woody vegetation. Micrometeorology measures and interviews with pedestrians were made at four points on campus for 43 consecutive days in two different seasons: hot humid (with 182 respondents) and hot dry (with 210 respondents) in 2012. During the day, the shade of the mango tree (Mangifera indica) is found under the wet bulb temperature (Tbs) Tbs average compared with the other points. The perception of thermal neutral or comfortable sensations evaluated by the Physiological Equivalent Temperature (PET), happened only at night. During the day under the shade of the mango tree, there were minors PET. Only the grass (Paspalum notatun), dry in the hot season, from 2 a.m. to 6 a.m., was in the range of 9 ° C to 18 ° C the Universal Thermal Climate Index (UTCI) corresponding to the category without heat stress. The coating gram led sensation of comfort and may become an indicator for the use of lawns more than the use of other waterproof coatings. There was a preference for stronger winds, wet in the hot season, although more wind intensity occurred in hot dry. Decision trees indicate a preference in hot humid season the local variable in both PET and UTCI indices, highlighting the mango tree in a group and grass, concrete and asphalt in another, as the hot dry season indicated the wind as the main variable, taking the site to a secondary level. The percentage of comfortable and tolerable for the researched site was very large, indicating a strong climate adaptation from users of Cuiabá.

Keywords: Bioclimatology; campus UFMT-Cuiabá; indexes PET and UTCI.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

O rápido crescimento urbano verificado no Brasil a partir da metade do século XX fez com que a ocupação das cidades ocorresse de acordo com interesses pessoais ou de grupos sem o devido planejamento para adequar-se à nova condição. Este crescimento demográfico, ocorrido especialmente nas cidades de médio e grande porte, desencadeou uma série de problemas ao ambiente, ocasionado pelo resultado do aumento sem medida da malha urbana, da verticalização, do uso intensivo do solo nas áreas centrais, da excessiva impermeabilização, da substituição de áreas verdes por áreas construídas, da proliferação de assentamentos que desconsideram as restrições do sítio físico, entre outros.

Tudo isto fez das cidades modelos urbanos com baixa qualidade ambiental sem considerar os princípios da bioclimatologia que trata da relação entre clima e os seres vivos. Estas cidades médias e grandes estão longe de garantir o direito das cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura, ao transporte, aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as gerações presentes e futuras.

O processo de urbanização pode acarretar modificações na atmosfera urbana causando impactos tais como ilhas de calor, poluição do ar, variações no regime de precipitações, maior geração de calor, inversões térmicas, desconforto térmico, aumento no consumo de energia, modificações na ventilação e na umidade, além de possivelmente comprometer o equilíbrio térmico em uma escala maior. Por essas razões, o balanço de energia – relações de transferência de calor entre a atmosfera e a superfície – é diferenciado entre as áreas urbanas e as áreas rurais circunvizinhas.

Estas alterações afetam os elementos do clima, em especial a temperatura, a radiação a umidade e o movimento do ar que atuam sobre a percepção térmica do homem. No estabelecimento de seu equilíbrio térmico com o meio, ocorrem diversos

processos de trocas térmicas, quais sejam, troca por radiação, troca por condução, troca por convecção e troca por evaporação, de forma a manter a temperatura interna do corpo em torno de 37°C.

Também o micro clima do campus da UFMT/Cuiabá foi afetado por alterações internas e externas, alterando a percepção térmica de seus usuários. As internas, pelas construções de novos blocos como pelas ampliações dos blocos já existentes, implicando numa diminuição da sua área verde e aumento da sua área impermeável. Como Cuiabá também sediará a Copa do Mundo de 2014, ela e a cidade de Várzea Grande estão passando por transformações para melhorar a mobilidade urbana nos dois municípios. A Universidade Federal de Mato Grosso receberá o Centro de Treinamento Oficial (CTO) da copa. E as externas, i.é, seu entorno, pelo viaduto em construção, na Avenida Fernando Correa por onde passará Veículo Leve sobre Trilho (VLT). O bairro Jardim das Américas, situado a noroeste do campus, está em grande expansão vertical que poderá alterar o fluxo natural dos ventos.

É importante conhecer os processos de troca térmica a fim de constatar quais as variáveis do meio que serão consideradas, e proceder ao controle possível dos mesmos. Também é importante conhecer como as variáveis do meio (temperatura, radiação, umidade e movimento do ar) atuam sobre a percepção térmica do homem. Para se fazer um estudo quantitativo da influência no homem das condições térmicas de um ambiente é preciso medir as variáveis do ambiente, medir a reação humana à ação destas variáveis e expressar a relação entre causa e efeito com o emprego de um único valor numérico, quando possível.

Diante da busca de conhecimento da relação das sensações térmicas do homem com o seu meio ambiente que sofre as alterações antropogênicas, surge um problema que norteará este estudo. Como a vegetação arbórea mangueira (*Mangifera indica*), revestimentos urbanos: grama (*Paspalum notatun*), concreto e asfalto implicam na sensação térmica de usuários do campus da UFMT em Cuiabá-MT?

1.2. JUSTIFICATIVA

O crescimento que a maioria das cidades brasileiras apresentou nas últimas décadas e as ocupações do solo muitas vezes não resultaram numa integração da área

construída com a vegetada, sejam estas naturais ou mesmo artificiais. A falta da integração poderá provocar diminuição da qualidade de vida nas cidades.

A consideração do clima pode ajudar a prevenir, através do planejamento e projeto urbano, os prejuízos materiais e sociais decorrentes de tempestades e enchentes que representam condições de curto período. Entretanto, as políticas contemporâneas, que consideram a economia de energia como estratégias importantes para diminuir a velocidade da mudança climática em escala mundial se restringem ainda à escala dos edifícios, em quase todos os países que as adotam.

Várias são as razões para se avaliar o conforto térmico de usuários de espaços externos urbanos, elencam-se algumas:

a) com mais de metade da população mundial vivendo nas cidades (Population Reference Bureau, 2009), as áreas centrais estão particularmente mais vulneráveis às condições climáticas extremas no contexto global da mudança climática;
b) as áreas urbanas abrigam atualmente a maior parte das atividades das pessoas, tais como econômico-financeiras, sociais, culturais e religiosas, concentrando grande número de pessoas, demandando um grande consumo de energia, água e produtos necessários à vida, mas que causam impactos no clima destas áreas;
c) os estudos de climatologia usados no planejamento das cidades nos trópicos ainda são muito limitados, se comparados à produção em latitudes médias por conta de uma rede meteorológica pouco densa nesta região, além da deficiência de equipamentos apropriados à pesquisa na escala do urbano, que requer uma instrumentação cada vez mais sofisticada e cara;
d) como a maioria dos países adota os estudos bioclimáticos numa escala de edifícios, ainda há muito poucas iniciativas no sentido de compreender o impacto da forma urbana na demanda de energia pelos edifícios, para a construção, para o transporte e outras funções urbanas e
e) como o campus da UFMT é muito procurado por pessoas para praticarem exercícios físicos e usado para a locomoção de todos os seus usuários, mister se faz seu estudo quando ao clima.

Estas razões determinaram a elaboração do problema do item anterior cuja hipótese é a seguinte: o sombreamento arbóreo atenuam as variáveis indicadoras da percepção dos usuários, porém não desqualificaram as suas sensações térmicas, uma vez que os mesmos já se adaptaram ao clima local.

Neste sentido, esta pesquisa dentro da linha de pesquisa análise microclimática dos sistemas urbanos tem como objetivo geral avaliar a sensação térmica dos usuários do campus UFMT/Cuiabá em diferentes tipos de revestimento do solo e próximo a vegetação arbórea a partir das suas percepções e preferências térmicas e variáveis microclimáticas pertinentes medidas em duas estação, quente úmida e quente seca. Assim sendo, poderá contribuir com a administração superior do campus da UFMT nas decisões quanto a qualidade e melhoria do clima local.

Os objetivos específicos são os seguintes:

a) descrever, durante 12 meses do ano que contenham os dois períodos de medição desta pesquisa, as variáveis temperatura, umidade e velocidade do ar fornecidas pela estação meteorológica do Aeroporto Internacional Marechal Rondon;
b) destacar temperaturas e umidades extremas e médias medidas nas duas estações;
c) apresentar as temperaturas de bulbo seco (Tbs), umidades relativas (UR) dos quatros pontos e do aeroporto nas duas estações;
d) analisar as Tbs, temperaturas de globo (TG), umidades absolutas (UA), temperaturas equivalentes fisiológicas (PET) e índices climáticos termais universais (UTCI) dos quatros pontos escolhidos nesta pesquisa nas duas estações;
e) analisar as respostas dos questionários em percentuais das alternativas nos quatros pontos das duas estações e
f) determinar e analisar as árvores de decisão das variáveis do conforto térmico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. HISTÓRICO DOS ESTUDOS DE CONFORTO TÉRMICO

Assis (2005) faz uma retrospectiva do estudo do clima urbano, cuja paráfrase é a seguinte: o trabalho de Luke Howard sobre o clima da cidade de Londres, publicado pela primeira vez em 1818, foi o início dos estudos científicos sobre o clima urbano no século XIX, na Europa. Ele observou que as temperaturas do ar são frequentemente mais altas na área da cidade que no seu entorno rural, originando aqui a ideia de ilha de calor urbano.

Estudos semelhantes se multiplicaram na segunda metade do século XIX na França e na Alemanha, em virtude da expansão das redes de observação meteorológica. Assim, em 1855, Emilien Renou publicou um trabalho expressivo sobre a alteração climática em Paris, analisando, além do problema da temperatura, a questão da ventilação na cidade (LANDSBERG, 1981 apud ASSIS, 2005).

Discutiu-se muito a utilização de dados de micrometeorologia, especialmente na Alemanha e na Áustria, durante os anos 1930 por causa das pequenas escalas de espaço e de tempo.

Os transectos móveis foram introduzidos por Schmidt em 1927 (OKE, 1984b apud ASSIS, 2005). Por ocasião da 2.ª Grande Guerra, a América do Norte e o Japão já estavam envolvidos em trabalhos semelhantes. O pós-guerra veio com interesse renovado sobre o assunto e muitos trabalhos foram desenvolvidos nestes países, concentrando-se na distribuição horizontal de vários elementos climáticos, sendo a temperatura a variável dominante.

Havia também um enfoque na relação da temperatura com o uso do solo urbano; nas relações estatísticas entre as diferenças urbano-rurais e as condições predominantes de tempo; na exploração do efeito do tamanho da cidade em tais diferenças e na investigação da extensão vertical da influência urbana. Muitos destes

trabalhos foram feitos por meteorologistas, mas havia uma crescente expansão da participação de geógrafos climatologistas.

No final dos anos 1960 e início dos 1970, ocorreu um forte e súbito aumento do interesse e do número de trabalhos sobre a atmosfera urbana, originados provavelmente da maior consciência do papel do ser humano na mudança ambiental, especialmente sobre a poluição do ar (OKE, 1984b apud ASSIS, 2005).

Houve uma grande ênfase no estudo dos processos atmosféricos e na construção de modelos, a partir da contribuição dos meteorologistas. Paralelamente, desenvolvia-se uma nova climatologia física no exterior, onde os conceitos de balanço energético e hidrológico tornaram-se temas centrais. Nas duas últimas décadas do século XX, os trabalhos consolidaram métodos e técnicas de pesquisa e monitoramento do clima urbano. Focalizando os processos e estados atmosféricos sobre a cidade como base para a modelização física e numérica. Nesse período, tem início também um grande interesse pelos estudos em áreas tropicais. (OKE, 1984a; TAESLER, 1986 apud ASSIS, 2005).

A Organização Mundial de Meteorologia/ OMM *(World Meteorological Organization/ WMO)*, lançou, em 1993, o Experimento em Clima Tropical Urbano (*Tropical Urban Climate Experiment/ TRUCE*) mas, por restrições orçamentárias da Organização, o programa ficou limitado à investigação de questões específicas por grupos indicados de especialistas (WMO, 1998 apud ASSIS, 2005).

Assim, enquanto a pesquisa nos países desenvolvidos vem se aprofundando na modelização física e numérica, a maior parte dos estudos em áreas tropicais ainda focaliza principalmente a abordagem descritiva das ilhas de calor e da qualidade do ar, com pouca atenção à abordagem de balanço energético, modelamento e desenvolvimento de aplicações para o planejamento urbano.

Jáuregui (2000) apud Assis (2005) recomendou o desenvolvimento prioritário de pesquisas em áreas urbanas tropicais sobre os seguintes tópicos:

a) efeitos da vegetação urbana na troca radiativa e no processo de resfriamento evaporativo;

b) comportamento hidrológico das cidades tropicais diante de episódios climáticos severos;

c) atividade de incidência de raios e seus impactos sobre a segurança das populações, devido à predominância de chuvas convectivas nessas regiões;

d) processos físicos do clima urbano tropical, pois muitas condições de fronteira são diferentes daquelas dos climas urbanos em áreas temperadas.

Examinando a produção brasileira, que tem boa parte dos estudos sobre o clima urbano, especialmente os realizados por geógrafos, partindo da contribuição teórica de Monteiro (1976), que aborda o clima urbano como sistema a partir dos canais da percepção humana (conforto térmico, qualidade do ar e impacto meteórico).

Dez anos depois da publicação de Teoria e Clima Urbano, o autor, ao analisar criticamente a produção brasileira naquele período, já chamava a atenção para a necessidade de diversificação dos estudos urbanos nos vários sistemas climáticos do país, bem como do desenvolvimento de modelagem para a simulação, tomando por base as situações observadas (MONTEIRO, 1986).

Por outro lado, se a modelagem do clima urbano tem avançado, principalmente no que diz respeito à abordagem termodinâmica, através do conceito de balanço de energia, praticamente não há estudos lidando com a relação entre a(s) matriz(es) energética(s) da cidade, o estilo de vida e atividades dos habitantes, e os impactos sobre o clima local.

Segundo Page (1980) apud Assis (2005) observou que, embora no passado as edificações e, mesmo, os assentamentos humanos, tivessem uma concepção muito mais relacionada com o clima do lugar, atualmente o desenvolvimento urbano pouco considera o clima como um recurso renovável e um risco periódico. Enquanto recurso, o clima pode contribuir para uma maior utilização de fontes renováveis de energia no espaço urbano, tais como a solar e a eólica, bem como para a recarga dos aquíferos que abastecem a cidade.

Os recursos climáticos locais também podem ser mobilizados para a adequação ambiental dos edifícios, tornando-os menos dependentes de energia operante, através do controle da acessibilidade ao sol e aos ventos, e das trocas térmicas através das suas envoltórias. Diante deste quadro que descreve o problema do clima urbano mundial até o local, Cuiabá, é um imperativo continuar estudando a inclusão de espaços livres sustentáveis circundantes aos edifícios, na revitalização de

espaços abertos e na preservação de reservas naturais importantes para a manutenção do equilíbrio ambiental.

Maitelli (1994) foi quem primeiro apresentou um trabalho lidando com a perspectiva do balanço de energia em área urbana em Cuiabá/MT, investigando os efeitos da urbanização na temperatura e umidade do ar na cidade, sendo este um dos poucos estudos em área continental do país. As medidas do balanço de energia no centro urbano mostraram altas taxas de calor armazenado, sendo que os comportamentos das variáveis do balanço puderam explicar aspectos da ilha de calor e do regime de umidade na cidade. Duarte (2002) verificou o grau de correlação entre variáveis mais ligadas à legislação urbana, tais como a taxa de ocupação, o coeficiente de aproveitamento, a presença de água e de vegetação, com a temperatura do ar na cidade de Cuiabá, MT.

No Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, tem-se realizado pesquisas referentes ao conforto ambiental em ambientes internos e externos para cidade de Cuiabá.

Almeida Júnior (2005) realizou a avaliação do clima urbano em zonas arborizadas e não arborizadas no bairro central de Cuiabá-MT. Os resultados evidenciaram o que era esperado, isto é, que as condições climáticas locais estão intimamente relacionadas com o uso do solo e, principalmente, com a carência de indivíduos arbóreos nas áreas urbanizadas.

Leão (2007) realizou um estudo empregando a carta bioclimática de Cuiabá nas estratégias do condicionamento térmico das edificações. Neste artigo ficou constatado que a falta de ventilação na região é um dos fatores agravantes da falta de conforto. Por isso, os autores recomendam cuidados com as taxas de adensamento e zonas de expansão, como uma forma de evitar que as barreiras físicas sejam criadas na direção dominante do vento.

Oliveira (2008) realizou uma análise da relação das temperaturas superficiais e os revestimentos do solo na praça do aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande-MT. Os resultados mostraram que houve uma relação direta entre as maiores áreas pavimentada e as maiores médias de temperaturas superficiais, e o ponto com presença de vegetação de grande porte apresentou a menor média diária de temperatura superficial, em função da interceptação da radiação solar pelas árvores.

Cox (2008) realizou uma análise comparativa das habitações populares em termos de desempenho térmico e sistemas construtivos. Essa análise mostrou que o clima não vem sendo considerado como fator primordial ao se projetar as edificações. As casas não são edificadas em concordância com o posicionamento do sol e a arborização não vem sendo utilizada adequadamente.

Barros (2009) realizou um estudo microclimático no Parque Mãe Bonifácia em Cuiabá-MT. Este estudo confirmou a evidência de que existe uma relação direta do campo térmico com os padrões de ocupação do solo e topografia no ambiente do Parque, além de validar os processos de coleta de dados móveis com a geoestatística.

Nince (2009) realizou uma avaliação de estratégias passivas da bioclimatologia em uma escola na cidade de Cuiabá-MT. As temperaturas dos ambientes internos estiveram superiores aos externos, demonstrando que as salas não oferecem conforto diante do clima local.

Rosseti (2009) avaliou a interferência da cobertura vegetada no microclima de dois protótipos localizados no campus da UFMT. A avaliação das interferências provocadas pela implantação da cobertura verde extensiva sobre uma telha de fibrocimento, na cidade de Cuiabá, mostrou-se resultados que possibilitaram sua caracterização como estratégia passiva adequada para o condicionamento térmico de edifícios localizados na cidade.

Franco (2010) realizou um estudo dentro do contexto urbano da cidade de Cuiabá-MT, mais precisamente no Bairro do Porto, As maiores temperaturas e as menores umidades relativas tendem a ser encontradas nas regiões de maior taxa de área construída, atividade comercial e grande fluxo de veículos automotores. A conformação urbana e os processos de desenvolvimento das cidades não dependem apenas do modo e distribuição da malha urbana, mas sim do uso e ocupação do solo, da distribuição das áreas verdes e principalmente do funcionamento da vida citadina, como foi observado no estudo realizado na cidade de Cuiabá, no bairro do Porto.

Oliveira (2011) avaliou as variáveis que contribuem no microclima das praças Popular e 8 de Abril e como isso influencia o uso pelas pessoas; e estudar as relações entre os fatores que participam deste processo, principalmente por intermédio da vegetação. Concluiu-se que, é importante adicionar esforços para qualificar o ambiente de praças públicas por meio de um melhor planejamento e apropriada

metodologia na escolha de espécies arbóreas a serem adotadas. A vegetação necessita ser percebida como um elemento natural capaz de cumprir múltiplas funções no meio urbano, ultrapassando os limites de sua estética.

Para Durante (2012) a avaliação dos efeitos do sombreamento arbóreo no desempenho termo energético de salas de aula foi o objetivo da sua pesquisa, cuja amostra compôs-se de três escolas, de idênticos partidos arquitetônicos, implantadas em distintas orientações solares e sítios urbanos. Constatou-se que ocorreram melhorias das condições térmicas internas das salas com sombreamento arbóreo, que diminuiu em até 2°C a temperatura interna dos ambientes. Os resultados evidenciaram a contribuição do sombreamento arbóreo como mitigador do microclima externo, demonstrando a importância da arborização no desempenho termo energético dos ambientes, em cidades de clima quente.

Barros (2012) avaliou a extensão da influência das áreas verdes e sua fragmentação, quantificada pela dimensão fractal, sobre o ambiente térmico de um lugar, o presente estudo foi conduzido em cinco bairros da região sudeste da cidade de Cuiabá, MT, Brasil, espaços heterogêneos com grandes contradições sociais, onde a urbanização foi mais intensa no período de 1980 a 2010. Os resultados das análises confirmaram a influência dos fragmentos de vegetação arbórea sobre a temperatura do ar dos ambientes analisados, fornecendo também o raio dessa influência, que variou entre 200m e 500m em função do horário e da estação, seca ou chuvosa. Verificou-se que a fragmentação das áreas verdes, descrita com muita propriedade pela dimensão fractal, atuou de forma mais decisiva nos ambientes térmicos com baixos percentuais de área vegetada, sendo que nesses casos uma vegetação menos fragmentada resultou em menores temperaturas do ar. Estes resultados podem fornecer subsídios para a elaboração e implantação de projetos urbanos que visem à melhoria do conforto ambiental para toda a população das cidades.

Callejas (2012) avaliou espacial e temporalmente o microclima de três sítios urbanos localizados em posições distintas da cidade sob a óptica do balanço de energia, visto que esta abordagem ainda é de pouca utilização no meio urbano no Brasil. Além de quantificar os fluxos verticais turbulentos de calor sensível e umidade em cada tipo de microclima estudado, o balanço de energia no meio urbano complementarmente permite avaliar quantidade de energia armazenada dentro dossel

urbano, a evapotranspiração do entorno dos sítios, as taxas de destinação da energia disponível no meio, a razão entre os fluxos de calor sensível e latente. Através delas foi possível estabelecer correlações entre as variáveis do balanço de energia com as características morfológicas de cada sítio urbano estudado, o que permitiu definir novas diretrizes para o uso e ocupação do solo no plano diretor da cidade, bem como sugerir a implantação medidas mitigadoras para o clima da cidade.

Santos (2012) analisou a influência da ocupação do solo no microclima em Cuiabá-MT-Brasil por meio das diferenças de temperatura e umidade do ar intraurbana do município. Para tanto, foi usada a metodologia de transectos móveis noturnos nas quatros estações do ano, O adensamento urbano e a supressão de vegetação são fatores determinantes na modificação do comportamento termo-higrométrico, sendo evidente a influência do fluxo de veículos automotores nos ganhos de calor no meio, enquanto que áreas sob influência de grandes massas de vegetação, apresentaram características próprias, com microclimas diferentes das outras áreas da cidade. Este estudo contribui para diagnosticar eventuais mudanças no clima urbano devido ao processo de crescimento de Cuiabá, que precisam ser considerados pelos planejadores e gestores para que sejam tomadas medidas que contribuam com a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população.

Alguns estudos microclimáticos foram realizados no campus da UFMT Cuiabá como estes a seguir.

Campos Neto (2007) fez uma análise microclimática no campus da UFMT desenvolvido na estação seca e úmida nos períodos matutino e noturno, concluindo-se que pontos com presença de áreas verdes e superfícies de água, retém a umidade relativa do ar nos microclimas e por isso ameniza o calor, chegando a obter uma amplitude térmica de 2,6ºC para o período matutino e 3,8°C no período noturno ambas encontradas na estação úmida, já que a estação seca caracterizou-se por ser atípica. Com essas comprovações realizou-se uma análise de Cluster para desenvolver um dendrograma que mostrou uma grande similaridade entre o comportamento térmico dos pontos com área verde em seu entorno, mesmo sendo compostos por espécies variadas como gramas e espécies lenhosas. Constituindo-se informações importantes para planejamento urbano nas cidades e no projeto de crescimento do campus da UFMT.

Alves (2010) caracterizou espacialmente a temperatura e a umidade relativa do ar na UFMT, campus de Cuiabá em 2010, utilizando a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar e coordenadas geográficas, em dois transectos, buscando contemplar os diferentes tipos de uso e ocupação do solo. Em dois períodos, em abril (final do período chuvoso) e em setembro (período seco), em três horários: 8h, 14h e 20h. A caracterização microclimática realizada, no período chuvoso, permitiu verificar que a maior amplitude da temperatura foi 3,3°C e da umidade relativa do ar foi de 13% verificada às 14h no dia 21 abr. 2010. As áreas que apresentaram maior temperatura estão próximas ao Restaurante Universitário (RU) e ao campo de futebol, com média de 38,9°C, devido à falta de arborização local. No período seco, a maior amplitude da temperatura do ar foi de 3,6ºC que ocorreu às 14h, no dia 12 set. 2010, neste dia, boa parte do campus apresentou temperatura de 42,6ºC e umidade na faixa de 16,4%. A maior amplitude da umidade relativa foi verificada às 8h e às 20h, nos dias 13 e 16, respectivamente. Dos pontos notou-se que o ponto pavimento asfáltico apresentou a maior média de temperatura e a menor média de umidade relativa, tornando-o um local quente e seco.

Maciel (2011) realizou a análise entre o comportamento da temperatura e umidade do ar com características físicas de uma área urbana da cidade de Cuiabá. Com base nos resultados apresentados, observou-se uma tendência aos pontos localizados na área verde ou com proximidade a esta de apresentarem valores de temperaturas mais baixos e valores de umidade relativa do ar mais altos, corroborando estudos consagrados da área de climatologia urbana. Espera-se que com os resultados desta pesquisa, o estudo do conforto ambiental para o estado do Mato Grosso e da região Centro-Oeste seja enriquecido, atentando para a importância de áreas verdes ou sombreadas como agentes amenizadores do rigor climático imposto pelo clima das cidades de porte médio, como é o caso de Cuiabá.

2.2. CONFORTO TÉRMICO

O estudo do conforto térmico surgiu com a necessidade de condicionamento de ambientes fechados para um melhor rendimento das atividades humanas, especialmente no trabalho. Mais recentemente, a busca de estratégias bioclimáticas para a melhoria da eficiência energética das edificações e a preocupação com a

qualidade dos espaços livres públicos vieram a desencadear maior interesse no conforto térmico em espaços abertos.

A ASHRAE (2004) define Conforto Térmico como a condição da mente de um indivíduo que expressa satisfação como o meio ambiente termal onde se encontra. Como há grandes variações fisiologicamente e psicologicamente de pessoas para pessoas, é difícil satisfazer a todos num mesmo espaço. As condições ambientais exigidas para o conforto térmico não são as mesmas para cada pessoa. Mesmo que uma quantidade grande de dados de campo e laboratorial tenha sido coletada como provedores dos dados estatísticos necessários para definir as condições que uma porcentagem especifica de ocupantes encontrem a faixa termicamente confortável.

A mesma norma considera o coeficiente metabólico, isolamento das vestimentas, temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade são os seis fatores primários que devem ser levados em consideração para definir as condições de conforto termal e outros secundários que afetam o conforto nas mesmas circunstâncias. A consciência aparenta decidir sobre conforto e desconforto térmico com base nas sensações diretas de temperatura e de umidade pela pele, nas temperaturas sentidas no interior do corpo, e nos esforços necessários para regular a temperatura do corpo. Em geral, o conforto ocorre quando as temperaturas do corpo forem mantidas em faixas estreitas, a umidade da pele for baixa, e o esforço fisiológico de regulação for minimizado.

Do ponto de vista fisiológico, o conforto térmico ocorre quando houver um equilíbrio térmico na ausência de suor regulatório durante a troca de calor entre o corpo de um indivíduo e o ambiente onde se encontra. Em termos de sensações corporais, o conforto térmico está relacionado às sensações de muito quente, quente, morno, neutro, fresco, frio e muito frio. O conforto também depende de ações comportamentais que são iniciadas inconscientemente ou conscientemente e guiadas pelas sensações térmicas e de umidade para reduzir o desconforto. Algumas das ações possíveis para reduzir o desconforto são: alteração da vestimenta, alternação de atividades, mudanças de posturas ou localização, mudanças nos parâmetros operacionais de dispositivos de controle ambientais, aberturas e fechamento de passagens de ar, reclamação ou abandono do local, ASHRAE (2004).

Normalmente, há dois tipos de pesquisas de campo utilizadas nos estudos de conforto térmico:

(a) pesquisa laboratorial em câmara climatizada, geralmente denominada interna, onde tanto as variáveis ambientais como as variáveis pessoais ou subjetivas são manipuladas a fim de se encontrar a melhor combinação possível entre elas e fornecer uma situação confortável;

(b) pesquisa de campo ao ar livre, geralmente denominada externa, com pessoas nas suas atividades rotineiras.

Neste segundo tipo de pesquisa, o pesquisador não interfere nas variáveis ambientais e pessoais e as pessoas expressam suas sensações e preferências térmicas em escalas apropriadas. Há dois modelos de avaliação na pesquisa de conforto térmico externo: um estacionário e outro não-estacionário. Os modelos estacionários baseiam-se no pressuposto de que a exposição das pessoas num ambiente climático tem, ao longo do tempo, que lhes permitir atingir o equilíbrio térmico, e fornecem soluções numéricas, as equações de balanço de energia que regem a termorregulação.

Dois índices mais utilizados do modelo estacionário são o índice Voto Médio Previsto/ PMV (*Predicted Mean Vote/ PMV*) ou Voto Médio Estimado (VME), desenvolvido pelo professor Ole Fanger e publicado em 1970 e a Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) (MAYER, HÖPPE, 1987). O problema com o método de estado estacionário é que ele não pode efetivamente representar os aspectos dinâmicos de curso humano de adaptação térmica.

Fanger (1972) em sua pesquisa utilizou dados obtidos em experiências de laboratório, com mais de 1.300 pessoas, submetidas à diversas condições desde frio, passando pelo conforto neutro, até quente. O PMV é uma função matemática complexa que inclui atividade, vestuário, temperatura ambiente, umidade relativa, temperatura radiante média e velocidade do ar.

A estimativa da sensação térmica de um grupo de pessoas pelo índice dos Votos Médios Estimados (VME) é dada numa escala de sete pontos variando de -3 a +3, sendo: -3 muito frio, -2 frio, -1 leve frio, 0 neutralidade, +1 leve calor, +2 calor, +3 muito calor (Figura 1).

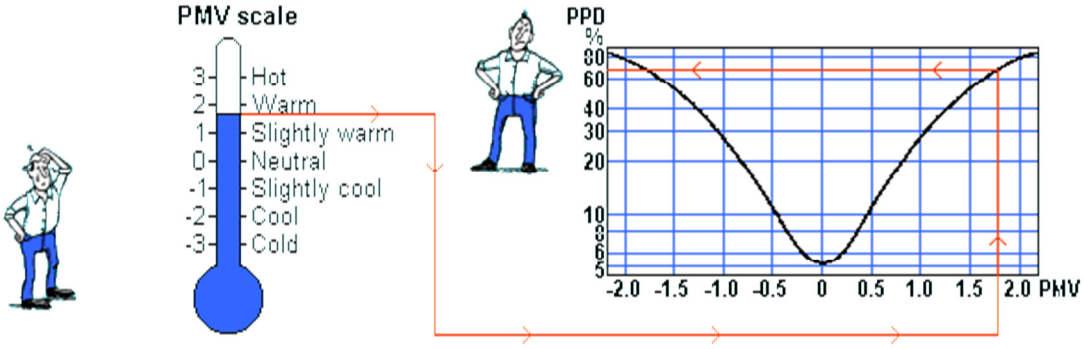


Figura 1 - Escala do Voto Médio Estimado
Fonte: Campos (2012)

Devido às diferenças individuais é difícil especificar um ambiente térmico que satisfaça a todos, sempre haverá uma percentagem de insatisfeitos. Segundo a ISO 7730, um ambiente é considerado termicamente aceitável quando PPD < 10%, ou seja, -0,5 < PMV < +0,5.

Este método foi adotado como base para o desenvolvimento de uma norma que especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados (ISO 7730, 1984) e da sua atualização em 1994. Várias pesquisas foram realizadas para testar o modelo adotado pela ISO 7730 (1984) a partir de 1984, pois havia dúvidas quanto à validade dos seus resultados em aplicações de campo e em diferentes regiões climáticas. Isso foi devido ao fato dessa norma ter sido baseada exclusivamente em dados obtidos em laboratório e em regiões climáticas de latitude média (RUAS, 2001 apud CAMPOS, 2012).

A vestimenta funciona como um isolante térmico, ou seja, uma barreira para as trocas térmicas por convecção, mantendo junto ao corpo uma camada de ar mais aquecida ou menos aquecida, conforme seja mais ou menos isolante, conforme seu ajuste ao corpo e a porção do corpo que cobre.

"A vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar" (LAMBERTS et al., 2007, p. 8).

Segundo Fanger (1972) a resistência térmica da vestimenta depende do tipo do tecido, da fibra, do ajuste ao corpo, e deve ser medida através das trocas secas relativas a quem usa. Sua unidade é o clo, originada de clothes.

Assim: 1 clo = 0,155 m² ºC/W = 1 terno completo.

Höppe (2002) discute que para a avaliação do conforto térmico externo geralmente nem tudo das três definições de conforto termal pode ser usado. A

definição de Fanger (1970), baseada em balanço de calor num nível de conforto da temperatura da pele e o coeficiente de suor, pode somente ser usada em modelos de balanço de energia do corpo humano em estado estacionário, tais como os índices temperatura percebida (PT), temperatura efetiva padrão externa (OUT_SET) ou temperatura equivalente fisiológica (PET), de uso quando as pessoas permanecem em ambientes externos por longo tempo.

2.3. TERMORREGULAÇÃO HUMANA

Conforto Térmico assinala que atividades metabólicas do corpo humano resultam quase que completamente em calor sendo continuamente dissipado ou regulado para manter temperaturas normais no corpo. Perda insuficiente de calor leva ao sobreaquecimento, processo denominado hipertermia, e perda excessiva de calor resulta no resfriamento do corpo, processo denominado hipotermia (ASHRAE, 1992).

O calor produzido pelo organismo pode variar de 100W a 1.000W. Devido ao fato da maior parcela deste calor ser transferida para o ambiente através da pele, torna-se conveniente caracterizar a atividade metabólica em termos da produção de calor por unidade de área da pele, unidade denominada *met*. Para um indivíduo em repouso, a unidade *met* corresponde a aproximadamente 50-58W/m^2, dependendo do grupo étnico ou geográfico (ASHRAE, 1992).

O hipotálamo, localizado no cérebro, é o órgão central que controla a temperatura do corpo. Contém termorreguladores para temperaturas frias e quentes e é banhado por sangue arterial. Como a taxa de recirculação de sangue no corpo é rápida e o sangue que retorna é todo misturado no coração antes de retornar ao corpo, o sangue arterial é um indicativo da temperatura média do corpo (ASHRAE, 1992).

O hipotálamo também recebe informação térmica dos termorregualadores de temperatura localizados na pele e em outros órgãos (e.g., espinha dorsal, estômago). O hipotálamo controla vários processos fisiológicos do corpo para regular a temperatura. Seu comportamento de controle é primariamente proporcional aos desvios das temperaturas de referência, com aspectos de resposta integral e derivativa (FROTA & SCHIFFER, 2001).

O processo fisiológico de maior relevância e mais utilizado para controlar a temperatura do corpo é a regulação da vazão de sangue para a pele. Quando as temperaturas internas se elevam acima de uma temperatura de referência, ou seja ao limiar da temperatura da pele, uma proporção maior de sangue é direcionada para a pele. A dilatação dos vasos sanguíneos da pele (vaso dilatação) pode aumentar a vazão de sangue na pele em até 15 vezes (de 1,7mℓ/m^2.s em descanso confortável para 25mℓ/m^2.s em calor extremo) de maneira a carregar o calor interno para a pele e de lá transferi-lo para o ambiente externo. Este processo equivale a uma redução na resistência à transferência de calor da camada subcutânea (ASHRAE, 1992).

Quando a temperatura do corpo cai abaixo da temperatura de referência, ou seja ao limiar da temperatura do corpo, a vazão de sangue na pele é reduzida (vasoconstrição) para conservar calor no corpo, ou seja, equivale a um aumento na resistência à transferência de calor da camada subcutânea (ASHRAE, 1992). O efeito de vaso constrição máxima é equivalente ao efeito isolante de um casaco pesado (Figura 2).

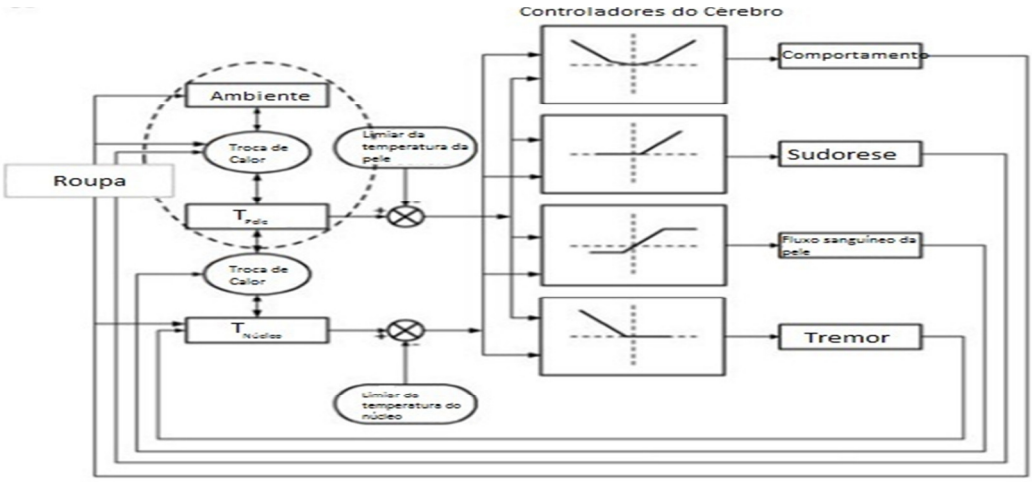


Figura 2 - Termorregulação comportamental
Fonte: Havenith (2001) apud Jendritzky et al. (2011)

Em condições de temperaturas internas menores que a de referência, a tensão muscular aumenta para gerar calor adicional; em regiões onde os grupos de músculos se opõem, esta tensão pode aumentar para gerar tremores visíveis (e.g., calafrios). Os tremores podem duplicar a produção de calor com relação à condição de descanso (Figura 3).

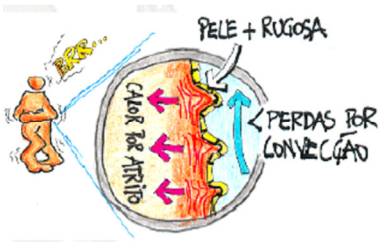


Figura 3 -Tensões musculares aumentadas para gerar calor.
Fonte: www.demec.**ufmg**.br/disciplinas/ema890/**aula10**.pdf

Em condições de temperaturas internas elevadas, ocorre a sudorese. Este mecanismo de defesa é uma forma de resfriar apele e aumentar a perda de calor do interior do corpo. A função de suar pela pele (sudorese) é mais avançada em humanos que em outros animais e é estritamente necessária para garantir o conforto em taxas metabólicas acima daquelas para o nível de descanso. A sudorese é regulada pelo sistema nervoso autônomo simpático. As glândulas sudoríparas bombeiam perspiração para a superfície da pele para evaporação, que, por sua vez, promove a remoção de calor da pele (Figura 4).

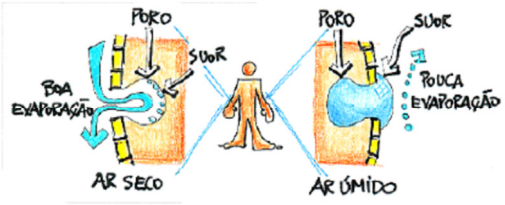


Figura 4-Controle de temperatura pela sudorese**.**
Fonte: www.demec.**ufmg**.br/disciplinas/ema890/**aula10**.pdf

2.4. BALANÇO DE ENERGIA

Höppe (1999) afirma que, desde 1938, Büttner reconheceu que para a avaliação da influência do meio ambiente sobre o corpo humano, os efeitos integrados de todos os parâmetros termais tem que ser levados em conta (Figura 5). Por isso há necessidade de modelar o balanço de calor do corpo humano. Assim, foram criados vários índices térmicos que consideram a fisiologia térmica, neles, o balanço energético do corpo humano é importante para avaliar o conforto térmico.

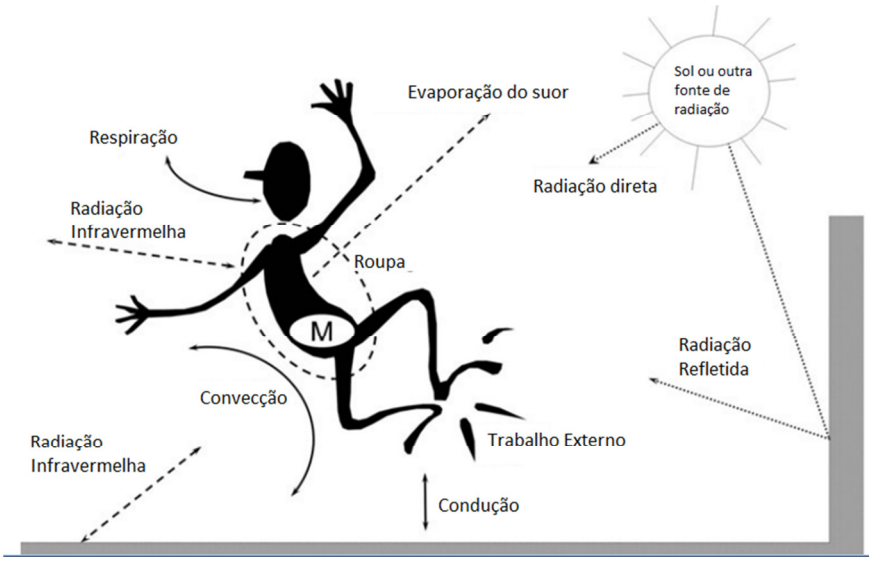


Figura 5- Balanço de calor do corpo humano
Fonte: Havenith (2001) apud Jendritzky et al. (2011)

A equação do balanço energético, que é a base para os índices de conforto, é expressa conforme a Equação 1:

$$M + W + R + C + E_D + E_{re} + E_{Sw} + S = 0 \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Onde:

M = é a taxa metabólica do corpo (produção de energia interna pela oxidação dos alimentos);

W = é a energia utilizada pelo corpo para realizar trabalho físico;

R = é a radiação líquida do corpo;

C = é o fluxo de calor convectivo;

E_D = é o fluxo de calor latente difundido através da pele (perspiração imperceptível);

E_{Re} = é a soma dos fluxos para aquecimento e umidificação do ar inspirado;

E_{Sw} = é o fluxo de calor devido à evaporação do suor e,

S = é o fluxo de calor armazenado para aquecimento ou resfriamento a massa corporal.

Os termos desta equação têm sinais positivos se eles ganham energia para o corpo e sinais negativos, caso contrário. (M é sempre positivo, W, E_D e E_{Sw} são sempre negativos). A unidade para todos os fluxos de calor é o Watt (W).

Os termos da equação anterior são influenciados principalmente pelos parâmetros meteorológicos. C e E_{Re} são afetados pela temperatura do ar; E_D, E_{Re}, E_{Sw} são afetados pela umidade, C e E_{Sw} são afetadas pela velocidade do ar e R é calculado como a troca de energia entre o ambiente e corpo humano por radiação de ondas curtas e de onda longa, ou seja pela temperatura radiante média (Trm). O corpo humano não tem quaisquer sensores seletivos para a percepção dos parâmetros climáticos individuais, mas pode somente registrar (por termorreceptores) e produzir uma resposta termorregulatória a quaisquer mudanças de temperatura da pele e do fluxo sanguíneo passando pelo hipotálamo (Figura 6).

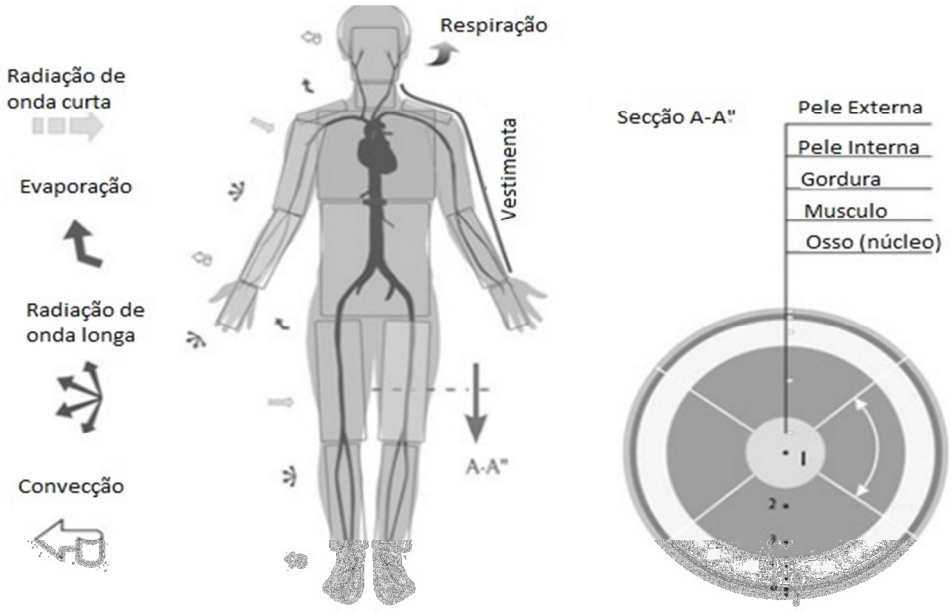


Figura 6 – Fisiologia Humana
Fonte: Havenith (2001) apud Jendritzky et al. (2011)

Embora estas temperaturas sejam influenciadas pelos efeitos integrados de todos os parâmetros climáticos que são inter-relacionados. Em situações climáticas com pouco vento, por exemplo, a temperatura média radiante tem grosseiramente a mesma importância para o balanço de calor do corpo humano quanto à temperatura do ar. Em dias com alta velocidade do ar, a temperatura do ar é mais importante que a temperatura radiante média por que agora domina o aumento da troca de calor convectivo. Estas interações complexas são somente quantificáveis de um modo real com a ajuda dos modelos de balanço de calor. Em uma condição sedentária, nos

sentimos confortáveis quando produção de suor é pequena ou E_{Sw} é quase zero. Em níveis maiores de atividade, o conforto é atingido em níveis modestos de sudorese ou pele molhada. Isso significa que as combinações da temperatura da pele e da temperatura central do corpo indicam que a faixa confortável são atividades dependentes. A outra condição importante para o conforto é que as mudanças de S não excedam um valor pequeno, ou seja, a quantidade de calor metabólico gerado no corpo (M + W) é aproximadamente igual à quantidade de calor perdido pelo corpo.

2.5. ÍNDICE DE CONFORTO PET

Höppe (1999) propôs o Modelo de Munich, baseando-se também na equação de balanço térmico, mas considerando o modelo de dois nós de Gagge (1986) e definiu o índice, temperatura equivalente fisiológica, cujo nome e sigla em inglês são Physiological Equivalente Temperature (PET) e o declarou como um índice universal para a avaliação biometeorológica do meio ambiente termal. Também estudos recentes indicam que o PET é a escolha mais adequada para avaliar as condições de conforto térmico dos ambientes ao ar livre, devido à consideração da inter-relação entre balanço de energia do corpo humano e de radiação de onda curta. PET é definida como a temperatura equivalente fisiológica para qualquer dado lugar (ao ar livre ou dentro de casa) e é equivalente a temperatura do ar na qual, num cenário típico interior, o balanço térmico do corpo humano é mantido com as temperaturas centrais e as da pele iguais para aquelas condições que estão sendo avaliadas. As seguintes hipóteses são feitas para o clima de referência interno: (i) v_{ar} de 0,1m/s, pressão de vapor de água de 12hPa e $T_{rm}=T_{ar}$ e (ii) o balanço de calor do corpo humano com energia utilizada pelo corpo para realizar trabalho físico leve 80W, somada ao metabolismo básico e isolamento térmico da roupa de 0,9clo. MATZARAKIS et al. (1999, p.77) apresenta a Tabela 1 que classifica as faixas do PET e faz 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.

TABELA 1 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)

2.6. CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO PET

Nikolopoulou et al. (1999) apud Nikolopoulou, (2004), definem o termo adaptação como a diminuição gradual da resposta do organismo à exposição repetida a um estímulo, envolvendo todas as ações que os tornam mais adequados para sobreviver em tal ambiente. No contexto de conforto térmico, isso pode envolver todos os processos que as pessoas atravessam para melhorar o ajuste entre o ambiente e as suas necessidades, dividindo a oportunidade adaptativa em três diferentes categorias: adaptação física, fisiológica e psicológica.

Portanto, a calibração dos índices requer a consideração não somente dos aspectos físicos e fisiológicos que interferem no balanço térmico do corpo humano, mas também dos fatores adaptativos, utilizados pela população local para se ajustar às condições climáticas específicas, justificando assim a necessidade da realização dos levantamentos de campo para coleta dos dados subjetivos que, posteriormente, deverão ser relacionados aos valores objetivos dos índices.

No cenário nacional, Monteiro (2008) apresenta a calibração do PET para São Paulo, a qual foi realizada por meio de método iterativo, através da variação dos limites de cada faixa interpretativa visando maximizar a correlação entre os valores fornecidos por estas faixas e os valores das respostas subjetivas de sensação térmica. Hirashima et al. 2011 fizeram um estudo que teve como objetivo a proposição de procedimentos para medição de variáveis microclimáticas urbanas, coleta de variáveis individuais e subjetivas e tratamento dos dados obtidos, com vistas à calibração do índice Temperatura Equivalente Fisiológica (PET), para espaços abertos do município de Belo Horizonte/MG, cujo clima, considerado genericamente como tropical de altitude, é marcado por invernos secos e verões úmidos com

temperatura média anual de 21ºC, e temperatura média do mês mais frio de 13,1ºC. A média anual da umidade relativa é de 72,2%. A direção predominante do vento é leste e a velocidade média é de 1,4m/s. A Tabela 2 apresenta os PET de Monteiro, Matzarakis e Hirashima.

Tabela 2 - Comparação dos índices PET(ºC) de Monteiro (2008), Matzarakis (1999) e Hirashima (2011)

Sensação térmica	PET (ºC) Mont.	PET (ºC)Matz.	PET (ºC)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: Do autor

2.7. ÍNDICE CLIMÁTICO TERMAL UNIVERSAL

O Índice Climático Termal Universal/ UTCI (*Universal Thermal Climate Index/* UTCI) foi desenvolvido pela Comissão da Sociedade Internacional de Biometeorologia (ISB –*International Society of Biometeorology*) com o objetivo de avaliar as condições térmicas de ambientes externos por meio da resposta fisiológica do corpo humano. O primeiro encontro do grupo de trabalho ocorreu em Freiburg, Alemanha em junho de 2001 (HÖPPE, 2002).

O Índice Climático Termal Universal (UTCI) foi elaborado com base no modelo termorregulatório multinodal desenvolvido por Fiala, Lomas e Stohrer. (1999, 2001, 2003, 2007) e Fiala et al. (2011) que consideram:

a) o comportamento adaptativo em relação ao isolamento térmico;

b) a distribuição da roupa em diferentes partes do corpo e

c) a redução da resistência térmica e evaporativa da roupa causada pelo vento e pelo movimento da pessoa andando a 4km/h em superfície plana.

O UTCI segue o conceito da temperatura equivalente e apresenta para o ambiente de referência as seguintes definições:

a) 50% de umidade relativa (com pressão de vapor não excedendo 20hPa;

b) temperatura do ar (Tbs) igual a temperatura radiante média (Trm); e
c) velocidade do ar de 0,5m/s, medida a 10m de altura.

A igualdade das condições fisiológicas é baseada na equivalência da resposta fisiológica dinâmica prevista pelo modelo para o ambiente real e para o ambiente de referência. Como essa resposta dinâmica é multidimensional (temperatura corporal, taxa de sudorese, temperatura da pele, dentre outros,. em diferentes tempos de exposição), um índice unidimensional foi estimado através da Análise dos Componentes Principais. Assim, a temperatura UTCI equivalente para dada combinação das variáveis climáticas (vento, radiação, umidade e temperatura do ar) é definida como a temperatura do ar do ambiente de referência, que produz o mesmo valor de estresse térmico do ambiente real.

O UTCI abrange as seguintes faixas climáticas: -50ºC ≤ Ta ≤ 50ºC, -30ºC ≤ Trm-Ta ≤ 70ºC, velocidade de vento entre 0,5 e 30,3m/s e umidade relativa de 5% a 100% (pressão de vapor máxima 5kPa). Apresenta as faixas de estresse térmico contidas na Tabela 3.

Por considerar que o índice UTCI foi desenvolvido tendo como base estudos de campo europeus, este estudo tem o objetivo de apresentar faixas de conforto/desconforto para o índice UTCI a partir de dados de sensação térmica real em monitoramentos térmicos urbanos, sob condições subtropicais.

Tabela 3 – Faixas de estresse térmico do UTCI

Faixas do UTCI	**Categorias de Estresse**
acima de 46°C	extremo estresse para o calor
38°C e 46°C	muito forte estresse para o calor
32°C e 38°C	forte estresse para o calor
26°C e 32°C	moderado estresse para o calor
18°C e 26°C	conforto térmico
9°C e 18°C	sem estresse térmico
0°C e 9°C	pouco estresse para o frio
0°C e -13°C	moderado estresse para o frio
-13°C e -27°C	forte estresse para o frio
-27°C e -40°C	muito forte estresse para o frio
abaixo de -40°C	extremo estresse para o frio

Fonte: Rossi, Krüger e Bröde, (2011).

2.8 COBERTURA DO SOLO, MATERIAIS URBANOS E COBERTURA VEGETAL

A capacidade de reflexão e absorção dos diversos materiais, em relação à luz e ao calor, depende diretamente de suas propriedades físicas como densidade, textura e cor que influenciam consideravelmente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura do ar (BARBIRATO et al., 2007 apud OLIVEIRA, 2011).

Para Romero (1988) a radiação solar pode ser refletida e absorvida pelas superfícies opacas nas quais incide, sendo o fluxo incidente igual à soma dos fluxos absorvidos e refletidos. A quantidade de absorção e reflexão dessa radiação depende das características e forma das superfícies, ou seja, está relacionada com as propriedades termodinâmicas dos materiais, expressas através do albedo, absorção e emissividade. O asfalto apresenta uma emissividade de 0,95, o concreto de 0,71 a 0,90, a grama de 0,90 a 0,95, solo claro, seco 0,90 e solo escuro, úmido 0,98.

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. 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.

Diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados e suas propriedades termo físicas influenciam fortemente na qualidade térmica dos recintos urbanos (Figura 7). 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.

Figura 7 - Albedo de materiais e superfícies urbanas
Fonte: Adaptado de Heat Island Group (2009) apud Alves (2010)

O sombreamento proporcionado pela vegetação traz melhoras microclimáticas pelo fato de filtrar a radiação solar. 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 através dos processos de convecção e condução.

2.9 A ANÁLISE CHAID

A análise Detecção de interação automática qui-quadrada/ CHAID (*Chi-square Automatic Indentificator Detector/ CHAID*) é uma árvore de decisão que tem como critério os resultados do teste estatístico qui-quadrado. Ou seja, Análise CHAID (Detecção de interação automática qui-quadrada) é uma forma de análise que determina como melhor combinam as variáveis para explicar o resultado de um dado dependente variável. O modelo pode ser usado em casos de exploração de mercado, prever e interpretar respostas ou uma infinidade de outros problemas de pesquisa.

Análise CHAID é especialmente útil para dados que expressam valores categorizados em vez de valores contínuos. Para este tipo de dados, algumas ferramentas comuns em estatística, como análise de regressão, não são aplicáveis e CHAID é uma ferramenta perfeita para descobrir a relação entre as variáveis.

Uma das vantagens notáveis da análise CHAID é que ela pode visualizar a relação entre a variável-alvo (dependente) e os fatores relacionados com uma imagem de árvore. Como a maioria das respostas da pesquisa classifica valores em vez de valores contínuos, descobrir a relação estatística deste tipo de dados é um desafio. Análise CHAID é uma boa solução para tais estudos de levantamento (THE CHAID, s.d.).

Geralmente, este método é aplicado para definir segmentação de mercado utilizando como as variáveis dependentes características dos modelos sócio-demográficos. Para análise dos dados, utilizam-se para execução do método CHAID os seguintes softwares: SPSS 18®; SAS 9.0® e o Statística 10.0 ®.

Árvores de Decisão são uma sequência de partições de um banco de dados de maneira a maximizar diferenças sobre uma variável dependente (HAIR et al.,1995 apud SANTOS e NEVES, 2003) Estas árvores tem semelhanças com o dendrograma da análise de Cluster, como possibilitar uma representação e interpretação gráfica, mas são construídas e interpretadas de maneiras diferentes. Uma árvore de decisão é um instrumento de apoio à tomada de decisão que consiste numa representação gráfica que apresenta um único nódulo inicial. Esse nódulo inicial, que possui a informação total de uma população considerada, é dividido de acordo com um primeiro critério estipulado gerando novos nódulos. Por sua vez, esses novos nódulos são subdivididos em um novo conjunto de nódulos, a partir de um segundo critério adotado. Assim, cada novo nódulo conterá como informação uma porcentagem de seu nódulo de origem. As subdivisões ocorrem até os valores mensurados nos nódulos não permitirem novas divisões.

2.10 DESCRIÇÃO DO RAYMAN

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) (MATZARAKIS e RUTZ, 2007).

O modelo foi desenvolvido com base em algumas partes das Diretrizes alemãs seguintes: VDI-3789, parte II: Meteorologia Ambiental, interações entre a atmosfera e superfícies; cálculo da radiação de onda curta e longa [VDI, VDI-3789, Parte 2: Beuth, Berlin (1994)] e VDI-3787: Métodos de Meteorologia Ambiental, para a avaliação biometeorológica do clima e da qualidade do ar para o planejamento urbano e regional a nível regional. Parte I: Clima (VDI, 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) (MATZARAKIS, et al. 1999). O Rayman também pode oferecer recursos adicionais, que são utilizados para a avaliação do clima de uma região ou o desenvolvimento de instalações turísticas novas, tais como: a) Cálculo da insolação com ou sem fatores de visão do céu, b) estimativa da radiação global total média diária ou máxima; e c) determinação de áreas sombreadas. RayMan Pro tem janela principal na Figura 8.

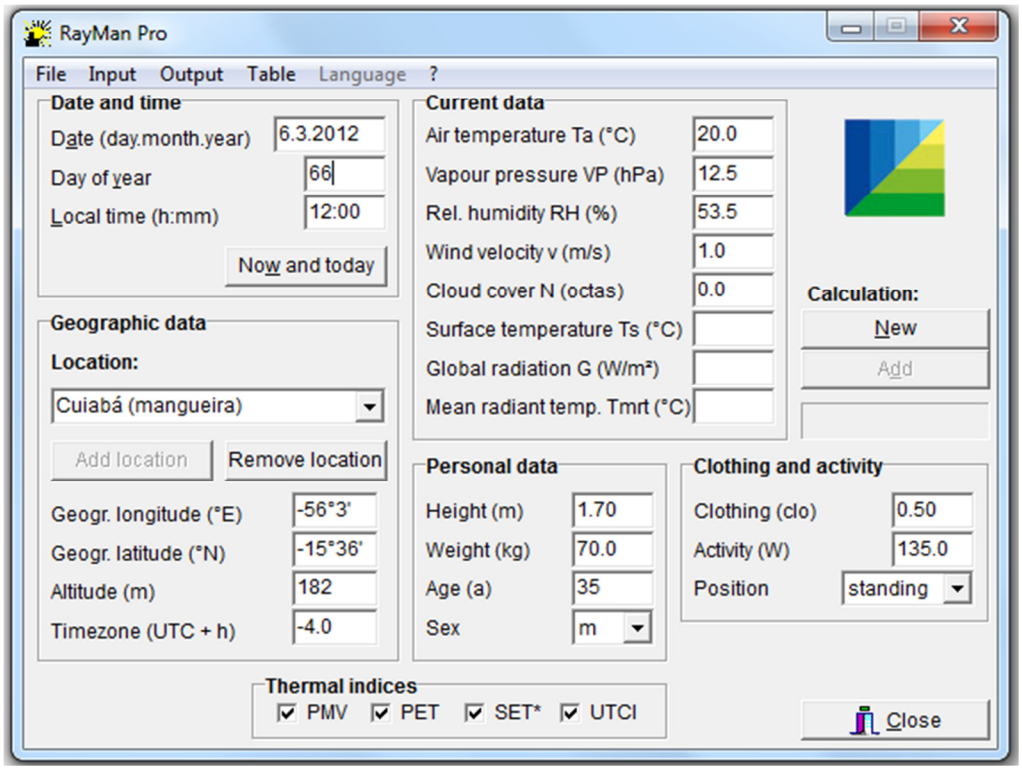


Figura 8 – Janela principal do programa RayMan Pro
Fonte: Matzarakis e Rutz, 2007)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

3.1.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no ambiente urbano da cidade de Cuiabá, localizada na porção Centro-Sul do Estado Mato Grosso, no limite ocidental dos domínios do Cerrado e próximo à borda leste do Pantanal Mato-grossense (Figura 9). Atualmente, conta com cerca de 551.310 habitantes (IBGE, 2011) e possui cerca de 3.538,17km^2, sendo que 254,57km^2 correspondem à área de macrozona urbana e 3.283,60km^2 à área rural. Encontra-se localizada na província geomorfológica denominada Baixada Cuiabana. As altitudes variam de 146 a 259 metros (IPDU, 2009). A cobertura vegetal é constituída por remanescentes de cerrado, cerradão, matas ciliares no entorno dos rios, e por vegetação exótica.

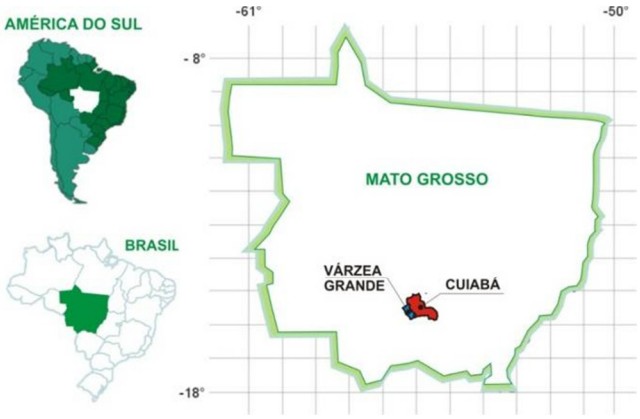


Figura 9 - Localização da região do estudo
Fonte: Oliveira (2011)

O clima dominante é do tipo tropical semi-úmido (classificação *Aw* de *Köppen*), sendo a sua principal característica a presença constante de temperaturas elevadas, registrando média anual em torno de 25 a 26ºC, com duas estações bem

definidas: uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão) (MAITELLI, 1994). O índice pluviométrico anual varia de 1250 a 1500 mm (CAMPELO JUNIOR et al., 1991). Cuiabá apresenta baixa frequência e velocidade média do ar, que torna a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar mais perceptível, já que as trocas térmicas por convecção são minimizadas. Segundo Duarte (1995) 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.

3.2. MÉTODO

3.2.1. PERÍODO E LOCAL DA PESQUISA

Realizaram-se duas medições com aplicação de questionários para coleta de dados em dois períodos de 43 dias consecutivos: (a) a primeira medição no período representativo da estação climática quente-úmida foi de 14 de fevereiro a 27 de março de 2012; e (b) a segunda medição no período representativo da estação climática quente-seca foi de 28 de julho a 08 de setembro de 2012.

A área urbana selecionada para estudo se localiza no campus da Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, que criada pela Lei 5.647, de 10 de dezembro de 1970, no governo do Presidente Emílio G. Médice, tendo como Ministro da Educação Jarbas G. Passarinho. A UFMT é uma instituição responsável pela maior produção científica de Mato Grosso, integrando redes nacionais e internacionais de investigação. A área do campus de Cuiabá é de 74 hectares, sendo caracterizado por um ambiente heterogêneo, com diferentes tipos de uso e ocupação do solo (CAMPOS NETO 2007). Em relação ao relevo, as altitudes no campus variam de 165 a 185m, com vertentes orientadas principalmente de leste-oeste, apresentando alguns cânions (Figura 10).

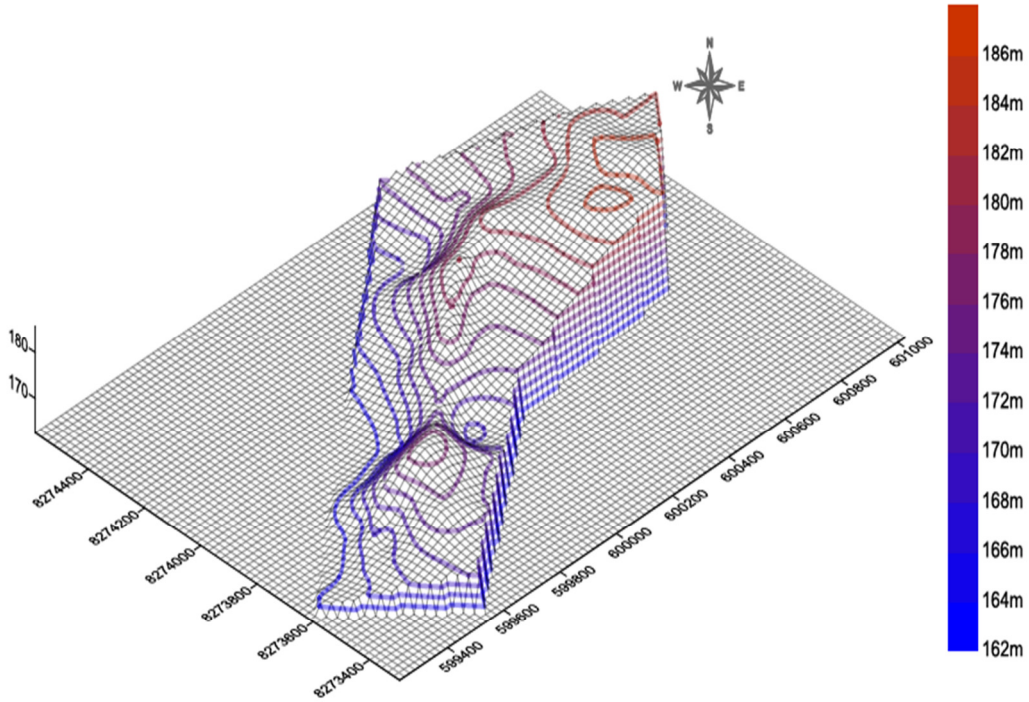


Figura 10 - Relevo do campus de Cuiabá-UFMT
Fonte: Alves (2010)

Para a pesquisa foram selecionados quatro pontos (Figura 11) cujo interesse foi escolher diferentes formas de revestimento do solo concreto, asfalto, cobertura de grama e sombreamento arbóreo para instalar abrigos meteorológicos com instrumento de medição na altura dos pedestres que caminham nos seus entornos e avaliar o comportamento destas coberturas, pavimentos e sombreamento sob o ponto de vista da sensação térmica dos usuários. Os pontos, cujos dados geográficos obtidos pelo Google Earth (2012), estão assim caracterizados:

a) mangueira: longitude -56°3'; latitude -15°36'; altitude 182m (Figura 10a);
b) grama: longitude -56°4'; latitude -15°36'; altitude 169m (Figura 10b);
c) concreto: longitude -56°4'; latitude -15°35'; altitude 176m (Figura 10c) e
d) asfalto: longitude -56°4'; latitude -15°36'; altitude 174m (Figura 10d).

Doravante, neste trabalho, os quatros pontos nos dois períodos de medição serão mencionados da seguinte maneira: ponto mangueira 1 se refere ao ponto mangueira na estação quente úmida (1.ª medição); ponto mangueira 2 se refere ao ponto mangueira na estação quente seca (2.ª medição) e assim para os demais pontos.

(a) ambiente à sombra de vegetação arbórea Mangueira (*Mangifera indica*)

(b) ambiente a céu aberto com solo coberto por grama do tipo Batatais (*Paspalum notatun*) localizado no campo de futebol

(c) ambiente a céu aberto das quadras poliesportivas com predominância de solo pavimentado por concreto e

(d) estacionamento do parque aquático com predominância de pavimento asfáltico

Figura 11 - Pontos de medição no Campus de Cuiabá-UFMT

Estes pontos foram locados na planta do campus Cuiabá da UFMT (Figura 12) numa distância máxima entre o ponto mangueira e o ponto asfalto de aproximadamente 2km. Como Orlansky (1975) apud Andrade (2005) distinguiu os fenômenos urbanos em 3 classes quanto à extensão: microescala (até 2km); mesoescala (2 a 2.000km) e macroescala (> 2.000km), portanto esta pesquisa trata-se de microescala.

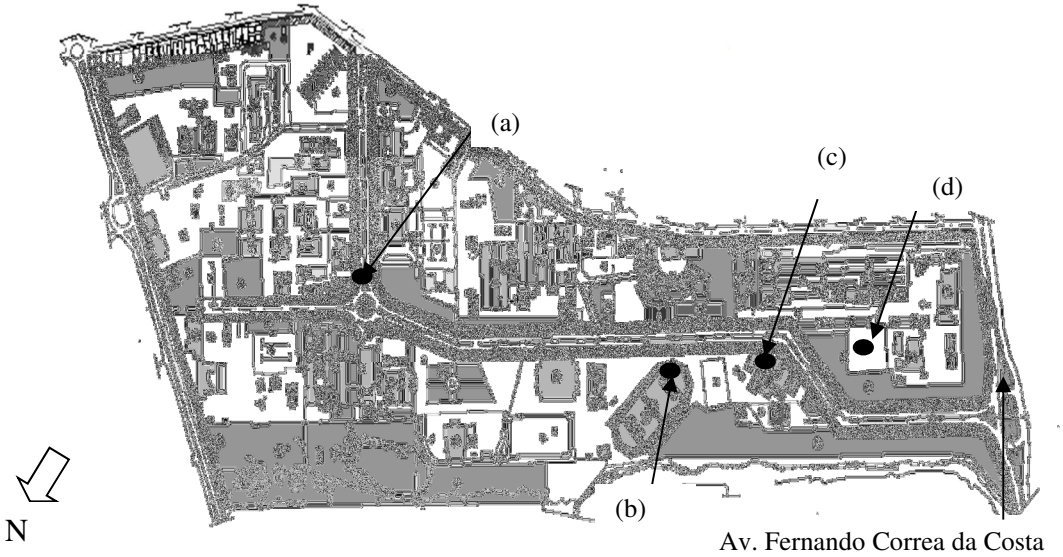


Figura 12 - Locação dos 4 pontos na planta do campus Cuiabá da UFMT
FONTE: Callejas et al. (2012)

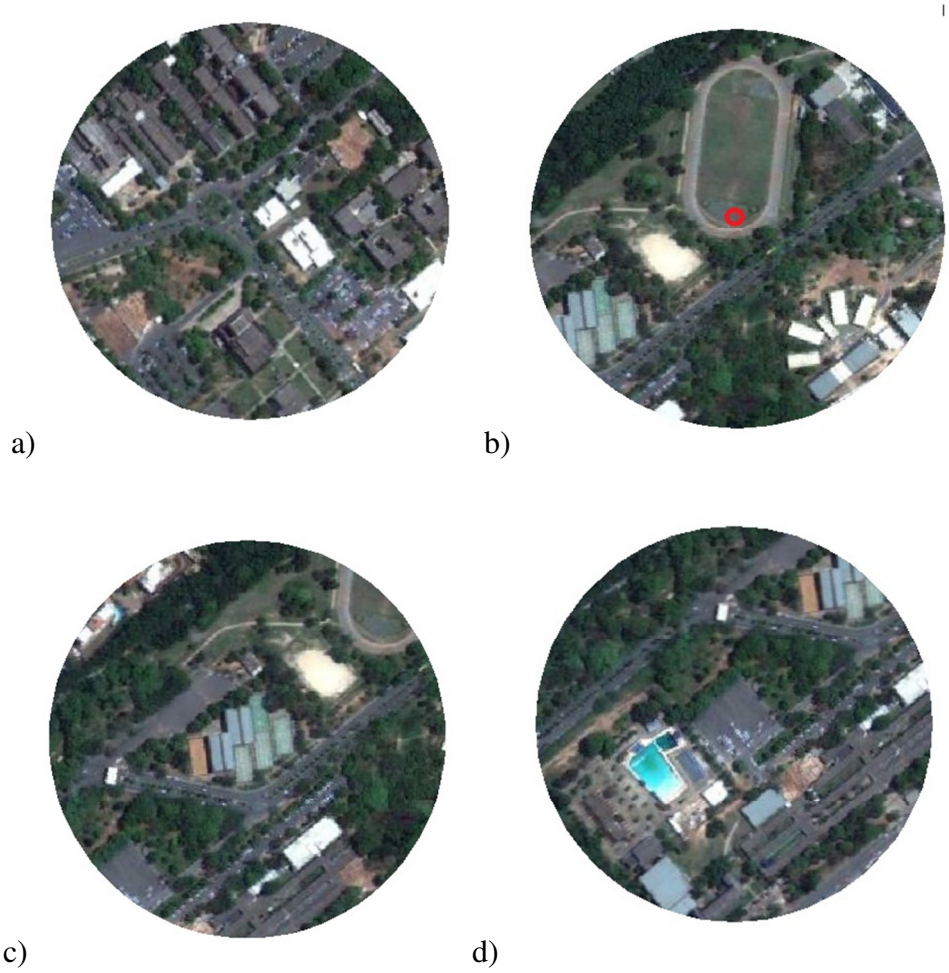


Figura 13 - Entornos: a) mangueira, b) grama, c) concreto e d) asfalto

O entorno do ponto Mangueira apresenta menor área vegetada dos outros , maior área construída e área impermeabilizada. A Grama apresenta maior área permeável, área vegetada grande pouca área construída. O Concreto apresenta grande área vegetada, área impermeabilizada média. O Asfalto apresenta área vegetada média, área impermeabilizada grande presença de um parque aquático.

3.2.2. VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DAS SENSAÇÕES TÉRMICAS

As variáveis para avaliação da sensação de conforto térmico foram obtidas por meio de medição nos locais de pesquisa. A temperatura e umidade do ar (Tbs, UR) foram medidas por registrador automático, marca HOBO, modelo U13, disposto no interior de abrigo micrometeorológico a 1,5m de altura em relação ao nível do solo. No canal externo do registrador foi monitorado a temperatura de globo (TG). Para isso, foi utilizada uma esfera de plástico de 2,5" de diâmetro (Souza et al., 2002), fixada em suporte na parte superior do abrigo a 1,8m de altura em relação ao nível do solo. Os dados foram baixados pelo Hobo U Shuttle, modelo U-DT-1 (Figura 14).

Figura 14 – Abrigo micrometeorológico ao Hobo

Foram utilizados quatro registradores automáticos da marca HOBO que foram mantidos em mesmo ambiente durante 24h para verificação sincrônica de suas medidas (Figura 15).

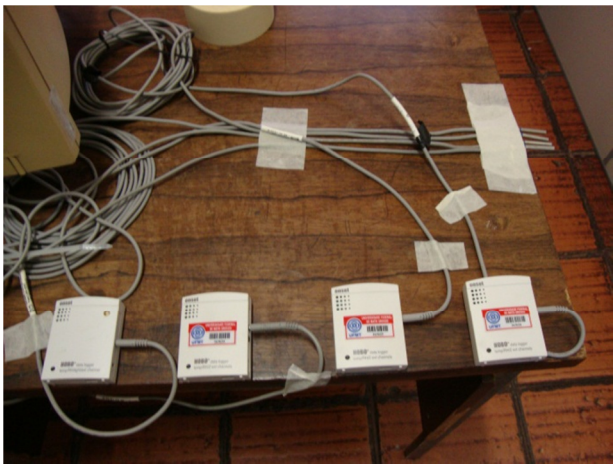


Figura 15 - Verificação sincrônica das medidas dos Hobos

A velocidade do ar nos períodos de coleta foi obtida no sítio que fornece dados meteorológicos intitulado Histórico para Cuiabá Marechal Ron, Brasil, e neste trabalho, estação aeroporto (HISTÓRICO, 2012).

3.2.3 CÁLCULO DA TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA

A temperatura radiante média (T_{rm}) que é usada para calcular o PET foi calculada pela equação 2 para convecção forçada, definida pelas ISO 7726 (1998), apresentada na Equação 2.

$$Trm = \{(Tg + 273{,}15)^4 + [(1{,}1.10^8 . Var^{0,6}) / (\varepsilon g.D^{0,4})].(Tg - Ta)\}^{1/4} - 273{,}15 \quad \text{(Eq. 2)}$$

Onde:

Trm = temperatura radiante média, em ºC;

Tg = temperatura de globo, em ºC;

v_{ar} = velocidade do vento, em m/s;

εg = emissividade do globo (adimensional);

D = diâmetro do globo, em metros e

Ta = temperatura do ar, em ºC.

3.2.4 CÁLCULO DA UMIDADE ABSOLUTA

A umidade absoluta (UA) foi calculada a partir da Tbs e UR. e de uma sequência de cálculos iniciando pela pressão de saturação do vapor pela equação de Tetens (WEISS, 1977 apud VAREJÃO SILVA, 2006); pressão do vapor de água;

temperatura do ponto de orvalho; temperatura de bulbo úmido, pressão saturada de vapor da temperatura de bulbo úmido até ao cálculo da umidade absoluta (Ua):

$$Ua = 217e_{ar} / (t_{bs} + 273) \qquad \text{(Eq. 3)}$$

ONDE:

e_{ar} = pressão de vapor do ar atmosférico

t_{bs} = temperatura de bulbo seco

3.2.5 CÁLCULO DOS ÍNDICES PET E UTCI

A sensação de conforto térmico foi avaliada pelos índices PET e UTCI, utilizando-se o software RayMan Pro, desenvolvido por Matzarakis et al. (2011), cujos dados de entrada foram as coordenadas geográficas e altitude de cada ponto de coleta, umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar (Tbs), velocidade do ar (v_{ar}) e temperatura radiante calculada (Trm) conforme ISO 7726 (1998).

Para as características físicas das pessoas, adotaram-se para pedestres masculinos, a saber: 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 intimas, 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. Este trabalho usará o índice PET do Monteiro (2008) 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.

3.2.6. APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

Foram aplicados questionários a usuários do campus praticando caminhadas, de forma aleatória, e agrupados aos quatros pontos de medição conforme as suas proximidades a eles. Os questionários foram formulados com perguntas fechadas e abertas e dividido em duas partes:

Onde:

a) perguntas pessoais (cor da roupa, idade, sexo, atividade, exposição ao sol, proximidade de um dos 4 pontos da pesquisa, natural de Cuiabá, se não quantos anos morando em Cuiabá) isto é 8 variáveis e

b) perguntas sobre a percepção e preferência de sensação térmica adaptado de Monteiro e Alucci (2010), com 8 variáveis (Tabela 4 e Apêndice A).

Para comentários e tratamentos das perguntas, elas foram sigladas e suas alternativas atribuídos números para facilitar a tabulação das respostas e são apresentadas no Apêndice B.

Os questionários foram aplicados a 182 entrevistados no período da 1.ª medição entre os dias 14 fev. a 20 mar. 2012. Os horários variaram das 7h20min. às 20h20min. e a 210 entrevistados no período da 2.ª medição entre os dias 13 ago a 28 ago. 2012. Embora os usuários preferissem principalmente as primeiras e últimas horas ideais para caminhadas, houve um número considerável de entrevistas durante o dia.

Esses entrevistados foram escolhidos aleatoriamente nas proximidades dos quatro pontos de coletas dos dados, ou seja, mangueira, grama, concreto e asfalto no *campus* da UFMT, Figuras 11 e 12.

Baseado na ISO 7730 (1984) adotou-se para os tipos de vestimentas dos entrevistados o valor de 0,5 clo, correspondendo ao indivíduo usando vestimenta leve de verão, tais como: roupas íntimas, calças longas leves, camisa aberta no pescoço com mangas curtas, meias e calçados. Para as atividades o valor adotado foi de 135W que corresponde a um indivíduo caminhando a 4km/h.

Na Tabela 4, estão apresentados os valores atribuídos a cada alternativa das oito questões aplicadas aos entrevistados.

Tabela 4 - Discriminação das alternativas das 8 questões

	-2	-1	0	1	2
1. SFC sentir	MUITO FRIO	FRIO	NEUTRO	CALOR	MUITO CALOR
2. ECD estar	DESCONFORTÁVEL	POUCO DESCONFORTÁVEL	NEUTRO	POUCO CONFORTÁVEL	CONFORTÁVEL
3. PFC preferir	MUITO MAIS FRIO	POUCO MAIS FRIO	SEM MUDANÇA	POUCO MAIS CALOR	MUITO MAIS CALOR
4. ETI estar	INTOLERÁVEL	POUCO INTOLERÁVEL	NEUTRO	POUCO TOLERÁVEL	TOLERÁVEL
5. TBA Preferir temperatura	-	MAIS BAIXA	COMO ESTÁ	MAIS ALTA	-
6.USU Preferir umidade	-	MAIS SECO	COMO ESTÁ	MAIS ÚMIDO	-
7. VFF Preferir vento	-	MAIS FRACO	COMO ESTÁ	MAIS FORTE	-
8. RBI Preferir radiação solar	-	MAIS BRANDA	COMO ESTÁ	MAIS INTENSA	-

Onde:

SFC = Sentir Frio ou Calor

ECD = Estar Confortável ou Desconfortável

PFC = Preferir Frio ou Calor

ETI = Estar Tolerável ou Intolerável

TBA = Temperatura Baixa ou Alta

USU = Ar Seco ou Umido

VFF = Vento Fraco ou Forte

RBI = Radiação Branda ou Intensa

3.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Utilizou-se neste estudo estatística básica, de cálculo simples para bancos de dados de valores contínuos, tais como, tabulação do banco de dados, determinação da frequência de dados, ordenação, determinação da média, desvio padrão, mínimo e máximo do conjunto de varáveis.

Para banco de dados que expressam valores categorizados foi utilizada uma estatística própria de cálculos mais complexos. Neste caso foi utilizado a Árvore de Decisão cujo algorítmo foi o CHAID que tem como critério os resultados do teste estatístico qui-quadrado, para determinar as subordinações de vinte e uma variáveis independentes, (sendo 8, das perguntas pessoais mais 8, das perguntas sobre

percepções e sensações mais 5, das variáveis microclimáticas) da variável dependente PET ou UTCI. Estas quantificam as sensações térmicas das pessoas, resultando numa árvore com um nó principal superior devidamente ligado aos inferioes em diversos níveis de segmentação. Cada nó contém o número de elementos e seu percentual, a média, desvio padrão, caráter preditivo e indicação da varíável inferior imediata, (nós inferiores) até o limite de não poder ser mais segmentado por falta de elementos necessários.

Foram elaboradas quatro árvores: (i) PET da estação quente-úmida, com 182 elementos; (ii) PET da estação quente-seca, com 210 elementos; (iii) UTCI da estação quente-úmida, com 182 elementos; e finalmente (iv) PET da estação quente-seca, com 210 elementos.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo foram apresentadas as análises dos resultados e discussões de todos os subsídios necessários às investigações do clima local do campus, analisando a sensação térmica dos seus usuários em diferentes tipos de revestimento do solo e vegetação arbórea.

As etapas foram assim organizadas:

a) descrição dos comportamentos das Tbs, UR e v_{ar} da estação aeroporto, durante doze meses;

b) temperaturas e umidades extremas e médias medidas nas duas estações;

c) Tbs, UR dos quatros pontos e do aeroporto nas duas estações;

c) comparação das Tbs, TG, UA, PET e UTCI dos quatros pontos nas duas medições;

d) respostas em percentuais das alternativas nos quatros pontos das duas medições e

e) determinação estatística em árvore de decisão das variáveis das sensações térmicas.

4.1 DADOS MICROMETEOROLÓGICOS DE DEZ. 2011 A NOV.2012

O sítio do aeroporto em Várzea Grande (Histórico para Cuiabá Marechal Ron, Brazil, 2012) fornece histórico de dado climáticos, dois quais se obtiveram temperatura média, umidade relativa e velocidade do ar, com vistas a fornecer uma visão geral do comportamento das variáveis micrometeorológicas delas em doze meses nos quais estão inseridas os dois períodos de medição: estação quente úmida de 14 fev. a 27 mar. 2012 e a estação quente seca de 28 jul. a 8 set. 2012. Nestes doze meses, registraram-se temperaturas do ar máxima das máximas de 40°C e mínima das mínimas de 9°C (Tabela 5).

Tabela 5 - Temperatura do ar máxima, média e mínima obtidas na estação do aeroporto dez.2011 a nov.2012

Tbs	Máxima (°C)	Média (°C)	Mínima °C)
Máxima	40,00	33,00	27,00
Média	32,00	26,00	21,17
Mínima	14,00	13,00	9,00

As variações da temperatura do ar médias diárias no período de dezembro a abril de 2012 são bem menores que de maio a novembro. Na primeira medição, a temperatura média do ar na estação do aeroporto variou de aproximadamente 22°C a 30°C e na segunda medição de 16°C a 30°C (Figura 16).

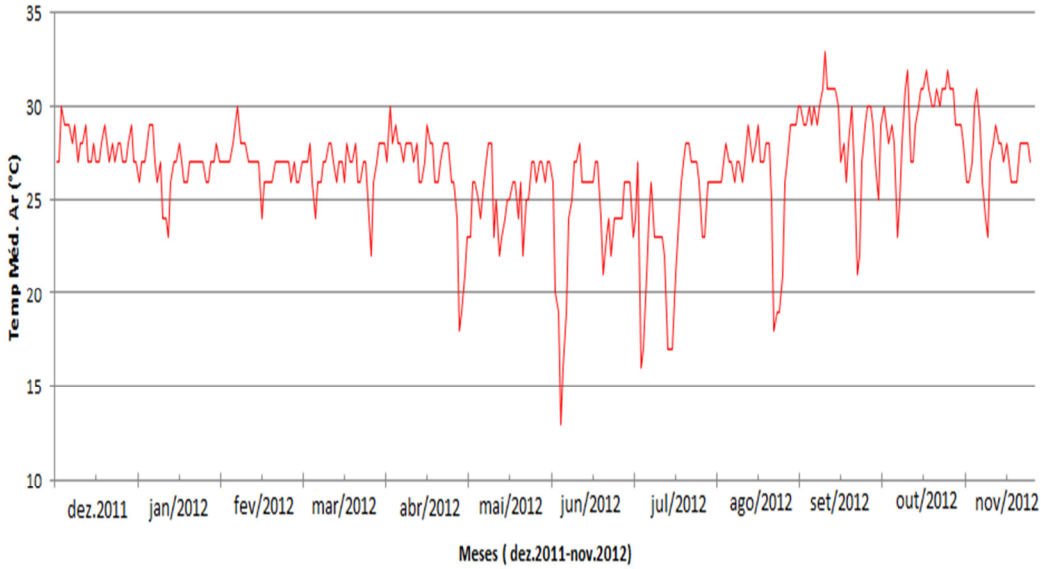


Figura 16 - Médias diárias das temperaturas do ar estação do aeroporto de dez.2011 a nov.2012

A umidade relativa durante os doze meses na estação aeroporto apresentou máxima de 100% das máximas e mínima de 5% das mínimas (Tabela 6).

Tabela 6 – Dados de Umidade Relativa (%) coletadas na estação aeroporto no período de dez.2011 a nov.2012

UR	Máxima (°C)	Média (°C)	Mínima (°C)
Máxima	100,00	89,00	83,00
Média	84,82	64,94	37,92
Mínima	44,00	24,00	5,00

A umidade relativa durante o ano da pesquisa na estação aeroporto apresentou de dezembro a maio de 2012 amplitudes pequenas e constantes em torno de 70%, de junho a setembro um ramo descendente indicando um período de diminuição da umidade relativa chegando ao mínimo de 25% em setembro e a partir daí apresentou uma inversão da tendência aumentando até uma média de 70 a 80% no final de novembro. A umidade relativa média, na primeira medição, foi aproximadamente constante em torno de 70% enquanto na segunda medição a umidade relativa ficou num ramo descendente de 70% para 25%. Caracterizando as duas estações de Cuiabá: estação quente úmida, na primeira medição, e estação quente e seca, na segunda medição (Figura 17).

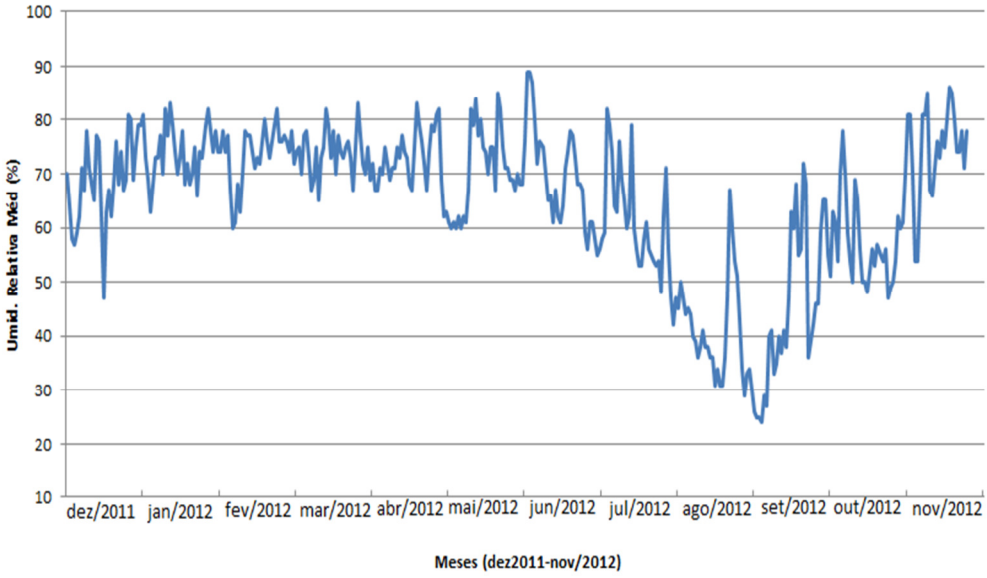


Figura 17 - Médias diárias das umidades do ar estação do aeroporto de dez.2011 a nov.2012

Na primeira medição ocorreram valores das velocidades do ar mais fortes que na segunda (Tabela 7).

Tabela 7 – Vento (m/s) dados da estação aeroporto

Vento (m/s)	Vento (m/s) 14 fev. a 27 mar.		Vento (m/s) 28 jul. a 08 set.	
	Máximo	Médio	Máximo	Médio
Máximo	13,05	3,61	8,88	4,44
Médio	6,23	2,08	5,34	1,90
Mínimo	2,22	0,83	2,77	0,83

4.2 TEMPERATURAS E UMIDADES EXTREMAS E MÉDIAS MEDIDAS NAS DUAS ESTAÇÕES

Tabela 8 - Estatística descritiva dos dados da estação quente úmida, 14 fev. a 27 mar. 2012, nos quatro pontos da pesquisa

	Mangueira			Grama			Concreto			Asfalto		
	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C
Mínima	21,84	36,58	21,10	21,53	38,27	21,10	21,75	33,76	21,34	21,68	30,82	21,15
Máxima	35,00	94,26	38,03	36,55	97,30	48,91	37,59	96,86	47,35	39,21	97,26	48,50
Amplitude	13,16	57,68	16,93	15,02	59,03	27,81	15,84	63,10	26,01	17,53	66,44	27,35
Média	27,09	75,03	27,29	27,23	76,40	29,51	28,24	72,15	29,92	28,30	70,48	30,17

Os valores das temperaturas máximas do ar ($T_{bsmáx}$), das suas amplitudes, das médias, e os valores das amplitudes da umidade relativa (UR), na primeira medição, apresentaram em ordem crescente dos seguintes pontos de medição: mangueira, grama, concreto e asfalto. Enquanto os valores das temperaturas mínimas do ar ($T_{bsmín}$) se comportaram em torno de 21°C em ordem crescente na seguinte sequência dos pontos de medição: grama, asfalto, concreto e mangueira. Sob a copa da mangueira tem-se a maior $T_{bsmín}$ e a menor umidade relativa máxima. As médias da temperatura do ar dos pontos variaram neste período quente úmido de 27,09°C a 28,30°C (Tabela 8).

Tabela 9 - Estatística descritiva dos dados da estação quente seca, 28 jul. a 08 set. 2012, nos quatro pontos da pesquisa

	Mangueira			Grama			Concreto			Asfalto		
	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C	Tbs ˚C	UR %	TG ˚C
Mínima	14,70	13,52	14,50	13,69	12,89	13,26	14,34	13,28	14,10	14,19	12,13	13,91
Máxima	39,66	83,55	40,41	42,09	92,28	50,72	41,41	86,32	48,96	41,91	85,96	48,37
Amplitude	24,96	70,03	25,71	28,40	79,39	37,46	27,07	73,04	34,86	27,72	73,83	34,46
Média	28,63	42,66	28,43	27,55	46,47	28,93	28,86	43,22	30,46	28,84	42,59	30,23

A segunda medição ocorreu na estação quente seca, como se pode observar umidade relativa mínima variando de 12,13% no asfalto, 7 set. às 15h20, até 13,52% sob a copa da mangueira, 7 set. às 16h05. As amplitudes de Tbs, UR e TG foram maiores neste segundo período do que no primeiro. As médias da temperatura de globo, TG, apresentaram um crescimento na seguinte ordem: mangueira, grama,

asfalto e concreto. Enquanto que as médias da umidade relativa apresentaram a seguinte ordem crescente: asfalto, mangueira, concreto e grama. As médias da temperatura do ar dos pontos variaram neste período quente seco de 27,55°C a 28,86°C, superando os valores do período quente úmido (Tabela 9).

4.3 TBS, UR DOS QUATROS PONTOS E DO AEROPORTO NAS DUAS ESTAÇÕES

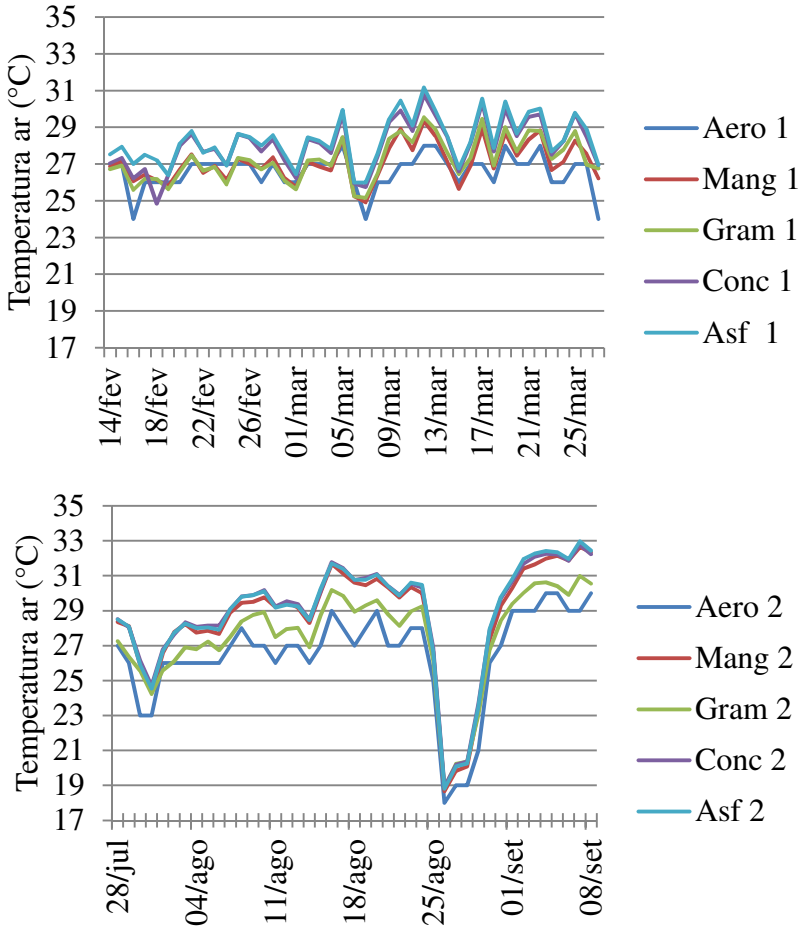


Figura 18 – Temperatura do ar média diária dos quatros pontos e do aeroporto nas duas medições

Tabela 10 – Tbs (°C) eUR (%) extremos e médios das médias diárias de, 14 fev. a 27 mar. 2012, no aeroporto e nos quatro pontos da pesquisa

	Temperatura do ar (°C)					Umidade Relativa (%)				
	Mang	Gram	Conc	Asf	Aero	Mang	Gram	Conc	Asf	Aero
Mín	24,92	25,16	24,84	25,99	24,00	65,76	67,33	61,75	59,58	65,00
Méd	27,09	27,23	28,03	28,30	26,58	75,02	76,39	72,39	70,48	74,51
Máx	29,35	29,54	30,77	31,17	28,00	84,82	85,13	82,77	79,96	82,00

Os valores das temperatura do ar médias diárias, na estação quente úmida decresceu dos pontos: asfalto concreto, grama, mangueira e aeroporto. As amplitudes do mês de fevereiro foram menores que as do mês de março. Na estação quente seca o concreto apresentou valores semelhantes ao asfalto apresentando os maiores valores médios diário de Tbs, A mangueira apresentou valores de Tbs médios diários superiores ao da grama (Figura 18).

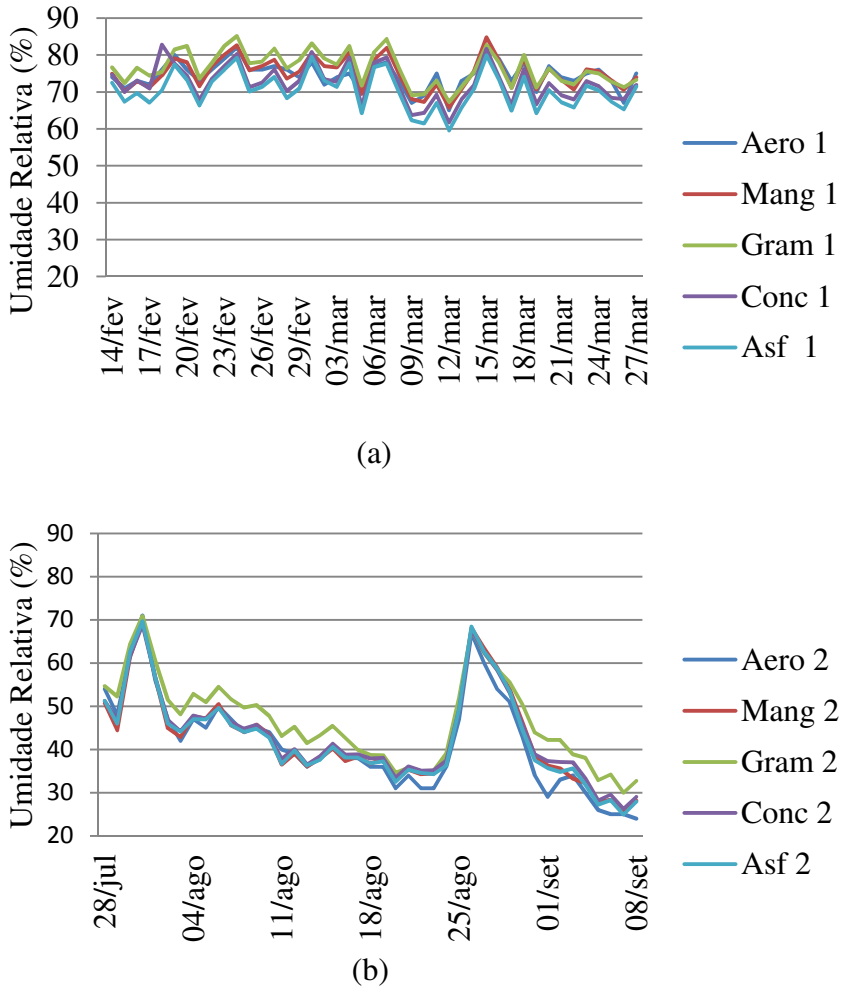


Figura 19 – Umidade Relativa do ar média diária dos quatros pontos e do aeroporto nas duas medições

Tabela 11 – Tbs (°C) e UR (%) extremos e médios das médias diárias de, 28 jul. a 08 set. 2012, no aeroporto e nos quatro pontos da pesquisa

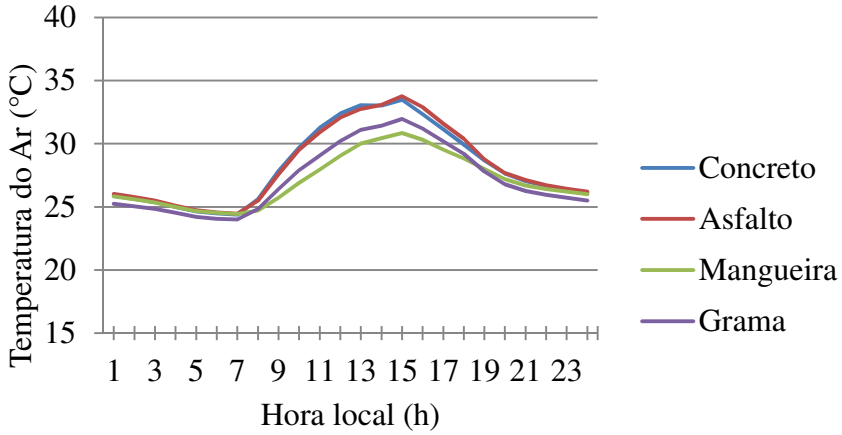
	Temperatura do ar (°C)					Umidade Relativa (%)				
	Mang	Gram	Conc	Asf	Aero	Mang	Gram	Conc	Asf	Aero
Mín	18,66	18,87	18,93	18,81	18,00	25,84	29,96	26,30	24,95	24,00
Méd	28,63	27,55	28,86	28,84	26,46	42,66	46,67	43,22	42,59	41,60
Máx	32,64	30,98	32,77	32,96	30,00	69,78	70,83	68,84	69,70	71,00

A umidade relativa, na estação quente úmida se comportou uniformemente nos seus valores médios com amplitudes pequenas e comportadas dentro da faixa de 70 a 80%. Enquanto que, na estação quente seca houve uma queda natural, atingindo as médias mínimas no período de 1 a 8 de setembro (Figura 19). A grama apresentou valores médios da umidade superiores em relação aos outros pontos nas duas estações, conforme as Tabelas 10 e 11.

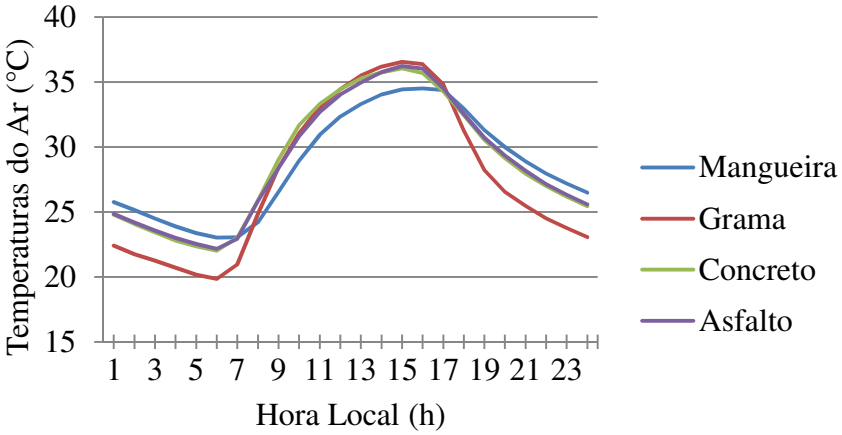
4.4 TBS, TG, UA, PET E UTCI DOS QUATROS PONTOS NAS DUAS MEDIÇÕES

As variáveis climáticas Tbs, TG, UA, PET e UTCI surgiram ao longo do tempo como uma parte das tentativas de quantificar as sensações térmicas das pessoas. As temperaturas de bulbo seco médias, na estação quente úmida nos quatros pontos, permitem algumas comparações entre si e com a estação quente seca. À noite a grama apresentou as menores temperaturas do ar, mas ultrapassou a sombra da mangueira durante o dia, nas duas estações. O ponto do concreto, no período matutino, ganhou mais energia térmica que outros pontos de medição e no período vespertino e à noite o ponto da grama perdeu esta energia mais rapidamente que os outros pontos. Este comportamento encontra justificativa no valor do albedo da superfície gramada que varia entre 0,25-0,30, enquanto nos pavimentos de concreto e asfalto, entre 0,10 - 0,35 e 0,05-0,20, respectivamente (Figura 7, apud ALVES (2010)). Como o albedo da superfície de concreto é maior que nas superfícies asfaltadas e gramadas, menor é o saldo de energia armazenado naquele ambiente do que nos outros revestimentos, o que provavelmente contribuiu para a elevação de temperatura do ar no local concreto. Em todos os pontos a Tbs média máxima ocorreu às 14h e mínima às 6h. Às 17h, as Tbs médias, no período úmido, foram de

aproximadamente 30°C, enquanto no período seco estão em torno de 34°C. Às 8h no período úmido, as Tbs médias foram aproximadamente 26°C, enquanto que no período seco foram de 24ºC. O período seco teve maior amplitude de Tbs que o úmido, pois, no período seco, há poucas nuvens fazendo que, à noite, a perda de energia térmica seja maior que no período úmido. Sob a mangueira, durante o dia, constatou-se as menores Tbs se comparadas com as Tbs de outros pontos. A Tbs máxima no primeiro período foi de 35°C e no segundo de 39,66°C (Figura 19).



(a)



(b)

Figura 20 - Comparação das Tbs dos 4 pontos de medição nas estações quente úmida e quente seca

As temperaturas de bulbo seco médias na estação quente úmida nos quatros pontos permitem algumas comparações entre si e com a estação quente seca. À noite a grama apresentou as menores temperaturas do ar, mas ultrapassou a sombra da

mangueira durante o dia, nas duas estações. O ponto do concreto, no período matutino, ganhou mais energia térmica que outros pontos de medição e no período vespertino e à noite o ponto da grama perdeu esta energia mais rapidamente que os outros pontos. Em todos os pontos a Tbs média máxima ocorreu às 14h e mínima às 6h. Às 17h, as Tbs médias, no período úmido, foram de aproximadamente 30°C, enquanto no período seco estão em torno de 34°C. Às 8h no período úmido, as Tbs médias foram aproximadamente 26°C, enquanto que no período seco foram de 24ºC. O período seco teve maior amplitude de Tbs que o úmido, pois, no período seco, há poucas nuvens fazendo que, à noite, a perda de energia térmica seja maior que no período úmido. Sob a mangueira durante o dia constatou-se as menores Tbs se comparadas com as Tbs de outros pontos. A Tbs máxima no primeiro período foi de 35°C e no segundo de 39,66°C (Figura 20).

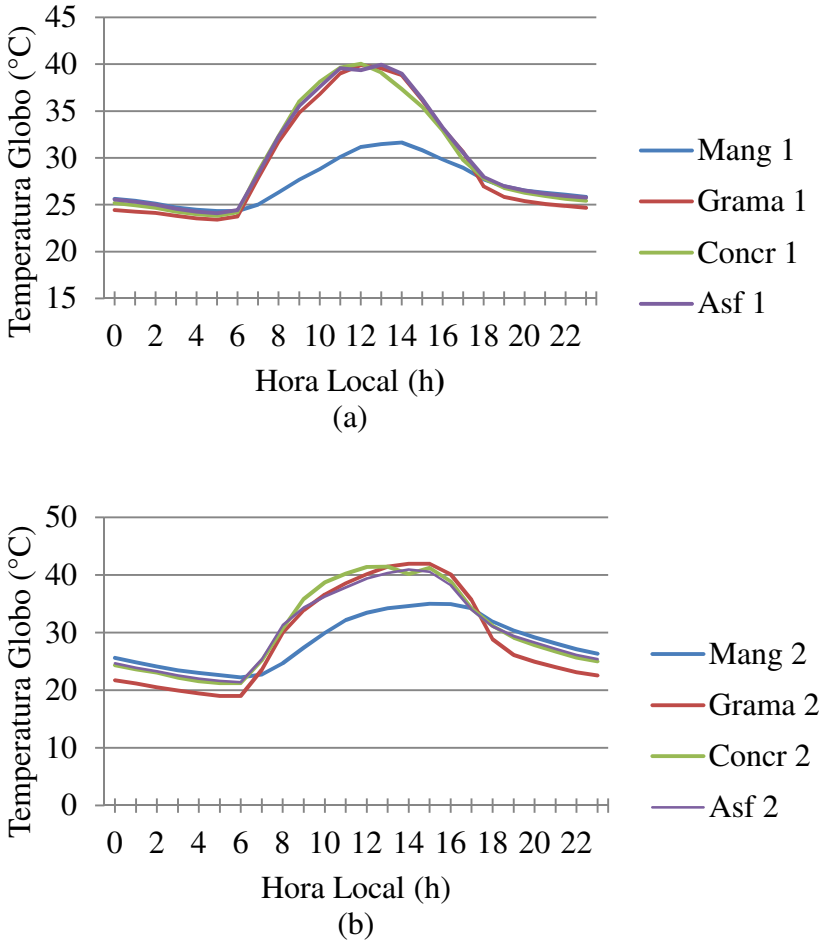


Figura 21 - Comparação das TG dos 4 pontos de medição nas estações quente úmida e quente seca

A temperatura de globo indica uma manifestação do balanço térmico que ocorre entre o calor ganho ou perdido por radiação e o calor perdido ou ganho por convecção (APLICAÇÃO, 2013). A temperatura de globo durante o período diurno é menor à sombra da mangueira e no período noturno é menor na grama. Quanto aos pontos concreto e asfalto, a temperatura de globo apresentou comportamentos semelhantes, ressaltando que o concreto pela manhã ganha mais energia térmica por radiação, mas no período da tarde perde mais facilmente que o asfalto sua energia térmica por convecção (Figura 21).

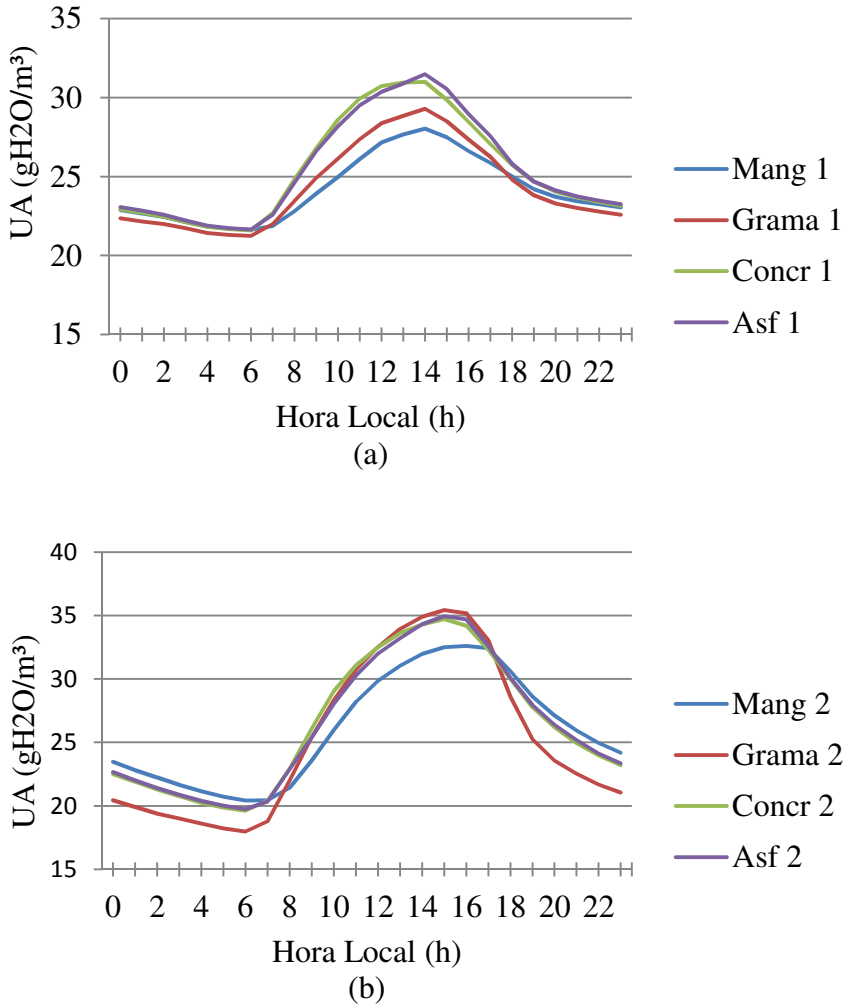


Figura 22 - Comparação das UA dos 4 pontos de medição nas estações quente úmida e quente seca

A umidade absoluta é a razão entre a quantidade de vapor de água pela quantidade de ar a uma dada temperatura. Em relação ao ponto mangueira, a

umidade absoluta se mostrou, nas duas medições, menor durante o dia e maior durante a noite que os demais pontos. Vale destacar o comportamento da grama que no período quente úmido, durante o dia, ficou menor em relação ao concreto e o asfalto, porém no período quente e seco, durante o dia, superou o concreto e o asfalto, indicando possuir a maior quantidade de vapor de água por quantidade de ar, isto porque nela durante o dia as temperaturas são altas (Figuras 21 e 22).

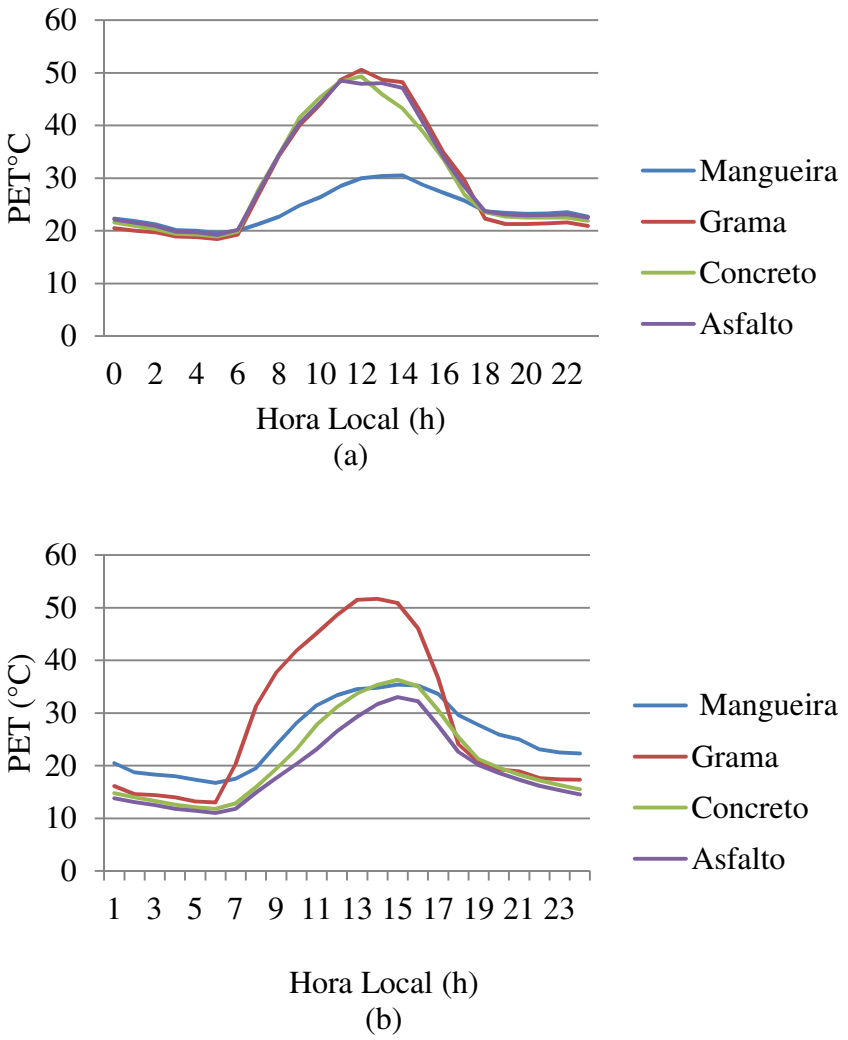
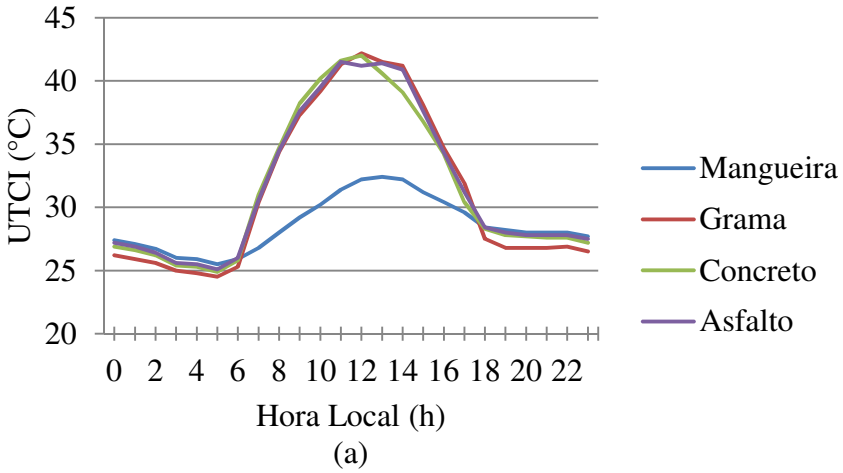


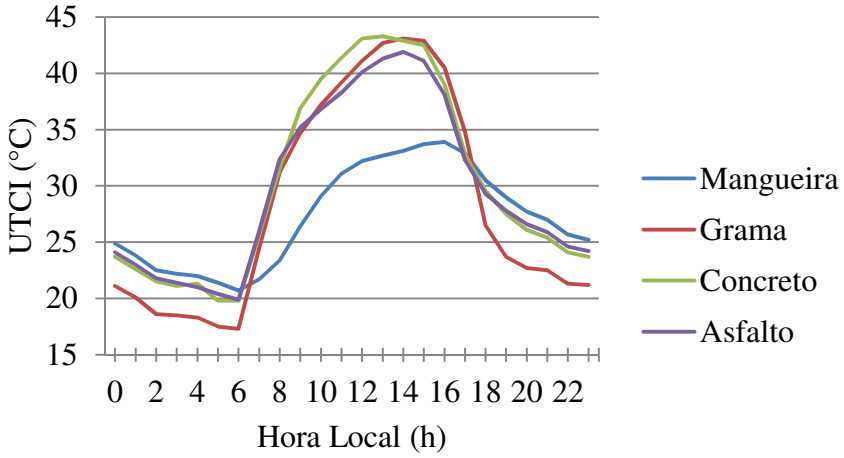
Figura 23 - Comparação dos PET dos 4 pontos de medição nas estações quente úmida e quente seca

O índice PET habilita a uma pessoa a comparar os efeitos integrais das condições termais externas com a sua própria experiência interna. Por exemplo, às 10h no ponto grama da segunda medição indicava um índice PET médio de 41,8°C,

isto significa que um ocupante de uma sala com temperatura do ar a 41,8°C sentiria a mesma sensação térmica nas condições externas. Höppe (1999) declara que em dias de verão quente com radiação solar direta o valor do PET é 20K mais alto que a temperatura do ar e num dia de inverno com vento 15K a menos. Utilizando a tabela do índice PET calibrado por Monteiro (2008) da subseção 2.5 deste trabalho que apresenta a faixa de 18 – 26 do PET(°C) como percepção térmica neutra ou confortável, somente no período noturno das 19h às 7h, os PET calculados, nos dois períodos, estão dentro desta faixa. Ou seja, somente à noite há possibilidade de conseguir a faixa conforto térmico. No período diurno à sombra da mangueira o PET é bem menor, nos dois períodos de medição, que os outros pontos de medição, atingindo o máximo de 35,4ºC às 15h no segundo período. Esta constatação, também faz Hirashima, (2010): estar à sombra pode ser uma ação de conforto adaptativo frequentemente utilizada para minimizar as influências das altas temperaturas radiantes médias encontradas ao sol e que aumentam significativamente os valores do PET. Esta constatação pode vir a confirmar a importância de proporcionar sombreamento nos espaços abertos em climas tropicais (Figura 23).



(a)



(b)

Figura 24 - Comparação dos UTCI dos 4 pontos de medição nas estações quente úmida e quente seca

Utilizando da tabela de Rossi, Krüger, Bröde, (2011) do UTCI para avaliar os quatros pontos nas duas medições, verifica-se que em média somente a grama na segunda medição das 2h às 6h apresenta na faixa de 9 a 18°C do índice UTCI correspondendo a categoria de sem estresse térmico. O período noturno nas duas medições e nos quatro pontos apresenta-se na faixa de UTCI de 26 a 32°C que corresponde ao estresse moderado para calor. A grama, o concreto e o asfalto, no período diurno das 10 às 17h apresentam índices até 43°C, dentro da faixa de muito forte estresse para o calor, porém não atingem a faixa do extremo estresse para calor. Novamente o sombreamento da mangueira apresenta índice inferior a 35°C quase que totalmente na faixa de moderado estresse para calor (Figura 24).

4.5 RESPOSTAS EM PERCENTUAIS DAS ALTERNATIVAS NOS QUATROS PONTOS DE MEDIÇÃO NAS ESTAÇÕES QUENTE ÚMIDA E QUENTE SECA

As sensações térmicas dos indivíduos são efeitos de diversas causas que se situam em niveis climáticos, fisiológicos, psicológicos, e de comportamentos. Portanto, dependem de causas objetivas e subjetivas. Esta seção tratou dos aspectos subjetivos das respostas fornecidas pelos entrevistados nos dois períodos de medição, ou seja, nas estações quente úmida e quente seca.

Tabela 12 – PET (°C), UTCI (°C) mínimo, médio, desvio padrão e máximo nos quatro pontos de medição nas estações quente úmida e quente seca

		Estação quente úmida (1)				Estação quente seca (2)			
		Mang	Gram	Conc	Asf	Mang	Gram	Conc	Asf
PET	Mín	23,50	24,60	21,00	21,60	06,70	06,70	09,30	08,90
	Méd	26,55	37,99	38,96	38,54	16,00	09,23	12,75	14,54
	DP	±1,30	±8,98	±7,62	±8,93	±6,32	±1,97	±3,85	±2,58
	Máx	28,30	53,10	52,00	55,60	25,90	13,90	19,10	17,80
UTCI	Mín	27,60	28,40	25,40	25,70	09,10	08,70	12,21	11,20
	Méd	29,90	35,81	36,82	36,66	18,82	12,08	16,18	18,85
	DP	±1,04	±4,61	±4,48	±4,49	±5,80	±2,48	±4,69	±3,37
	Máx	31,20	44,20	44,30	45,60	27,30	17,70	23,50	22,10

Na Tabela 12, os índices PET e UTCI traduziram as sensações térmicas dos entrevistados durante a aplicação dos questionários nos quatro pontos da pesquisa nas duas medições. O índice PET da mangueira, em média, foi menor, na estação quente úmida, que os outros, enquanto que, na estação quente seca, foi o maior, isto se deve fato da localização do abrigo da mangueira estar sob o seu sombreamento formando uma proteção aos ventos frios da estação quente seca. O UTCI, nos revestimentos de grama, de concreto e de asfalto, apresentaram, em média, temperaturas superiores as do sombreamento arbóreo da mangueira, na estação quente úmida, enquanto que, na estação quente seca apresentou uma ordem crescente seguinte: grama, concreto, mangueira e asfalto. Na estação quente seca, houve uma queda dos índices PET e UTCI no revestimento grama (tabela 12).

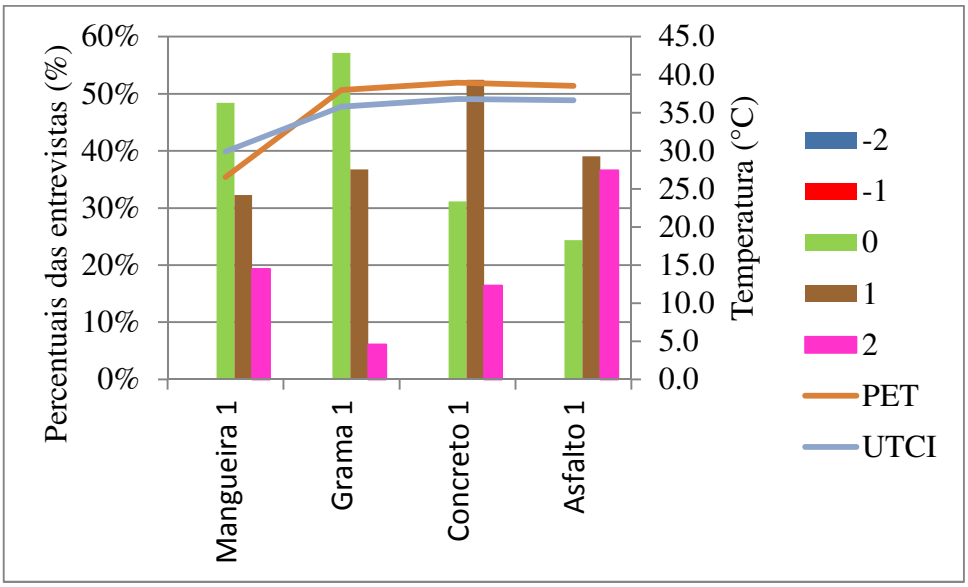


Figura 25 – Resultados da pergunta 1 – Sentir frio ou calor/SFC, dos quatro pontos e realizadas na primeira medição: quente úmida

Tabela 13 - Resultados das entrevistas referentes à variavel SFC (Sentir frio ou calor) na primeira medição: quente úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0	48,39%	57,14%	31,15%	24,39%
1	32,26%	36,73%	52,46%	39,02%
2	19,35%	6,12%	16,39%	36,59%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

Quanto às respostas à sensação de frio ou calor, (1.SFC), na estação quente úmida, sentir nem frio nem calor prevaleceu na grama e na mangueira enquanto no concreto e asfalto prevaleceu o sentir calor. Como o concreto apresenta o maior albedo que outros materiais, emite mais facilmente a radiação recebida e por isso aquece mais o ar atmosférico neste tipo de revestimento fazendo seus usuários declararem o maior percentual de sentir calor (52,46%). O asfalto apresentou a maior porcentagem de sentir muito calor. Houve uma acentuada tendência da sensação ao muito calor do que ao muito frio, em todos os pontos (Figura 25 e Tabela 13).

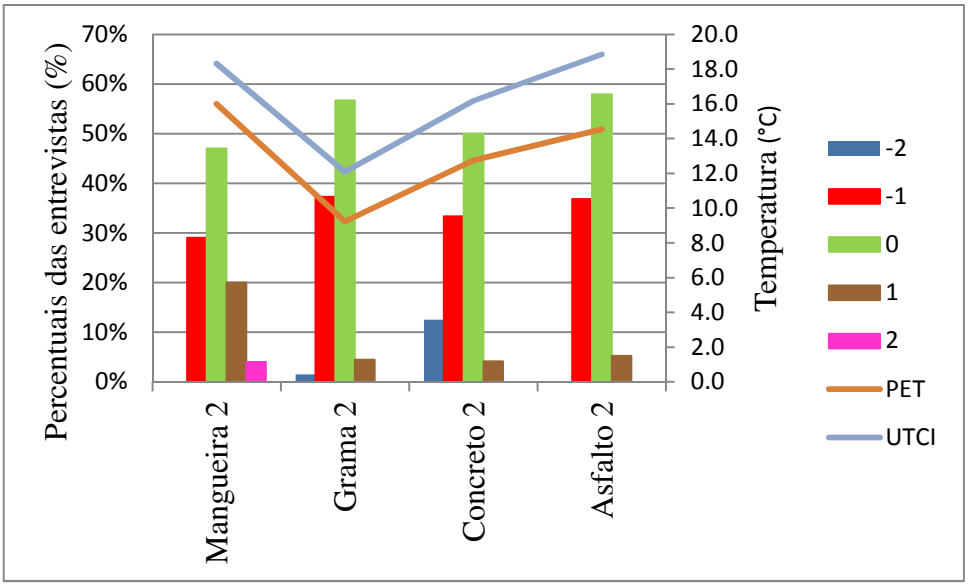


Figura 26 – Resultados da pergunta 1 – Sentir frio ou calor/SFC, dos quatro pontos e realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 14 - Resultados das entrevistas referentes à variavel SFC (Sentir frio ou calor) na segunda medição: quente seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	0,00%	1,49%	12,50%	0,00%
-1	29,00%	37,31%	33,33%	36,84%
0	47,00%	56,72%	50,00%	57,89%
1	20,00%	4,48%	4,17%	5,26%
2	4,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

Quanto às respostas à sensação de frio ou calor, (1.SFC), a neutralidade prevaleceu aos graus de calor ou frio, em todos os pontos. Na estação quente seca a tendência foi para a direção do frio, chegando a 12,50% ao muito frio no ponto concreto 2 (Figura 26 e Tabela 14). Esta tendência tem justificativa no fenômeno da friagem que atinge a região de Cuiabá no inverno proveniente de ventos vindo do sul citado por Campelo Júnior et. al. (1991) durante alguns dias de entrevistas.

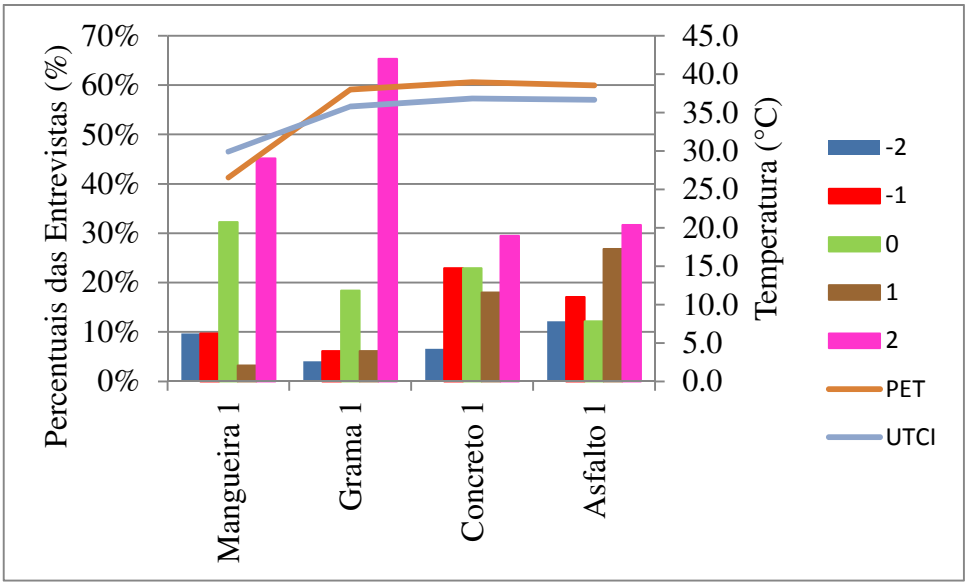


Figura 27 - Respostas da pergunta 2 – Estar confortável ou desconfortável/ECD nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 15 - Resultados das entrevistas referentes à variavel ECD (Estar confortável ou desconfortável) na primeira medição: quente úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	9,68%	4,08%	6,56%	12,20%
-1	9,68%	6,12%	22,95%	17,07%
0	32,26%	18,37%	22,95%	12,20%
1	3,23%	6,12%	18,03%	26,83%
2	45,16%	65,31%	29,51%	31,71%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

Quanto à pergunta estar confortável ou não, (2.ECD), houve um percentual enorme de resposta ao estar confortável, ressalvando que as pessoas costumeiramente declaram que estão bem, pode ter aqui um viés, mas que é muito difícil o sua revelação, esta pesquisa opta pela explicação da adaptação, que, conforme Nikolopoulou, (2004), é a diminuição gradual da resposta do organismo à exposição repetida a um estímulo, envolvendo todas as ações que torna as pessoas mais adequadas pra sobreviver ao ambiente que estão inseridas. Na estação quente úmida, o revestimento grama liderou o conforto (65,31%) podendo indicar que os nossos

espaços sejam mais gramados que aos revestimentos impermeabilizantes. O asfalto 1, com 12,20%, liderou o estar desconfortável (Tabela 15 e Figura 26).

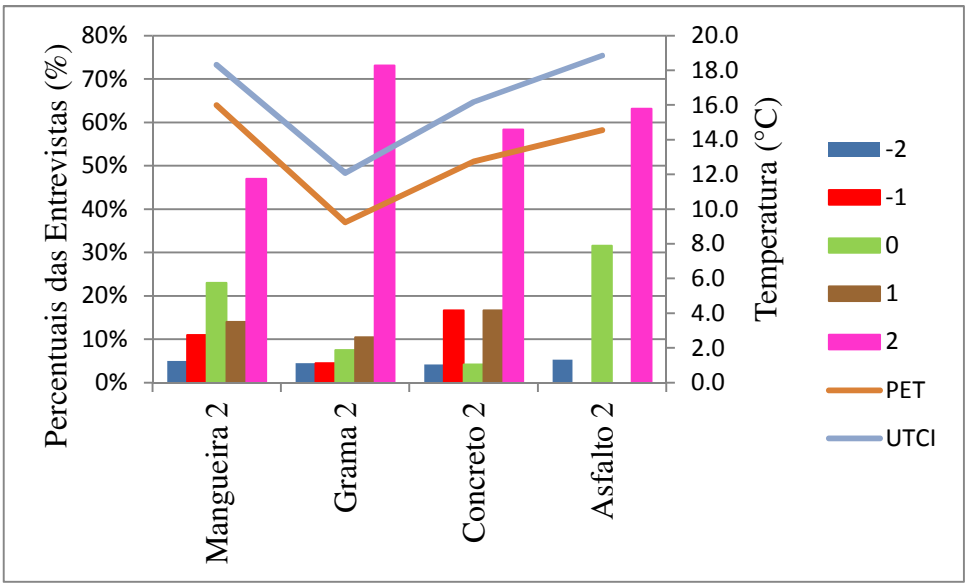


Figura 28 - Respostas da pergunta 2 – Estar confortável ou desconfortável/ECD nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 16 - Resultados das entrevistas referentes à variavel ECD (Estar confortável ou desconfortável) na segunda medição: quente-seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	5,00%	4,48%	4,17%	5,26%
-1	11,00%	4,48%	16,67%	0,00%
0	23,00%	7,46%	4,17%	31,58%
1	14,00%	10,45%	16,67%	0,00%
2	47,00%	73,13%	58,33%	63,16%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

O estar confortável, na estação quente seca, aumenta consideravelmente em relação à quente úmida, isto porque a umidade é menor facilitando a evaporação do suor com resfriamento da temperatura superficial da pele. Esta sensação foi maior na grama 2 (73,13%), enquanto que o menor índice de desconforto foi no concreto 2 (Tabela 16 e Figura 28).

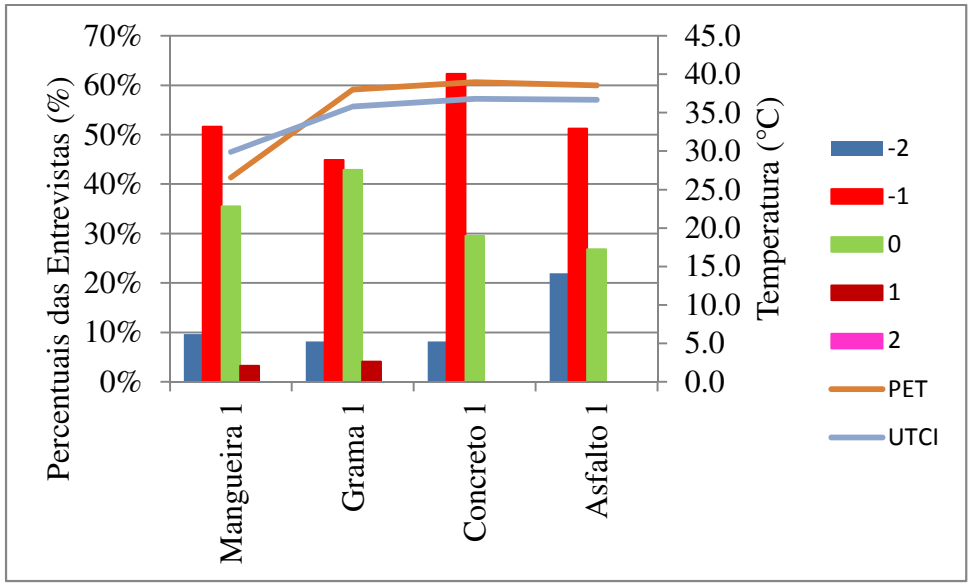


Figura 29 - Respostas da pergunta 3 – Preferir frio ou calor/PFC nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 17 - Resultados das entrevistas referentes à variavel PFC (Preferir frio ou calor) na primeira medição: quente-umido

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	9,68%	8,16%	8,20%	21,95%
-1	51,61%	44,90%	62,30%	51,22%
0	35,48%	42,86%	29,51%	26,83%
1	3,23%	4,08%	0,00%	0,00%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

Apesar da pergunta preferir frio ao calor, (3.PFC), ser um parâmetro de verificação da sinceridade das anteriores, revela que houve uma preferência acentuada por preferir a sensação de frio ao calor, na estação quente úmida (1), nos revestimentos e mangueira 1 e sendo menor esta tendência na grama 1 e na grama 2 corroborando a conclusão anterior (Figura 28 e 29). O asfalto 1 apresentou o maior percentual (21,95%) de sentir muito mais frio (Tabela 17 e Figura 29).

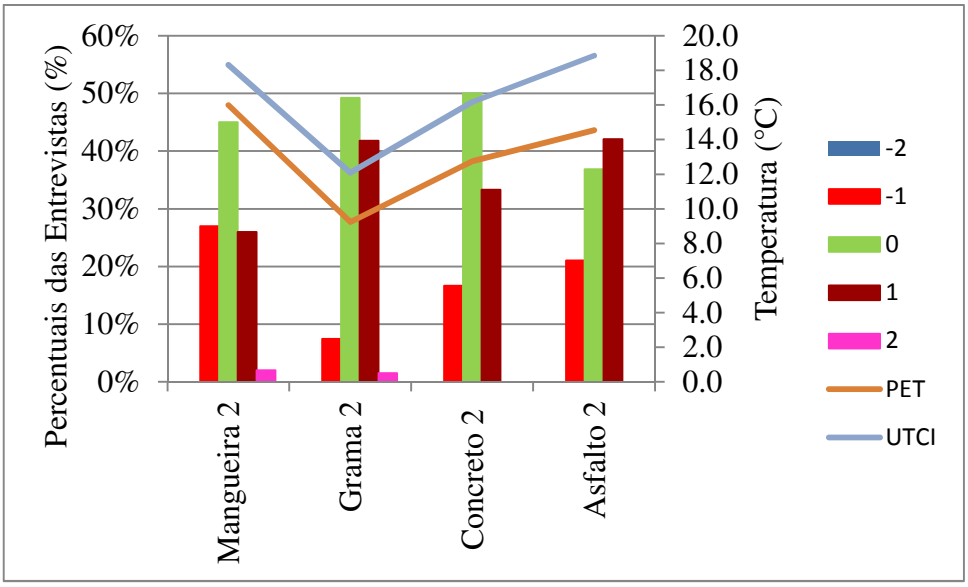


Figura 30 - Respostas da pergunta 3 – Preferir frio ou calor/PFC nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 18 - Resultados das entrevistas referentes à variavel PFC (Preferir frio ou calor) na segunda medição: quente seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	27,00%	7,46%	16,67%	21,05%
0	45,00%	49,25%	50,00%	36,84%
1	26,00%	41,79%	33,33%	42,11%
2	2,00%	1,49%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

Na estação quente seca, a preferência por sentir nem frio nem calor aumenta consideravelmente em relação à estação quente úmida e inverte a tendência para sentir calor principalmente nos pontos grama, concreto e asfalto por serem mais abertos e sujeitos à maior ação do vento, quando na estação quente seca ocorre o fenômeno da friagem (CAMPELO JÚNIOR et. Al., 1999) (Tabela 17, Tabela 18 e Figura 30).

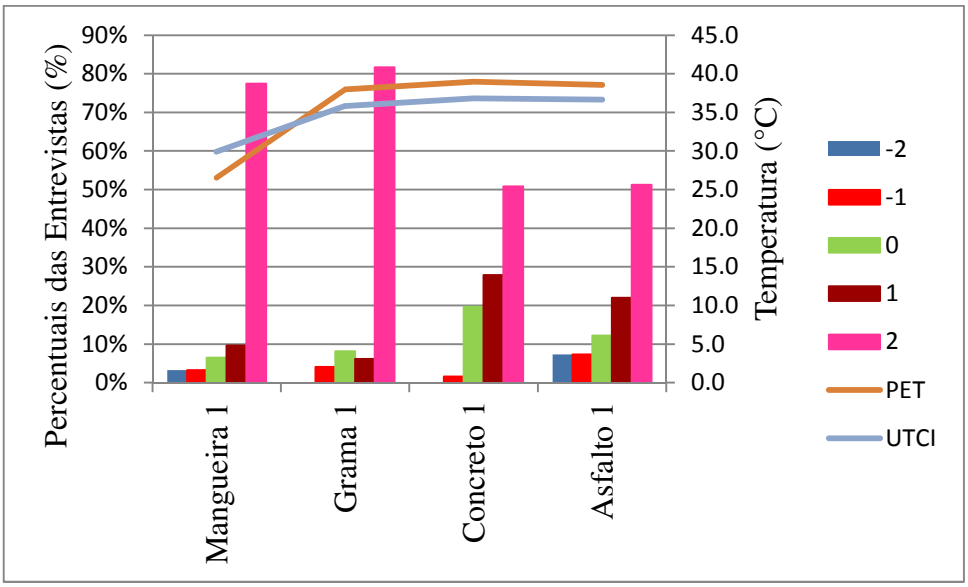


Figura 31 - Respostas da pergunta 4 – Estar tolerável ou intolerável/ETI nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 19 - Resultados das entrevistas referentes à variavel ETI (Estar tolerável ou intolerável) na primeira medição: quente úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	3,23%	0,00%	0,00%	7,32%
-1	3,23%	4,08%	1,64%	7,32%
0	6,45%	8,16%	19,67%	12,20%
1	9,68%	6,12%	27,87%	21,95%
2	77,42%	81,63%	50,82%	51,22%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

Estas respostas a pergunta estar tolerável ou intolerável, (4.ETI), estão corroborando a segunda pergunta sobre o conforto e mostrando que os entrevistados apresentam forte tendência à adaptação, apesar da possibilidade do viés já citado. Deve-se notar que a grama, na estação quente úmida, agrada mais que todos os outros pontos, isto porque ela está verde nesta estação e não seca como na estação quente seca, conforme a Figura 11c, cuja foto foi tirada nesta estação (Figura 31 e Tabela 19).

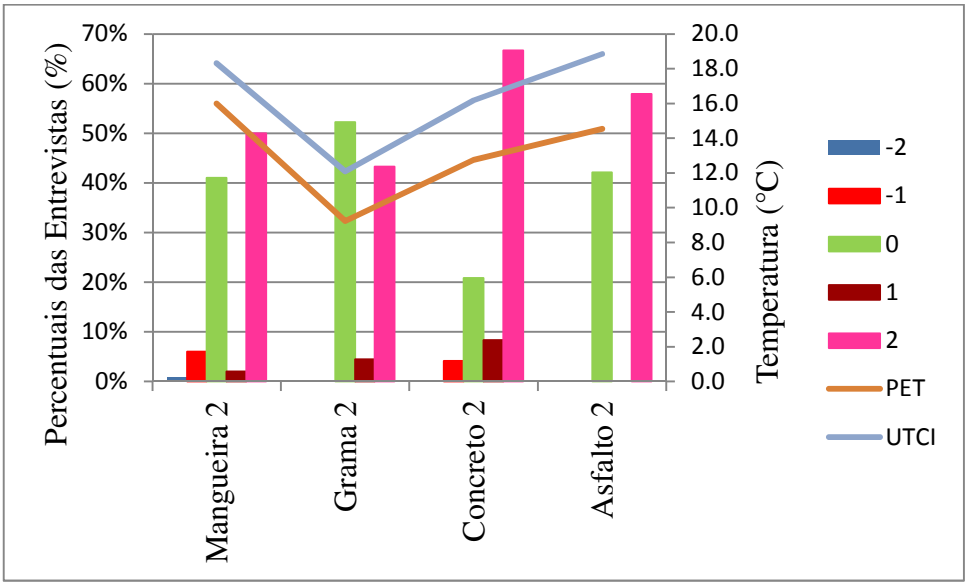


Figura 32 - Respostas da pergunta 4 – Estar tolerável ou intolerável/ETI nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 20 - Resultados das entrevistas referentes à variavel ETI (Estar tolerável ou intolerável) na segunda medição: quente seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	6,00%	0,00%	4,17%	0,00%
0	41,00%	52,24%	20,83%	42,11%
1	2,00%	4,48%	8,33%	0,00%
2	50,00%	43,28%	66,67%	57,89%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

Na estação quente seca, a alternativa tolerável apresentou maiores índices (Tabela 20) em todos os pontos. O ponto grama 2 apresentou o menor índice (43,28%) pelo fato de que, na estação quente seca, está sofrendo o défice hídrico e não apresentar a coloração verde que tanto agrada. A maior tolerância (66,67%) foi do ponto concreto 2 (Figura 32 e Tabela 20).

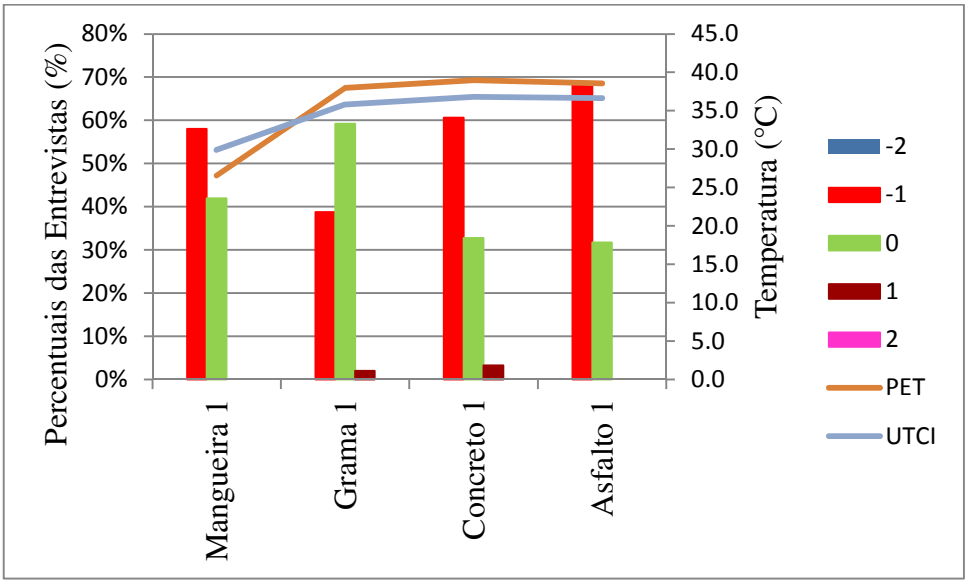


Figura 33 - Respostas da pergunta 5 – Temperatura Baixa ou Alta /TBA nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 21 - Resultados das entrevistas referentes à variavel TBA (Temperatura baixa ou alta) na primeira medição: quente úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	58,06%	38,78%	60,66%	68,29%
0	41,94%	59,18%	32,79%	31,71%
1	0,00%	2,04%	3,28%	0,00%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

Apesar da pergunta preferir temperatura baixa a alta, (5.TBA), ser mais um parâmetro de verificação da sinceridade das anteriores, revela que houve uma preferência acentuada por preferir a temperatura baixa principalmente na estação quente úmida. O revestimento grama 1 tem o maior percentual de neutralidade, mostrando mais uma vez a agradabilidade do revestimento grama (Figura 33 e Tabela 21).

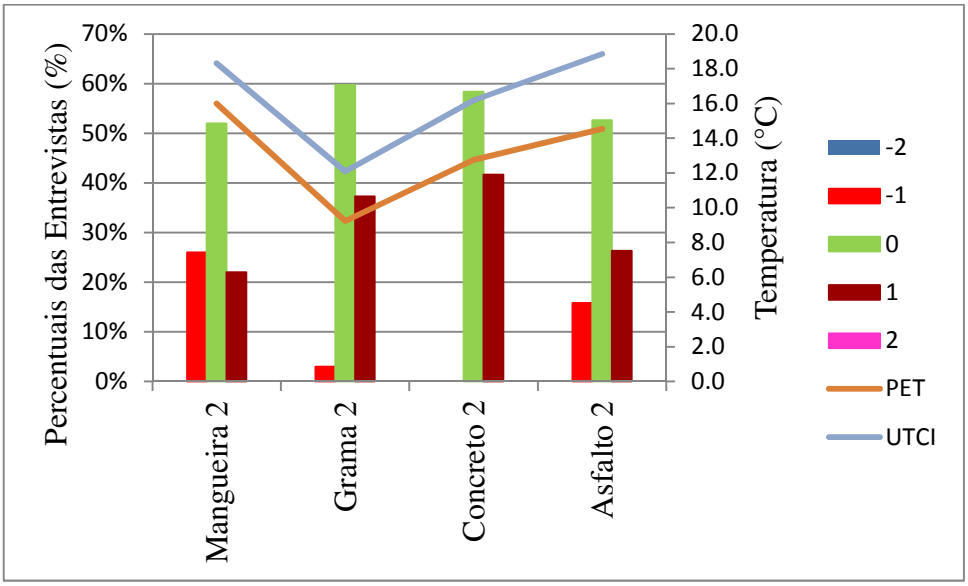


Figura 34 - Respostas da pergunta 5 – Temperatura baixa ou alta/TBA nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 22 - Resultados das entrevistas referentes à variavel TBA (Temperatura baixa ou alta) na segunda medição: quente seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	26,00%	2,99%	0,00%	15,79%
0	52,00%	59,70%	58,33%	52,63%
1	22,00%	37,31%	41,67%	26,32%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

Na estação quente seca, a preferência pela temperatura como estava durante a entrevista foi predominante em todos os pontos, e um pouco menor uma preferência por temperatura mais alta, uma vez que grande parte das entrevistas foi feita durante o efeito de frentes frias oriundas das regiões sul-americanas. Estas preferências se ordenaram decrescentemente assim: concreto 2, grama 2, asfalto 2 e mangueira 2 (Figura 34 e Tabela 22).

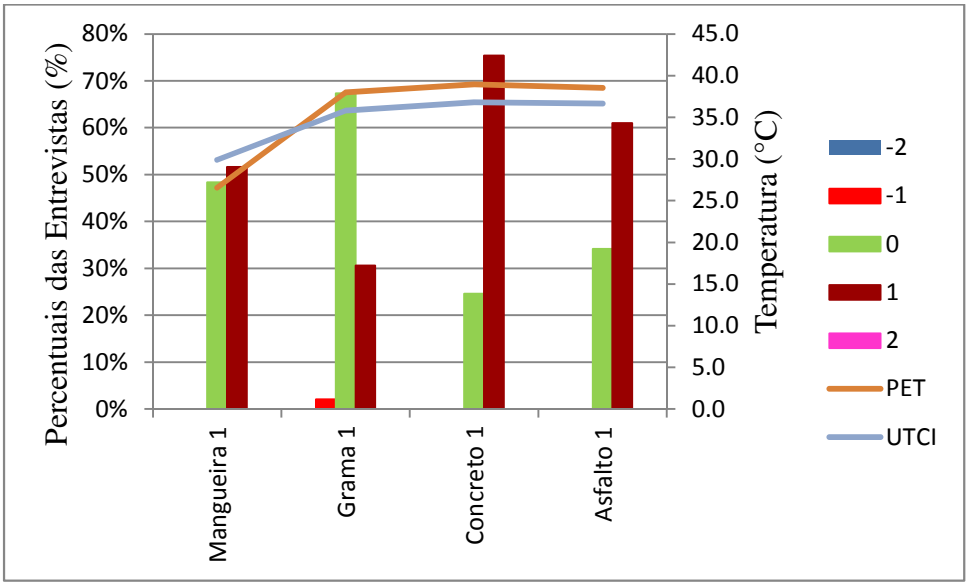


Figura 35 - Respostas da pergunta 6 – Ar Seco ou Úmido/USU nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 23 - Resultados das entrevistas referentes à variavel USU (Ar seco ou úmido) na primeira medição: quente úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	0,00%	2,04%	0,00%	0,00%
0	48,39%	67,35%	24,59%	34,15%
1	51,61%	30,61%	75,41%	60,98%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

As respostas pela preferência pelo ar mais úmido, na estação quente úmida, são curiosas, indicando uma falta de clareza quanto à função da umidade nas sensações e preferências térmicas. Quando a umidade é alta, há uma sensação de tempo abafado o que causa desconforto, ai surge uma preferência não consistente pelo ar mais úmido. Quando o ideal seria mais seco para facilitar a evaporação do suar tirando energia térmica da pele, portanto refrescando o corpo que está sempre produzindo calor, principalmente, nesta ocasião, em que os usuários estão fazendo caminhada e param para responder ao questionário (Figura .35 e Tabela 23).

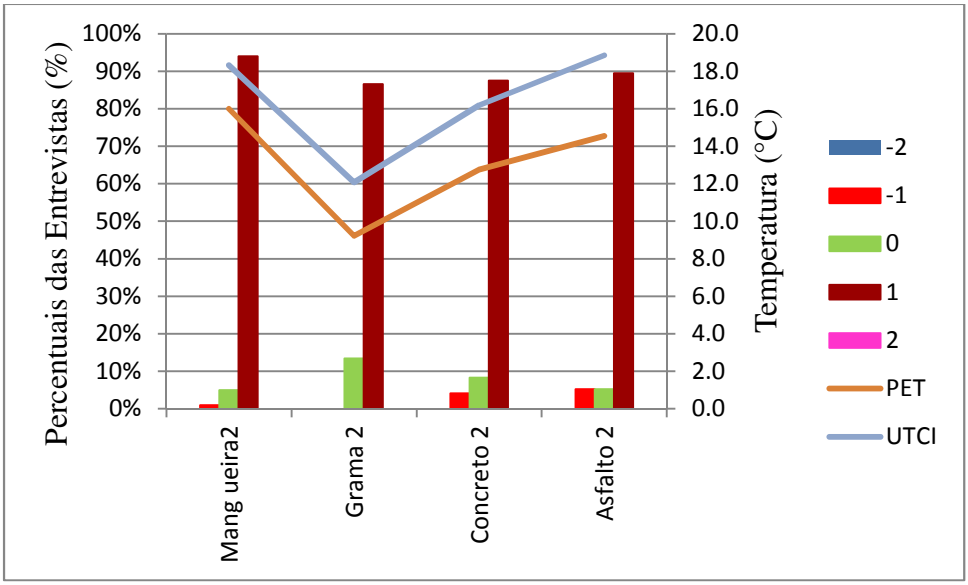


Figura 36 - Respostas da pergunta 6 – Ar Seco ou Úmido/USU nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 24 - Resultados das entrevistas referentes à variavel USU (Ar seco ou úmido) na segunda medição: quente seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	1,00%	0,00%	4,17%	5,26%
0	5,00%	13,43%	8,33%	5,26%
1	94,00%	86,57%	87,50%	89,47%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

Como as perguntas de preferências são verificadoras da sinceridade das de estar, elas também revelaram alguma tendência e obviedade como preferir ar mais úmido na estação quente seca, apesar de alguns teóricos afirmarem que a umidade é menos perceptível que outros índices indicadores de sensação térmica. A preferência maior por umidade se deu no ponto asfalto 2 confirmando que o asfalto e mais desagradável que os outros revestimentos (Figura 36 e Tabela 24).

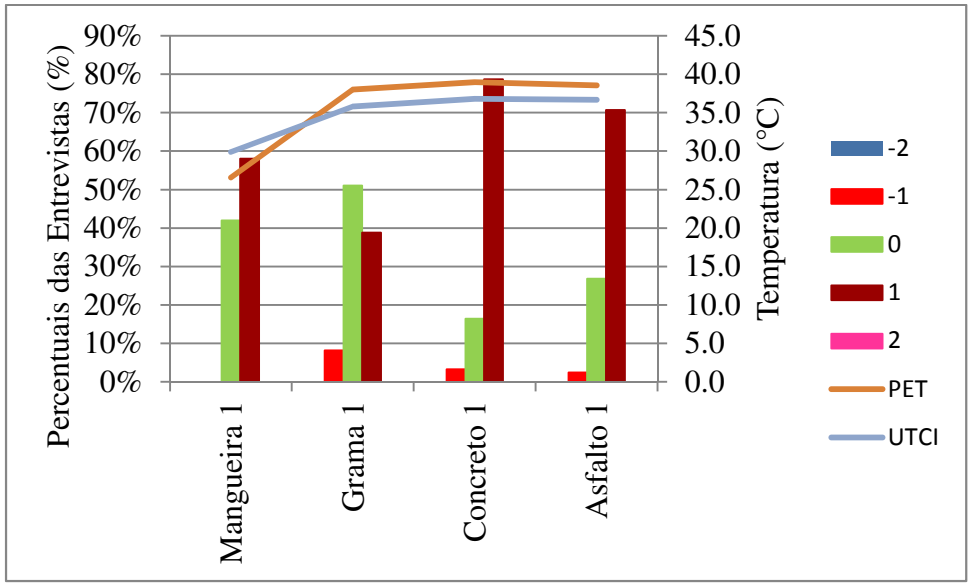


Figura 37 - Respostas da pergunta 7 – Vento fraco ou forte/VFF nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 25 - Resultados das entrevistas referentes à variavel VFF (Vento fraco ou forte) na primeira medição: quente úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	0,00%	8,16%	3,28%	2,44%
0	41,94%	51,02%	16,39%	26,83%
1	58,06%	38,78%	78,69%	70,73%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

As respostas de preferência por ventos mais fortes é muito consistente, pois os usuários sentindo o tempo abafado sentem a necessidade de ventos fortes para refrescarem através de uma perda de energia térmica por convecção. A grama, no entanto, dá uma sensação de espaço livre sem obstáculo, portanto vaforáveis ao vento (Figura 37 e Tabela 25).

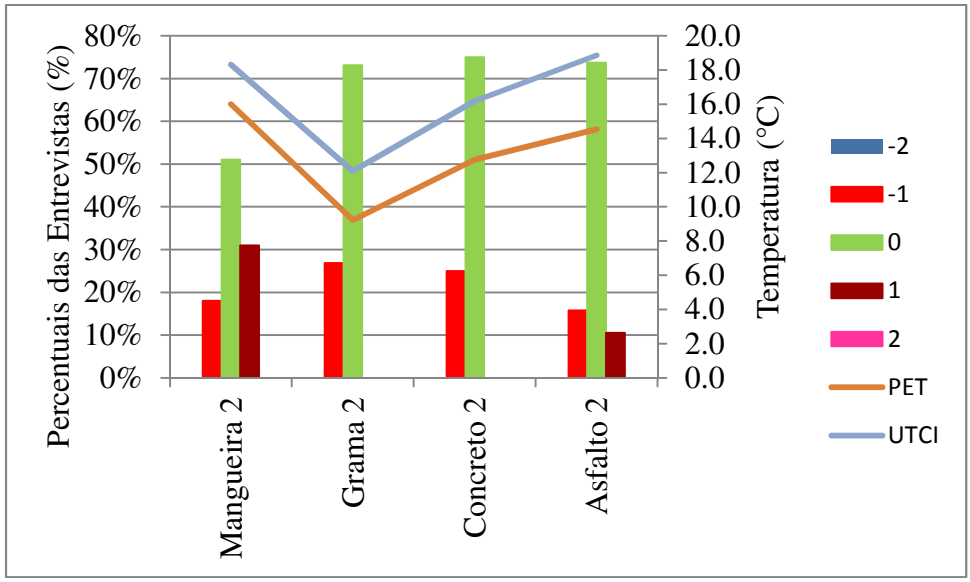


Figura 38 - Respostas da pergunta 7 – Vento fraco ou forte/VFF nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 26 - Resultados das entrevistas referentes à variavel VFF (Vento fraco ou forte) na segunda medição: quente seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 2	Grama 2	Concreto 2	Asfalto 2
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	18,00%	26,87%	25,00%	15,79%
0	51,00%	73,13%	75,00%	73,68%
1	31,00%	0,00%	0,00%	10,53%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C))±DP	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

As respostas a pergunta preferir ventos fraco ou forte (7.VFF), como indicadores de verificação também revelou uma tendência para neutralidade da intensidade do vento, excetuando nos seguintes pontos: mangueira1; concreto1; e asfalto1. Mas uma vez o ponto grama na estação quente e seca apresenta isenção de ventos fortes, por estar o lugar agradável (Figura 38 e Tabela 26).

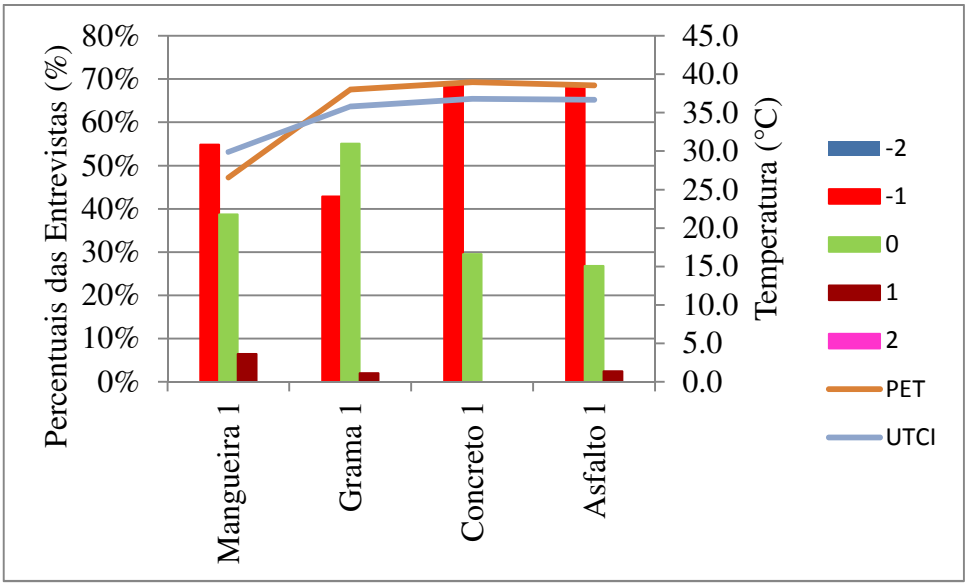


Figura 39 - Respostas da pergunta 8 – Radiação branda ou intensa/RBI nos quatro pontos e, realizado na primeira medição: quente úmida

Tabela 27 - Resultados das entrevistas referente a variavel RBI (Radiação branda ou intensa) na primeira medição: quente-úmida

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	54,84%	42,86%	68,85%	68,29%
0	38,71%	55,10%	29,51%	26,83%
1	6,45%	2,04%	0,00%	2,44%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)±DP	26,55±1,30	37,99±8,98	38,96±7,62	38,54±8,93
UTCI (°C))±DP	29,90±1,04	35,81±4,61	36,82±4,48	36,66±4,49

A preferência por radiação mais branda, numa estação quente úmida, é muito própria, pois há uma sensação de que as radiações menos intensas poderiam aliviar o estresse ´térmico sentido nesta estação por conta do excesso de umidade. O concreto apresenta o maior índice de preferência(68,85%) por ser uma superfície mais clara que as demais, refletindo mais as radiações, portanto aumentando as radiações de onda longa que somadas as de longa curtas dão um estresse térmico maior (Figura 39 e Tabela 27).

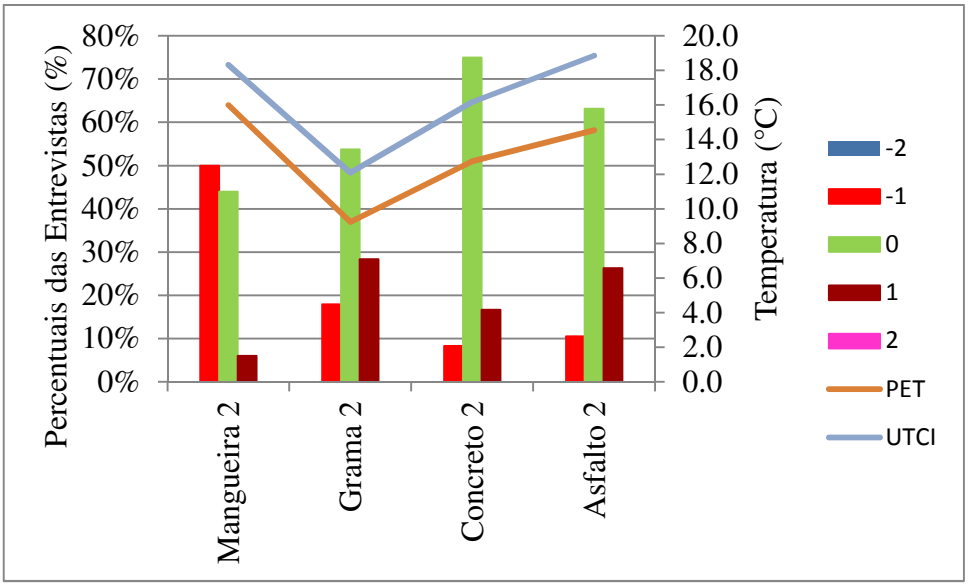


Figura 40 - Respostas da pergunta 8 – Radiação branda ou intensa/RBI nos quatro pontos e, realizado na segunda medição: quente seca

Tabela 28 - Resultados das entrevistas referentes à variavel RBI (Radiação branda ou intensa) na segunda medição: quente-seca

Sencação térmica (SFC)	Mangueira 1	Grama 1	Concreto 1	Asfalto 1
-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
-1	50,00%	17,91%	8,33%	10,53%
0	44,00%	53,73%	75,00%	63,16%
1	6,00%	28,36%	16,67%	26,32%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PET (°C)	15,99±6,32	9,23±1,97	12,75±3,85	14,54±2,58
UTCI (°C)	18,32±5,80	12,08±2,48	16,18±4,69	18,85±3,37

Na estação quente seca, a última pergunta, preferir radiação branda ou intensa (8.RBI), como verificadora apresenta respostas que demonstraram equilíbrio entre a preferência radiação mais branda, e a neutralidade, com destaque, mais uma vez, para a agradabilidade do ponto grama. A aceitação da radiação como estava se deu pelo fato de na estação quente seca a atmosfera estar com grande concentração de aerossóis que diminui a intensidade dos raios solares incidentes, enquanto na estação quente úmida a atmosfera está com pouca concentração de aerossóis por causa das chuvas, os entrevistados disseram que prefeririam radiação mais branda. Nesta estação é comum se recomendar o uso de protetor solares (Figura 39 e Tabela 28).

4.6. DETERMINAÇÃO ESTATÍSTICA EM ÁRVORE DE DECISÃO DAS VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO

O software Answer Tree, quanto a melhor combinação de todas as 21 variáveis em função aos índices PET e UTCI nas duas medições, sugeriu o seguinte:

Na estação quente úmida, o índice PET (Nó 0) ficou em função do local, ao nível um de segmentação, separado em dois grupos, sendo o primeiro, mangueira (Nó1) destacada dos demais, ou seja, o segundo grupo: grama, concreto e asfalto (Nó 2). Coincidindo com os resultados das Tbs e outros (Tabela 8 e Figura 18) quando foi constatado que sob a mangueira durante o dia obteve-se as menores Tbs se comparadas com as Tbs de ouros pontos. Aos níveis dois, quatro e cinco de segmentação, aparece a variável vento. Na tabela 7, a intensidade dos ventos é maior na estação quente úmida que a intensidade deles na estação quente seca. Numa estação quente úmida é essencial que haja vento para uma boa sensação térmica, principalmente para acelerar a evaporação do suor, retirando energia térmica da pele. A intensidade de segmentação dos ventos ficou em torno de 2,5 m/s, sugerindo que há dois grupos de ventos ligados a percepção térmica. Ao nível três, apareceu a variável De Cuiabá? Enfatizando a questão da adaptação também surgida na questão 2: estar confortável ou desconfortável, quando houve forte tendência para a alternativa confortável. Ao nível cinco, apareceu a questão da idade subdividida em dois grupos: <= 39,5 anos e outro maior que 39,5 anos. Constituindo uma tendência que a percepção e sensação térmica das pessoas até aos 39,5 anos e depois é outra. (Apêndice C).

O índice UTCI, na estação quente úmida, nas circunstâncias deste trabalho, ficou em função ao nível um de segmentação, o local, separado em dois grupos, sendo do primeiro mangueira (nó 1) e o segundo grama, concreto, asfalto (nó 2). Esta dependência se confirmou com o resultado do PET, também corroborados com outros resultados semelhantes. O sombreamento arbóreo é necessário para se chegar ao conforto térmico externo. Aos níveis dois, quatro e cinco de segmentação apareceu a variável vento, denotando a sua importância ao conforto externo indicado pelo UTCI. Com este índice formou-se vários grupos de ventos cujos limites foram 0,95m/s, 1,15m/s, 2,45m/s e 2,95m/s, diferentemente do índice PET que se formou

apenas dois. A variável Estar Confortável ou Desconfortável (ECD) apareceu ao nível três em função do grupo de vento <= 2,95 gerando dois grupos. Ao nível quatro, o UTCI apresentou a variável Preferir Frio ou Calor (PFC), formando dois grupos separados pelo limite do vento de 0,5m/s e ao nível cinco, apresentou a variável Anos Em Cuiabá (AnosCbá), indicando uma adaptação em dois grupos limitados pelo tempo de 14,5 anos. Então, para a estação quente úmida, o tempo de adaptação estaria em torno de 14,5 anos. (Apêndice D)

Na estação quente seca, o índice PET está em função do vento (nível 1) que se segmenta em nó1 e em nó2. O nó1 do vento se segmenta, quanto ao critério ser de Cuiabá em nós 3(não) e 4(sim). O nó 2 se segmenta quanto ao local em nó5 (grama) e nó 6 (mangueira, concreto e asfalto). O nó5 se segmenta quanto a anos em Cuiabá, nos nós 7 (menor e igual a 29 anos) e 8 (maior que 29 anos). O nó 6 também se se segmenta quanto a anos de Cuiabá em nós 9 (menor e igual a 7,5 anos) e 10 (maior que 7,5 anos). O nó 7 se segmenta quanto a roupa em média e clara, nó 11 e escura, nó 12. Os nós 9 e 10 se segmentam, quanto a idade em dois nós cada um, com limites para o 9 de 16,5 anos e o 10 de 33 anos (Apêndice E).

Na segunda medição, o índice UTCI, como variável dependente, está em função também do vento a nível primário que, por sua vez, se segmentou quanto ao sol e ao local, num nível secundário. O sol se segmenta a nível terciário em preferência por frio ou calor e local, ai finalizando. Ainda no nível terciário, o local se segmentou em estar sob os raios solares e estar confortável ou desconfortável. O sol se segmenta a nível quaternário em estar tolerável ou intolerável e estar confortável e desconfortável, ai finalizando. O ramo estar confortável ou desconfortável na opção se subdivide nos nós 17 e 18 a nível terciário, encerrando ai o nó 17. Quanto ao nó 18 se segmenta a nível quaternário em anos em Cuiabá, nos nós 19 (menor igual a 7,5 anos em Cuiabá) e 20 (maior que 7 anos em Cuiabá). Os indivíduos que tem até 7,5 anos em Cuiabá se segmentam em preferir frio ao calor, nos nós 21 e 22, num nível quinquenário, ou seja, a nível 5 (Apêndice F).

Na estação quente úmida, o local, nos dois índices PET e UTCI, foi predominante entre as variáveis independentes, destacando a mangueira num grupo e a grama, concreto e asfalto num outro. Na segunda medição representada pela estação quente seca os índices PET e UTCI indicaram a variável vento como a principal, ficando o local a nível secundário.

5. CONCLUSÃO

As medições nas duas estações : quente e úmida de 14 fev. a 27 mar. 2012 e a quente seca de 28 jul. a 08set. 2012 em quatros pontos do campus da UFMT, representativos de vegetação e revestimentos urbanos e as entrevistas aplicadas aos usuários do campus nestas duas estações forneceram bases para algumas inferências.

(i) Quanto às variáveis do aeroporto Tbs, UR e v_{ar}: nestes doze meses, registraram-se temperaturas do ar máxima das máximas de 40°C e mínima das mínimas de 9°C (Tabela 4). A segunda medição apresentou variações médias de Tbs bem maiores que a primeira (Figura 9). A umidade relativa do ar durante os doze meses na estação aeroporto apresentou máxima de 100% das máximas e mínima de 5% das mínimas (Tabela 5). A umidade relativa média, na primeira medição, foi aproximadamente constante em torno de 70% enquanto na segunda medição a umidade relativa ficou num ramo descendente de 70% para 25%. Na primeira medição ocorreram velocidades do ar mais fortes que na segunda (Tabela 6);

(ii) Quanto às Tbs, TG e UR medidas nos quatros pontos: na estação quente úmida, os valores das temperaturas máximas do ar ($T_{bsmáx}$), das suas amplitudes, das médias, e os valores das amplitudes da umidade relativa (UR), apresentaram em ordem crescente dos seguintes pontos de medição: mangueira, grama, concreto e asfalto. As amplitudes de Tbs, UR e TG foram maiores no segundo período do que no primeiro. As médias da temperatura de globo, TG, apresentaram um crescimento na seguinte ordem: mangueira, grama, asfalto e concreto. Sob a copa da mangueira tem-se a maior $T_{bsmín}$ e a menor umidade relativa máxima, portanto lugar mais saudável que dos outros pontos;

(iii) Quanto à comparação das Tbs, TG, UA, PET e UTCI, notou-se que, na umidade absoluta (UA) vale destacar o comportamento da grama que no período quente úmido durante o dia ficou menor que os valores do concreto e do asfalto, mas

no período quente seco superou o concreto e o asfalto por apresentar temperatura mais alta. No período seco tem-se amplitudes de Tbs maiores que o úmido, pois, no período seco, há poucas nuvens fazendo que, à noite, a perda de energia térmica seja maior que no período úmido. A sombra da mangueira durante o dia constatou-se as menores Tbs comparadas com as Tbs dos outros pontos. A Tbs máxima no primeiro período foi de 35°C e no segundo de 39,66°C (Figura 16). O índice PET calibrado por Monteiro na faixa, percepção térmica neutra ou confortável aconteceu somente no período noturno das 19h às 7h, os PET calculados, nos dois períodos, estão dentro desta faixa. No período diurno à sombra da mangueira o PET é bem menor, nos dois períodos de medição, que os outros pontos de medição, atingindo o máximo de 35,4ºC às 15h no segundo período. Somente a grama, na segunda medição, das 2 às 6h apresenta na faixa de 9 a 18°C do índice UTCI correspondendo a categoria de sem estresse térmico. O período noturno nas duas medições e nos quatro pontos apresenta-se na faixa de UTCI de 26 a 32°C correspondendo ao moderado estresse para calor. A grama, o concreto e o asfalto, no período diurno das 10 às 17h apresentam índices até 43°C, dentro da faixa de muito forte estresse para o calor, porém não atingem a faixa do extremo estresse para calor;

(iv) Quanto às respostas em percentuais das alternativas nos quatro pontos das duas medições o revestimento grama liderou as sensações de conforto podendo tornar-se um indicador para espaços mais gramados que o uso de outros revestimentos impermeabilizantes;

(v) As árvores de decisão indicaram preferência na estação quente úmida o local nos dois índices PET e UTCI, destacando a mangueira num grupo e a grama, concreto e asfalto num outro, quanto à estação quente seca indicaram a variável vento como a principal, ficando o local a nível secundário.

E como recomendação para trabalhos futuros, fica sugerida que se faça a Calibração dos índices PET e UTCI para o microclima de Cuiabá.

6. BIBLIOGRAFIAS

6.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ALVES, E. D. L.: **Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso.** Cuiabá, 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

ALMEIDA JÚNIOR,N.L.; **Estudo de clima urbano;** uma proposta metodológica. Cuiabá,2005.94p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

ANDRADE, H. **O clima urbano –** natureza, escalas de análise e aplicabilidade. Finisterra, XL, 80, 2005, p. 67-91.

APLICAÇÃO DO TERMÔMETRO DE GLOBO. Disponível em: www.avatec.com.br/v3/visualiza_boletim.asp?id=23. Acesso em 20 fev. 2013.

ASHRAE. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** ANSI/ASHRAE Standard 55-1992.

ASHRAE. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** ANSI/ASHRAE Standard 55-2004.

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://cecaceix.wikispaces. com/file/view/ENCAC05 _0092 101.pdf> Acesso em 29 out. 2012.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. – **Clima e cidade:** A abordagem climática como para estudos urbanos. UFAL, Maceió, 2007.

BARROS,M.P. **Estudo Microclimático e Topofílico no Parque Mãe Bonifácia da Cidade de Cuiabá - MT**. Cuiabá, 2009. 147 p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

BARROS, M. P. **Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano**. Cuiabá, 2012. 171f. Tese (Doutorado) –

Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

CALLEJAS, I. J. A**. Balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2011. 200p. Tese (Doutorado), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

CALLEJAS, I. J. A.,NINCE, P. C. C., DURANTE, L. C., NOGUEIRA, M. C. J. A. **Vegetação, pavimentos urbanos e suas implicações na sensação térmica dos pedestres**. In: PLURIS 2012, V Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável, 2012. Brasília.

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

CAMPOS, N. L. F. **Desempenho térmico e lumínico de edificação pública sob a ótica do RTQ-C em Cuiabá, MT.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso. 159f. Cuiabá, MT.

CAMPOS NETO, A.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.

COX,E.P. **Interação entre clima e superfície urbanizada:** o caso da cidade de Várzea Grande. Cuiabá. 2008. 141p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

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

DURANTE, L. C. **Sombreamento arbóreo e desempenho termo energético de edificações**. Cuiabá, 2012. 262p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

FANGER, P. O. **Thermal comfort:** analysis and applications in environmental enginneering. New York : McGraw-Hill, 1972.

FANGER, P.O. **Thermal comfort:** Analysis and applications in environmental engineering. R .E. Krieger Pub. Co. (Malabar, Fla) 1982.

FIALA, D.; LOMAS, K.J., STOHRER, M. (1999) A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system. **J Appl Physiol** 87:1957–1972

FIALA D.; LOMAS K.J., STOHRER, M. (2001) Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. **Int J Biometeorol** 45:143–159. doi:10.1007/s004840100099

FIALA D.; LOMAS K.J., STOHRER, M. (2003) First principles modeling of thermal sensation responses in steady-state and transient conditions. **ASHRAE Trans** 109:179–186

FIALA D.; LOMAS K.J., STOHRER, M. (2007) Dynamic simulation of human heat transfer and thermal confort. In.: MEKJAVIC,I.B.; KOUNALAKIS, S.N.TAYLOR, N.A.S.(eds) **Proceedings of the 12th international Conference on Environmental Ergonomics** Portoroz, Slovenia, p. 513-515,2007.

FIALA D, PSIKUTA A, JENDRITZKY G, PAULKE S, NELSON DA, VAN MARKEN LICHTENBELT WD, FRIJNS AJH (2010) Physiological modeling for technical, clinical and research applications. **Front Biosci** S2:939–968. doi:10.2741/s112

FIALA D, HAVENITH G, BRÖDE P ET AL. (2011) UTCI-Fiala multi-node model of human temperature regulation and thermal comfort. **Int J Biometeorol**. Special Issue UTCI. doi:10.1007/s00484-011-0424-7

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243p.

FRANCO,F.M. **Configuração Urbana e sua Interferência no Microclima Local: Estudo de Caso no Bairro do Porto em Cuiabá – MT**. Cuiabá. 153 p. 2010. . Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

GAGGE,A. et al. Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Enviroment**, ASHRAE Trans**. V.92,p.709-731,1986.

HIRASHIMA,S.Q.S.; ASSIS,E.S.; FERREIRA,D.G. Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (pet)para espaços abertos do município de Belo Horizonte – MG**. .** In: **XI ENCAC, VII ELACAC**, 2011 Búzios.

HISTÓRICO PARA CUIABÁ MARECHAL RON, BRAZIL. Disponível em http://www. wunderground.com/history/airport/SBCY Acesso em 10 out. 2012

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

HÖPPE,P. Different aspects of assessing indoor and out door thermal comfort. **Energy and Buildings,**34 (2002) 661-665.

IBGE. (2011) **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10 abril, 2011.

IPDU. **Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Urbano.** Perfil Socioeconômico de Cuiabá, V. IV. Cuiabá: Central de Texto, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO).**ISO 7730: Moderate Thermal Enviroments - Determination of the PMV and PPD índices and specification of the conditions for thermal confort.**[S.l], 1984.

JENDRITZKY, G., DE DEAR, R. and HAVENITH, G., 2011. UTCI - why another thermal index? **International Journal of Biometeorology**, 56 (3), pp. 421 – 428.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C.; BATISTA, J. O. (2007) – **Desempenho térmico de edificações.** Florianópolis: Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

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

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.

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

MATZARAKIS, A., RUTZ, F., MAYER, H. ,**Aplicativo computacional Ray Man** 1.2. Disponível: www.mif.unifreiburg.de/rayman/2000, Acesso 10 abr.2011.

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.

MATZARAKIS, A., RUTZ,F. **Rayman: a tool for tourism and applied climatology.** Disponível em http://www.mif.uni-freiburg.de/isb/ws3/report /dtcl _2007_ matazrakis rutz. Pdf. Acesso em 8 set.2012.

MAYER,H.;HÖPPE,P. Thermal comfort of man in diferente urban environment. **Theor Appl Clim** 38:43-49 1987

MONTEIRO, C. A. F. (1976) **Teoria e clima urbano**. Tese (Livre Docência em Geografia), Faculdadede Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo

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

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

NIKOLOPOULOU,M.(Org.) **Designing Open Spaces in the Urban Environment:** a Bioclimatic Approach.Atenas:CRES,2004.

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

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

OLIVEIRA, A. S. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia em residências na cidade de Cuiabá. Cuiabá**, 2007. 107f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

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), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenvolvimento urbano**. São Paulo: Projetos Editores Associados, 1988. 123p.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o Desenho Urbano.** S. L.**:** CopyMarket.com, 2000. 66p.

ROSSETI,K.A.C. **Estudo do Desempenho de Coberturas Verdes como Estratégia Passiva de Condicionamento Térmico dos Edifícios na Cidade de Cuiabá, MT,** Cuiabá, 2009, 145p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

ROSSI, F.A.,KRÜGER,E., BRÖDE, P.Definição de faixas de estresse térmico para espaços abertos em Curitiba, Paraná. In: **XI ENCAC, VII ELACAC**, 2011 Búzios.

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

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

SANTOS, F.A.S.N. NEVES, M.M.C.F. **o marketing e a análise de dados para a tomada de decisões.** 168 SPECTRUM, 2003.

VAREJÃO SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia** Recife: Versão digital 2, 2006. Disponível em ttp://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/ livros/ METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf Acesso em 10 nov.2012

VDI (1998) Methods for the human-biometerological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning. Part I: **Climate, VDI guideline** 3787. Part 2. Beuth, Berlin.

THE CHAID ANALYSIS. (s.d.) Disponível em www.smres.com/CHAID Analysis.pdf. Acesso em 06 jan.2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Conforto térmico** - DEMET Disponível em www.demec.ufmg.br/disciplinas /ema890/aula10.pdf Acesso 10 nov.2012.

6.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

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

BUENO, C. L. **A influência da vegetação no conforto térmico urbano e no Ambiente construído.** Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. 186 p., Campinas, 2003.

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

DUARTE, D. H. S., 2000. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos Na Região de Tropical Continental.** 2000. 278f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manual de ConfortoTérmico**.7.ed.São Paulo: Studio Nobel, 2003.

LANDSBERG, J.J. Physiology in forest models: history and the future. **Forest Biometry, Modelling and Information Sciences**, London, v. 1, p. 49-63, 2003.

MENDONÇA, F. **O Clima Urbano de Cidade de Porte Médio e Pequeno: Aspectos Teórico-Metodológicos e Estudos de Caso**. 2000

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**. n 1, maio 1999.

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

OKE, T. R. (2004) – Initial Guidance to obtain representative meteoerological observations at urban sites. WMO, **Iinstrumentsand Observing Methods**, Report n.º 81.

OLIVEIRA, A.S.; SANTOS, F. M. M.; CALLEJAS, I. J. A.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S.. Sombreamento arbóreo e microclima de praças públicas em cidade brasileira de clima tropical continental. In:4º **PLURIS - CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL**, 2010, Faro, Portugal.**Anais**, 2010.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

PANAGIOTIS T. NASTOS,P.T., MATZARAKIS,A.(2011) **The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece.** Theor Appl Climatol (2012) 108:591–599.

OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. In: **TheoricalandAppliedClimatology**. Austria: 2005.

THORSSON S, LINDBERG F. **Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting.**Int J Climatol 2007;27:1983e93

SARTORI, M. G. B. **O clima de Santa Maria: do regional ao urbano**. 1979. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

VDI, VDI-guideline 3787. Part 2: **Climate, Beuth**, Berlin (1998).

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário de percepção e preferência de sensação térmica aplicado nos levantamentos

Cbá___/___/2012 Horário: ___h___ Cor da roupa: ( )Clara, ( )Média,

( )Escura. Idade: ____anos Sexo: ( ) M, ( ) F

Atividade: ( ) Sentado, ( )Em Pé, ( )Andando ( ) Correndo

Exposição ao sol: ( ) sim, ( ) não. Proximidade aos abrigos instalados (Local): ( ) Mangueira; ( ) Grama; ( ) Concreto; ( ) Asfalto

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

1. Neste exato momento, eu estou sentindo:

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

2. Neste exato momento, com relação às condições climáticas, eu estou:

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

3. Neste exato momento, eu preferiria estar sentindo:

(-2) muito mais frio (-1) um pouco mais de frio (0) sem mudanças (1) um pouco mais de calor (2)muito mais calor

4. Neste exato momento, em relação às condições climáticas, na minha opinião estar neste local é:

(2)tolerável (1)pouco tolerável (0) neutro (-1)pouco intolerável (-2)intolerável

5. Em relação à temperatura do ar, eu preferiria que esta estivesse:

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

6. Em relação à umidade do ar, eu preferiria que o ar estivesse:

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

7. Em relação ao vento, eu preferiria que esse estivesse:

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

8. Em relação à radiação solar, eu preferiria que essa estivesse:

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

APÊNDICE B

1. SFC (Sentir Frio ou Calor) = Neste exato momento, eu estou sentindo:

(-2) muito frio

(-1) frio

(0) nem frio nem calor

(1) calor

(2) muito calor

2. ECD (Estar Confortável ou Desconfortável) = Neste exato momento, com relação às condições climáticas, eu estou:

(-2) desconfortável

(-1) pouco desconfortável

(0) neutro

(1) pouco confortável

(2) confortável

3.PFC(Preferir Frio ou Calor) = Neste exato momento, eu preferiria estar sentindo:

(-2) muito mais frio

(-1) um pouco mais de frio

(0) sem mudanças

(1) um pouco mais de calor

(2) muito mais calor

4. ETI (Estar Tolerável ou Intolerável) = Neste exato momento, em relação às condições climáticas, na minha opinião estar neste local é:

(-2)intolerável

(-1)pouco intolerável

(0) neutro

(1)pouco tolerável

(2)tolerável

5.TBA (Temperatura Baixa ou Alta) = Em relação à temperatura do ar, eu preferiria que esta estivesse:

(-1) mais baixa

(0) como está

(1) mais alta

(NS) não sei

6. USU (Ar Seco ou Umido) = Em relação à umidade do ar, eu preferiria que o ar estivesse:
(-1) mais seco

(0)como está

(1) mais úmido

(NS) não sei

7. VFF (Vento Fraco ou Forte) = Em relação ao vento, eu preferiria que esse estivesse:
(-1) mais fraco

(0) como está

(1) mais forte

(NS) não sei

8. RBI (Radiação Branda ou Intensa) = Em relação à radiação solar, eu preferiria que essa estivesse:
(-1) mais branda

(0) como está

(1) mais intensa

(NS) não sei

APÊNDICE C

Árvore de decisão do índice PET na estação quente úmida

<table>
<tr><td colspan="12">Nó 0
Total n=182; %1=100; Méd=36,50; DP±8,96; Melhoria=20,32</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nó 15
Mang n=31; %1=17,03
Méd=26,54 DP±1,32
Melhoria=0,23</td><td colspan="10">Nó 16
G,C,A n=151; %1=82,97
Méd=38,54; DP±8,48
Melhoria=7,51</td></tr>
<tr><td>Nó 17;
Vento<=2,45
n=21
%1=11,54
Méd=27,35
DP±0,54</td><td>Nó 18;
Vento> 2,45
n=10
%1=5,49
Méd=24,86
DP±0,73</td><td colspan="8">Nó 19
Vento<= 2,95
n=130
%1=71,43
Méd=37,33
DP±8,37
Melhoria=3,0</td><td colspan="2">Nó 20
Vento> 2,95
n=21
%1=11,54
Méd=46,02
DP±4,32
Melhoria=0,72</td></tr>
<tr><td colspan="6">Nó 25
DeCbá? S; n=99; %1=54,40
Méd=38,48; DP±7,15
Melhoria=4,13</td><td colspan="4">Nó 26
DeCbá? N; n=31; %1=17,03
Méd=33,66; DP±10,79
Melhoria=4,98</td><td>Nó 27
Roupa E,C
n=10
%1=5,49
Méd=43,41
DP±3,46</td><td>Nó 28
Roupa M
n=11
%1=6,04
Méd=48,40
DP±3,67</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nó 29
Vento<= 2,40
n=67
%1=36,81
Méd=40,38
DP±6,15
Melhoria=4,04</td><td colspan="3">Nó 30
Vento> 2,40
n=32
%1=17,58
Méd=34,49
DP±7,53
Melhoria=1,83</td><td colspan="2">Nó 31
Vento<= 2,20
n=20
%1=10,99
Méd=29,65%
DP±9,62</td><td colspan="2">Nó 32
Vento>2,20
n=11
%1=6,04
Méd=40,95%
DP±9,09</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nó 37
Vento<= 1,80
n=61
%1=33,52
Méd=39,34
DP±5,35</td><td colspan="2">Nó 38
Vento>1,80
n=6
%1=3,30
Méd=50,95
DP±3,02</td><td colspan="2">Nó 39
idade<=39,5
n=16
%1=8,79
Méd=37,94
DP±8,49</td><td colspan="2">Nó 40
idade>39,5
n=16
%1=8,79
Méd=31,04
DP±4,43</td></tr>
</table>

APÊNDICE D

Árvore de decisão do índice UTCI na estação quente úmida

<table>
<tr><td colspan="14">Nó 0
Total n=182; %1=100; Méd=35,34; DP±4,95; Melhoria=6,07</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nó 1
Mangueira; n=31; %1=17,03; Méd=29,90; DP±1,05
Melhoria=0,15</td><td colspan="11">Nó 2
G,C,A; n=151; %1=82,97; Méd=36,46; DP±4,68
Melhoria=1,56</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nó 3
Vento<=2,45
n=21
%1=11,54
Méd=30,55
DP±0,43
Melhoria=0,01</td><td>Nó 4
Vento>2,45
n=182
%1=5,49
Méd=35,34
DP±4,95</td><td colspan="9">Nó 5
Vento<=2,95
n=130
%1=71,43
Méd=35,90
DP±4,75
Melhoria=1,18</td><td>Nó 6
Vento>2,95
n=21
%1=11,54
Méd=39,87
DP±2,17</td></tr>
<tr><td>Nó 7
Vento<=0,95
n=9
%1=4,95
Méd=30,31
DP±0,40</td><td>Nó 8
Vento>0,95
n=12
%1=6,59
Méd=30,73
DP±0,37</td><td></td><td colspan="8">Nó 11
ECD<=1,5
n=75
%1=41,21
Méd=37,00
DP±4,19
Melhoria= 0,97</td><td>Nó 12
ECD>1,5
n=55
%1=30,22
Méd=34,41%
DP±5,10</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td colspan="4">Nó 19
PFC<=0,5 n=60; %1=32,97
Méd=37,77; DP±3,86
Melhoria=0,66</td><td colspan="4">Nó 20
PFC>0,5 n=15; %1=8,24
Méd=33,94; DP±4,16
Melhoria=0,33</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td>Nó 23
Vento<=1,15
n=19
%1=10,44
Méd=35,69
DP±3,56</td><td>Nó 24
Vento>1,15
n=41
%1=22,53
Méd=38,73
DP±3,64</td><td>Nó 25
AnosCbá<=14,5
n=6
%1=3,3
Méd=33,83
DP±5,94</td><td>Nó 26
AnosCbá>14,5
n=9
%1=4,95
Méd=34,01
DP±2,87</td><td></td><td></td></tr>
</table>

APÊNDICE E

Árvore de decisão do índice PET na estação quente seca

<table>
<tr><td colspan="8">Nó 0
Total n=210; %1=100; Méd=13,36; DP±5,64; Melhoria=22,27</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nó 1
Vento 0,1; n=35; %1=16,67
Méd=23,91; DP±1,65
Melhoria=0,00</td><td colspan="6">Nó 2
Vento 4,3,5,6 n=175; %1=83,33
Méd=11,25% DP±3,29;Melhoria=2,16</td></tr>
<tr><td>Nó 3
DeCbá?N
n=18
%1=8,57
Méd=23,83
DP±1,82</td><td>Nó 4
DeCbá?S
n=17
%1=8,10
Méd=24,00
DP±1,50</td><td colspan="3">Nó 5
Grama
n=67
%1=31,9
Méd=9,21
DP±2,03; Melhoria=0,03</td><td colspan="3">Nó 6
MCAsf
n=108
%1=51,43
Méd=12,52
DP±3,29; Melhoria=0,31</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Nó 7
AnosCbá <= 29
n=53
%1=25,24
Méd=9,17
DP±2,15; Melhoria=0,01</td><td>Nó 8
AnosCbá
>29; n=14
%1=6,67
Méd=9,36
DP±1,55</td><td colspan="2">Nó 9
AnosCbá <= 7,5
n=63
%1=30,00
Méd=12,63
DP±3,13; Melhoria=0,10</td><td colspan="2">Nó 10
AnosCbá >7,5
n=45
%1=21,43
Méd=12,36
DP±3,54; Melhoria=0,19</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Nó 11
Roupa M,C
n=30
%1=14,29
Méd=9,37
DP±2,27</td><td>Nó 12
Roupa E
n=23
%1=10,95
Méd=8,91
DP±2,00</td><td></td><td>Nó 15
Idade <= 16,5
n=8
%1=3,81
Méd=14,13
DP±3,04</td><td>Nó 16
Idade > 16,5
n=55
%1=26,19
Méd=12,42
DP±3,11</td><td>Nó 19
Idade <= 33
n=12
%1=5,71
Méd=13,91
DP±3,58</td><td>Nó 20
Idade >33
n=33
%1=15,71
Méd=11,79
DP±3,41</td></tr>
</table>

APÊNDICE F

Árvore de decisão do índice UTCI na estação quente seca

<table>
<tr><td colspan="22">Nó 0
Total n=210; %1=100; Méd=16,10; DP±5,46; Melhoria=18,9</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nó 1
Vento 0,1,3; n=66; %1=31,43
Méd=22,52; DP±3,54; Melhoria=3,12</td><td colspan="18">Nó 2
Vento 4,5,6; n=144; %1=68,57
Méd=13,15; DP±3,56; Melhoria=1,57</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nó 3
Sob Sol?SN
n=41; %1=19,52
Méd=24,98
DP±1,60
Melhoria=0,26</td><td colspan="2">Nó 4
Sob Sol?N
n=25; %1=11,90
Méd=18,48
DP±1,56
Melhoria=0,12</td><td colspan="9">Nó 5
Grama; n=58
%1=27,62
Méd=11,31
DP±1,39
Melhoria=0,18</td><td colspan="9">Nó 6
M,C,A; n=86
%1=40,95
Méd=14,40
DP±3,46
Melhoria=,088</td></tr>
<tr><td>Nó 7
PFC<=0,5
n=379
%1=17,62
Méd=25,35
DP±1,16</td><td>Nó 8
PFC >0,5
n=4
%1=1,9
Méd=21,50
DP±0,58</td><td>Nó 9
M,G n=11
%1=5,24
Méd=17,36
DP±0,50</td><td>Nó 10
C,A; n=14
%1=6,67
Méd=19,36
DP±1,55</td><td colspan="5">Nó 11
Sob Sol? N
n=20
%1=9,52
Méd=10,20
DP±1,11
Melhoria=0,07</td><td colspan="5">Nó 12
Sob Sol? SN,S
n=38
%1=18,10
Méd=11,89
DP±1,16
Melhoria=0,04</td><td>Nó 17
ECD
n=13
%1=6,19
Méd=10,9
DP±1,66</td><td colspan="8">Nó 18
ECD
n=73
%1=34,76
Méd=15,01
DP±3,33
Melhoria=0,60</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>Nó 13
ETI
n=8
%1=3,81
Méd=11,25
DP±0,89</td><td>Nó 14
ETI
n=12
%1=5,71
Méd=9,50
DP±0,52</td><td>Nó 15
ECD
n=3
%1=1,43
Méd=10,33
DP±0,58</td><td>Nó 16
ECD
n=35
%1=16,67
Méd=12,03
DP±1,10</td><td colspan="4"></td><td colspan="6">Nó 19
AnosCbá <= 7,5
n=45
%1=21,43
Méd=14,73
DP±3,26
Melhoria=0,36</td><td colspan="2">Nó 20
AnosCbá > 7,5
n=28
%1=13,33
Méd=15,46
DP±3,45</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="4"></td><td colspan="4"></td><td colspan="3">Nó 21;
PFC; n=29;
%1=13,81
Méd=15,69
DP±3,13</td><td colspan="3">Nó 22;
PFC; n=16;
%1=7,62
Méd=13,00
DP±2,83</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>