

## Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimento urbanos no campus da UFMT em Cuiabá - MT

Paulo Celso do Couto Nince<sup>1</sup>, Flávia Maria de Moura Santos<sup>2</sup>, José de Souza Nogueira<sup>3</sup>,  
Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso

<sup>2,4</sup> Doutora, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Mato Grosso

<sup>3</sup> Doutor, Coordenador do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso

### Resumo

O conforto térmico dos usuários, dentro de padrões aceitáveis, contribui ao uso das áreas verdes em ambientes urbanos, para fins de circulação e lazer. Este artigo teve como objetivo geral avaliar o conforto térmico dos usuários do campus UFMT/Cuiabá, em diferentes tipos de revestimento do solo e próximo à vegetação arbórea. Foram realizadas medições das variáveis micrometeorologia no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso/ UFMT. Inicialmente escolheram-se quatro pontos no campus onde apresentassem diferentes tipos de revestimento do solo, sendo solo, grama, concreto e asfalto. Registrou-se os dados durante 43 dias contínuos em duas estações do ano: quente-úmida e quente-seca durante o ano de 2012. A coleta dos dados registrados durante o dia, à sombra da mangueira (*Mangifera indica*) constataram-se as menores temperaturas de bulbo seco (T<sub>bs</sub>), médias comparadas aos outros pontos com os diferentes tipos de revestimentos. A percepção térmica neutra ou confortável, avaliada com Temperatura Equivalente Fisiológica (PET), aconteceu somente no período noturno das 19h às 07h. 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. Na análise dos resultados registrou as árvores de decisão onde indicaram preferência na estação quente úmida a variável local nos dois índices PET, destacando a mangueira e a grama num grupo, concreto e asfalto num outro, quanto à estação quente seca indicaram a variável vento como a principal, ficando o local a nível secundário. Por isso, 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 35,4°C às 15h no segundo período. Estas constatações podem vir a confirmar a importância de proporcionar sombreamento nos espaços abertos, optar, quando possível, por cobertura de grama (*Paspalumnotatum*) ao solo a revestimentos de concreto ou asfalto, sendo que o concreto pode ter preferência ao asfalto por ter maior facilidade de trocas térmicas, em climas tropicais. O percentual de confortável e tolerável para o local da pesquisa foi muito grande, indicando uma forte adaptação dos usuários ao clima de Cuiabá/ MT.

**Palavras-chaves:** PET; Áreas verdes; Revestimento do solo.

### Abstract

The thermal comfort of users, when experienced within acceptable standards, contributes to the use of green areas in urban environments, both for circulation and for leisure. The purpose of this paper is to evaluate the thermal comfort of users of the campus of Federal University of Mato Grosso/Cuiaba, at different types of soil covering and near arboreous vegetation. Measurements of micrometeorological variables were performed on campus. Initially four points that presented different types of floor covering, named soil, grass, concrete and asphalt were chosen on campus. Data were recorded for 43 continuous days in two seasons: hot-wet and hot-dry during the year of 2012. The data recorded during the day in the shade of mango tree (*Mangifera indica*) found the lowest values of dry bulb temperatures (T<sub>bs</sub>), compared to other places averages with different types of surfaces. The thermal perception "neutral or comfortable", measured by Physiological Equivalent Temperature (PET), happened only at night from 19h to 07h. The grass surface presented comfortable thermal sensation, which may serve as indicator to increase spaces with this type of surface instead waterproof surfaces. As a result, it was observed in decision trees the preference, in the wet warm season, the variable "place" in both PET indices, highlighting the mango tree and grass surface in one group, and concrete and asphalt surfaces in another, while in the hot dry season, was indicated the wind speed as the main variable, and the variable "place" at the secondary level. Therefore, only at night it is possible to achieve the thermal comfort range. In the daytime, at shade of the mango tree, PET is much lower than at other measuring points, in both measurement periods, reaching a maximum of 35.4 °C at 15h in the second period. These findings might confirm the importance of providing shade in open spaces, and the choice, when possible, of grass surfaces (*Paspalumnotatum*) instead of soil, concrete or asphalt surfaces, and that concrete can be preferred over asphalt because have higher thermal exchanges in tropical climates. The percentage of comfortable and tolerable for the researched site was high, indicating a strong adaptation of users to the climate of Cuiabá/MT.

**Keywords:** PET; Green areas; Floor covering.

## 1. INTRODUÇÃO

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, como 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, ocorrido especialmente nas cidades de médio e grande porte, desencadeou uma série de problemas ao ambiente urbano, (ROSSETI, 2009).

Tudo isto fez das cidades modelos urbanos com baixa qualidade ambiental sem considerar os princípios da bioclimatologia que trata da relação saudável 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. Também o micro clima do campus da UFMT/Cuiabá está dentro deste contexto e foi afetado por alterações internas e externas, aumentando a sua carga térmica. 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, (SANTOS, 2012).

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 OleFanger e publicado em 1970 e a Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) (MAYER, HÖPPE, 1987) que foi utilizado para expressar o conforto térmico, neste trabalho, dos usuários do campus da Universidade Federal de Mato Grosso em Cuiabá, sob diversos revestimentos do solo.

Para Höppe (1999), os modelos de trocas de calor de aplicação mais universais são aqueles que permitem a estimativa dos valores de [...] temperatura da pele, temperatura interna, taxa de suor, ou da pele úmida reais do corpo humano [...], considerando-se para isso os [...] processos termorregulatórios básicos como a vasodilatação e a taxa de suor psicológica [...]. Essa é a fundamentação do modelo Munich Energy-balance Model for Individuals (MEMI), que foi desenvolvido por Höppe em 1984 e que originou o índice denominado Temperatura Equivalente Fisiológica (PET - PhysiologicalequivalentTemperature).

O índice PET foi desenvolvido por Höppe (1999) cuja definição, em determinado ambiente (interno ou externo), é a temperatura fisiológica equivalente à temperatura do ar de um ambiente interno de referência, no qual o balanço térmico humano é mantido com a temperatura da pele e do centro do corpo iguais àsquelas das condições em avaliação. O PET é expresso em graus Celsius e permite ao indivíduo a comparação dos efeitos integrais das complexas condições externas com a sua própria experiência no ambiente interno.

Para a obtenção do PET, os dados climáticos do ambiente de referência e os dados individuais são estabelecidos da seguinte forma:

- (a) velocidade do ar de 0,1 m/s;
- (b) temperatura radiante média igual à temperatura do ar; pressão de vapor de água de 12 hPa(umidade relativa de 50% a uma temperatura do ar de 20 °C);
- (c) metabolismo de 80 W (atividade leve) e
- (d) vestimenta de 0,9 clo.

Baseando-se no PET, o conforto térmico para um ambiente padrão seria próximo aos 21°C (HÖPPE, 1999), ou correspondente a uma faixa de 18°C a 23°C, conforme Mayer e Matzarakis (1998). “Valores mais altos indicam uma possibilidade crescente de estresse térmico e valores mais baixos indicam condições muito frias, i. é, desconforto por frio. 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. Para a realidade brasileira houve algumas calibrações, como a de Monteiro e Alucci (2008) e a de Hirashima (2011) a partir de Matzarakis et al. (1999) apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação dos índices PET(°C) de Monteiro e Alucci (2008), Matzarakis et al. (1999) e Hirashima et al. (2011)

Sensação térmica	PET (°C) Mont.	PET (°C) Matz.	PET (°C) Hiras.
Muito calor	> 43	>41	>35,5
<b>Calor</b>	<b>31 - 43</b>	<b>35 - 41</b>	<b>31 - 35,5</b>
Pouco calor	26 - 31	23 - 35	30,5 - 31
<b>Neutra</b>	<b>18 - 26</b>	<b>18 - 23</b>	<b>15,5 - 30,5</b>
Pouco frio	12 - 18	8 - 18	12 - 15,5
<b>Frio</b>	<b>4 - 12</b>	<b>4 - 8</b>	<b>=&lt; 12</b>
Muito frio	=<4	=<4	

FONTE: Do autor

Os pavimentos urbanos são importantes elementos que afetam o desempenho térmico dos ambientes a céu aberto, pois absorvem radiação solar (onda curta) e infravermelha (onda longa), dissipando parte da energia acumulada através de processos radiativos e convectivos à atmosfera, através da elevação de temperatura superficial, a taxas que são dependentes de suas propriedades térmicas. Com relação a estas propriedades, o albedo das superfícies é um dos principais parâmetros que afeta as condições ambientais do meio urbano. Diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados e suas propriedades termofísicas influenciam fortemente na qualidade térmica dos ambientes urbanos (Figura 1). 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, (BARBIRATO et al., 2007 apud OLIVEIRA, 2011).

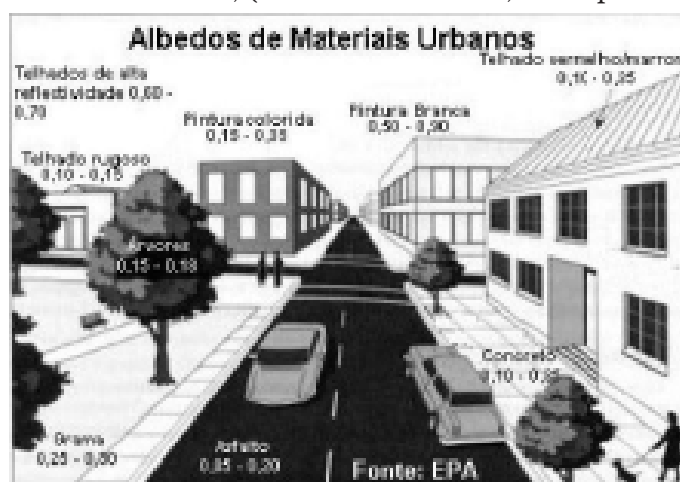


Figura 1 - Albedo de materiais e superfícies urbanas

Fonte: Adaptado de HeatIslandGroup (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, (ASSIS, 2012).

## 2. OBJETIVO

Esta pesquisa, dentro da linha de pesquisa análise microclimática dos sistemas urbanos, tem como objetivo avaliar o conforto dos usuários do campus UFMT/Cuiabá em diferentes tipos de revestimento do solo e próximo a vegetação arbórea a partir das medições das variáveis microclimáticas pertinentes medidas em duas estações do ano, quente úmida e quente seca.

## 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 2). Atualmente, conta com cerca de 551.310 habitantes (IBGE, 2011) e possui cerca de 3.538,17km<sup>2</sup>, sendo que 254,57km<sup>2</sup> correspondem à área de macrozona urbana e 3.283,60km<sup>2</sup> à área rural. Encontra-se localizada na província geomorfológica denominada Baixada Cuiabana. As altitudes variam de 146 a 259 metros (IPDU, 2009).



Figura 2 - Localização da região do estudo

Fonte: Oliveira (2011)

A cobertura vegetal é constituída por remanescentes de cerrado, cerradão, matas ciliares no entorno dos rios, e por vegetação exótica. 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 26°C, 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 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 3).

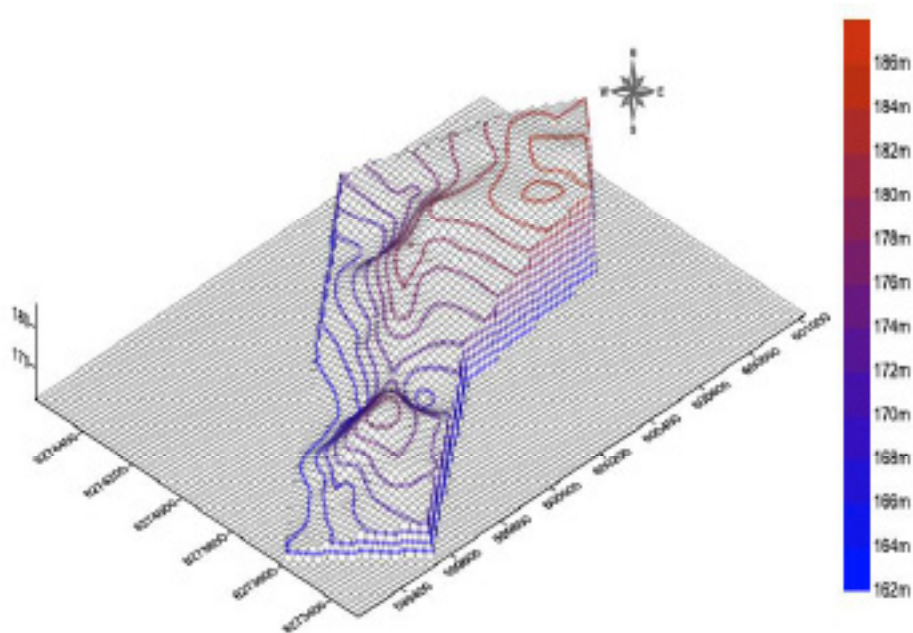


Figura 3 - Relevo do campus de Cuiabá-UFMT

Fonte: Alves (2010)

Para a pesquisa foram selecionados quatro pontos (Figura 4) cujo interesse foi escolher diferentes formas de revestimento do solo concreto, asfalto, cobertura de grama e sombreamento arbóreo onde foram instalados 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 do conforto térmico dos usuários, avaliado pelo índice PET. Os pontos, cujos dados geográficos obtidos pelo Google Earth (2012), estão assim caracterizados:

- a) mangueira: longitude  $-56^{\circ}3'$ ; latitude  $-15^{\circ}36'$ ; altitude 182m (Figura 10a);
- b) grama: longitude  $-56^{\circ}4'$ ; latitude  $-15^{\circ}36'$ ; altitude 169m (Figura 10b);
- c) concreto: longitude  $-56^{\circ}4'$ ; latitude  $-15^{\circ}35'$ ; altitude 176m (Figura 10c) e

d) asfalto: longitude  $-56^{\circ}4'$ ; latitude  $-15^{\circ}36'$ ; 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.<sup>a</sup> medição); ponto mangueira 2 se refere ao ponto mangueira na estação quente-seca (2.<sup>a</sup> medição) e assim para os demais pontos.



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



(b) ambiente solo coberto por grama do tipo Batatais (*Paspalumnotatun*) localizado no campo de futebol



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



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

Figura 4 - Pontos de medição no Campus de Cuiabá-UFMT



Estes pontos foram locados na planta do campus Cuiabá da UFMT (Figura 5) 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.

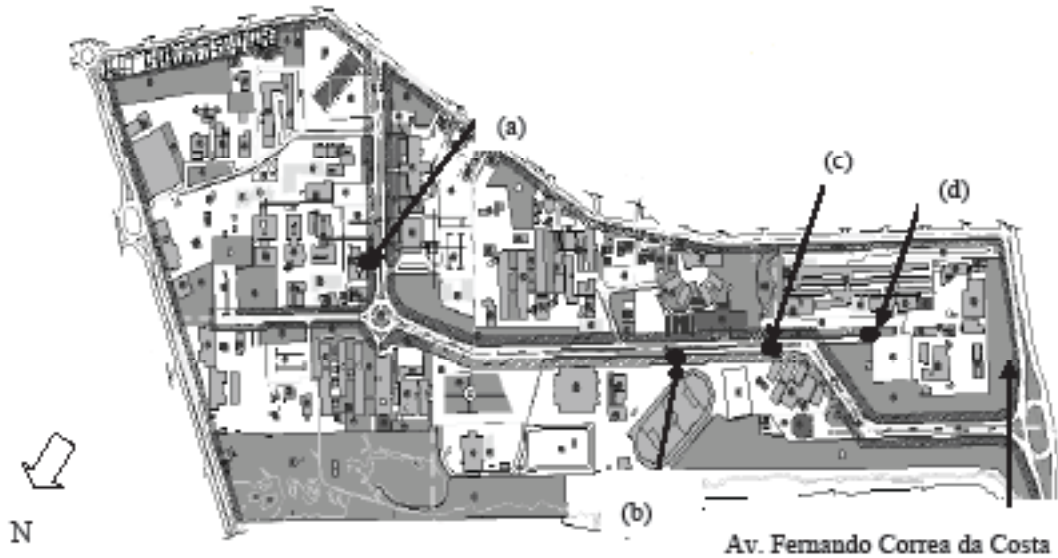


Figura 5 - Locação dos 4 pontos na planta do campus Cuiabá da UFMT  
Fonte: Callejaset al. (2012)

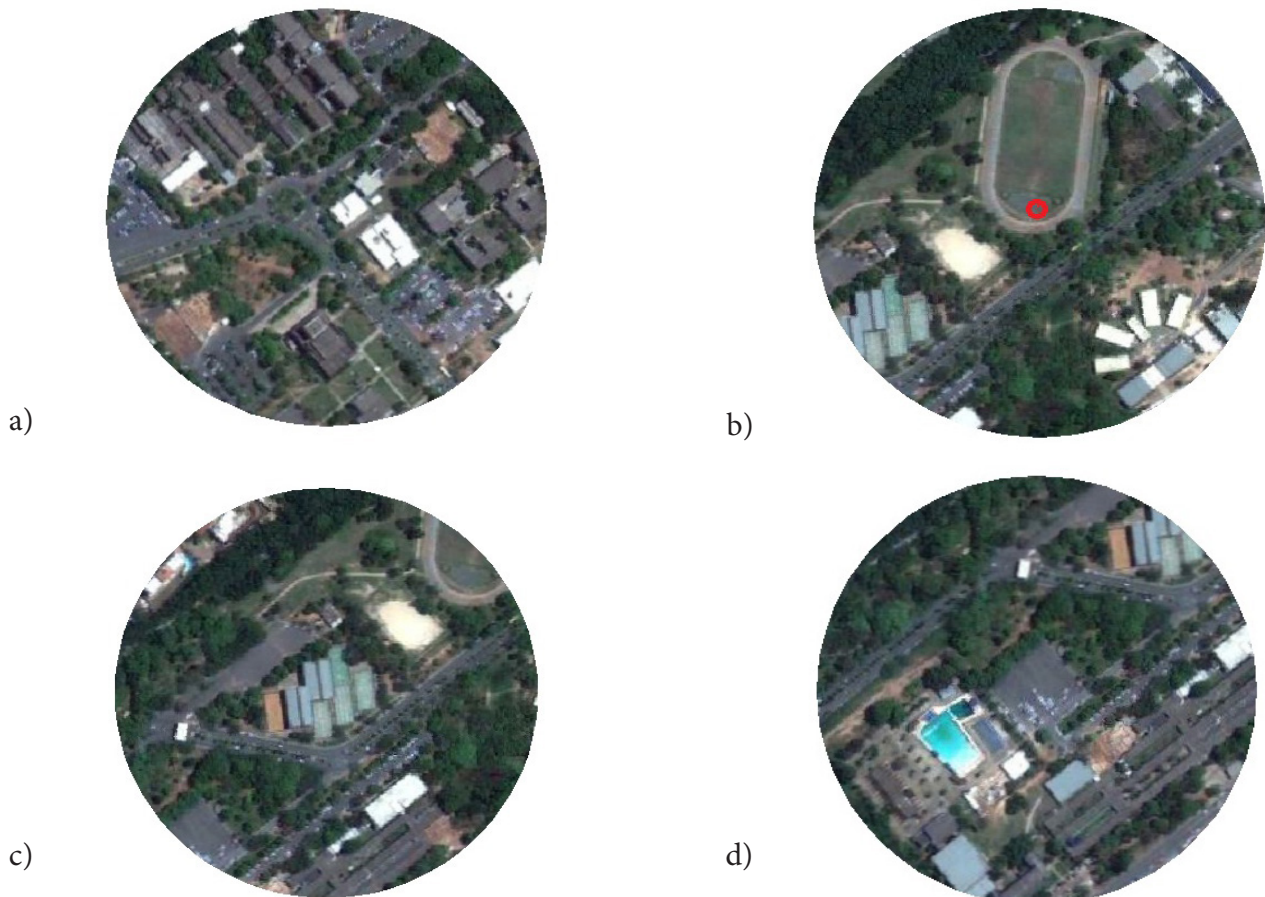


Figura 6 - Entornos: a) mangueira, b) grama, c) concreto e d) asfalto

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 e presença de um parque aquático (Figura 6).

### 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 ( $T_{bs}$ , 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 monitorada 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 7).

Foram utilizados quatro registradores automáticos da marca HOBO que foram mantidos em mesmo ambiente durante 24h para verificação sincrônica de suas medidas (Figura 8).

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



Figura 7 – Abrigo micrometeorológico para o Hobo



Figura 8 – Calibração dos Hobos

### 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 1.

$$T_{rm} = \{(T_g + 273,15)^4 + [(1,1 \cdot 108 \cdot \text{var} \cdot 0,6) / (\rho \cdot g \cdot D \cdot 0,4)] \cdot (T_g - T_a)\}^{1/4} - 273,15 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$T_{rm}$  = temperatura radiante média, em °C;

$T_g$  = temperatura de globo, em °C;

var = velocidade do vento, em m/s;



- g = emissividade do globo (adimensional);
- D = diâmetro do globo, em metros e
- Ta = temperatura do ar, em °C.

### 3.2.4 Cálculo dos índices PET

A sensação de conforto térmico foi avaliada pelos índices PET, 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 (var) e temperatura radiante calculada (Trm) conforme ISO 7726 (1998).

Para as características físicas das pessoas, adotaram-se: para pedestres masculinos, altura de 1,70m, peso de 70kg, e pedestres femininos: altura de 1,60m peso de 60kg e para ambos os sexos: vestimenta de 0,5clo que corresponde a pessoa usando vestimenta leve de verão, ou seja, roupas íntimas, calças longas leves, camisas abertas no pescoço com mangas curtas, meias e calçados leves e atividade de caminhada lenta com taxa metabólica de 135W, ou seja, pessoa andando a 4km/h. Este trabalho usará o índice PET do Monteiro e Allucci(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.

### 3.2.5 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 variáveis.

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

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

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste item foram apresentadas as análises dos resultados e discussões dos subsídios necessários às investigações do clima local do campus, analisando os diferentes tipos de revestimento do solo e vegetação arbórea.

### 4.1 Temperaturas e Umidades Extremas e Médias Medidas nas Duas Estações

Os valores das temperaturas máximas do ar (Tbsmáx), 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. Os valores das temperaturas mínimas do ar (Tbsmín) 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 Tbsmín 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 2).

A segunda medição ocorreu na estação quente seca que registrou umidade relativa mínima variando de 12,13% no asfalto, 7 set. às 15h20 e 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 (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados da estação quente-úmida, 14 fev. a 27 mar. 2012, nos quatro pontos da pesquisa

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

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados da estação quente-seca, 28 jul. a 08 set. 2012, nos quatro pontos da pesquisa

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

#### 4.3 O Índice PET dos Quatros Pontos nos Períodos Quente-Seco e Quente-Úmido

Na estação quente úmida, no período noturno, os quatro pontos, utilizando o índice PET calibrado por Monteiro e Alucci (2008), permaneceu na faixa neutra, ou seja, nem frio nem calor, em média horária. No período diurno, sob o sombreamento arbóreo do ponto mangueira, o índice PET apresentou valores na faixa pouco calor, enquanto que os outros três pontos, grama, concreto e asfalto apresentaram as 3 faixas de pouco calor, calor e muito calor. Destacando o ponto concreto que no período vespertino perde a energia térmica mais rapidamente que o asfalto e a grama que atingiu os maiores valores de PET das 12h às 14h.

Na estação quente seca que apresentou amplitudes maiores dos valores de PET que a estação quente úmida, no período noturno os quatro pontos apresentaram valores do PET na faixa neutra, e por pouco tempo das 5h às 6h um pouco de frio. No período diurno, o ponto mangueira atingiu os menores valores de PET que os demais, mas ficou nas faixas de pouco calor e calor, atingindo o máximo de 35,4°C às 15h. 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. Enquanto que os pontos grama, concreto e asfalto atingiram as três faixas de calor superando a faixa de muito calor o que confirma o clima da região como uma região de muito calor pelo tempo em média diária em torno das 10h às 17h. Embora os comportamentos dos três pontos sejam semelhantes, verificou que o concreto absorve e dissipa mais rapidamente a energia térmica, isto porque seu albedo é maior que dos demais.

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. Na estação quente seca, houve uma queda dos índices PET no revestimento grama.

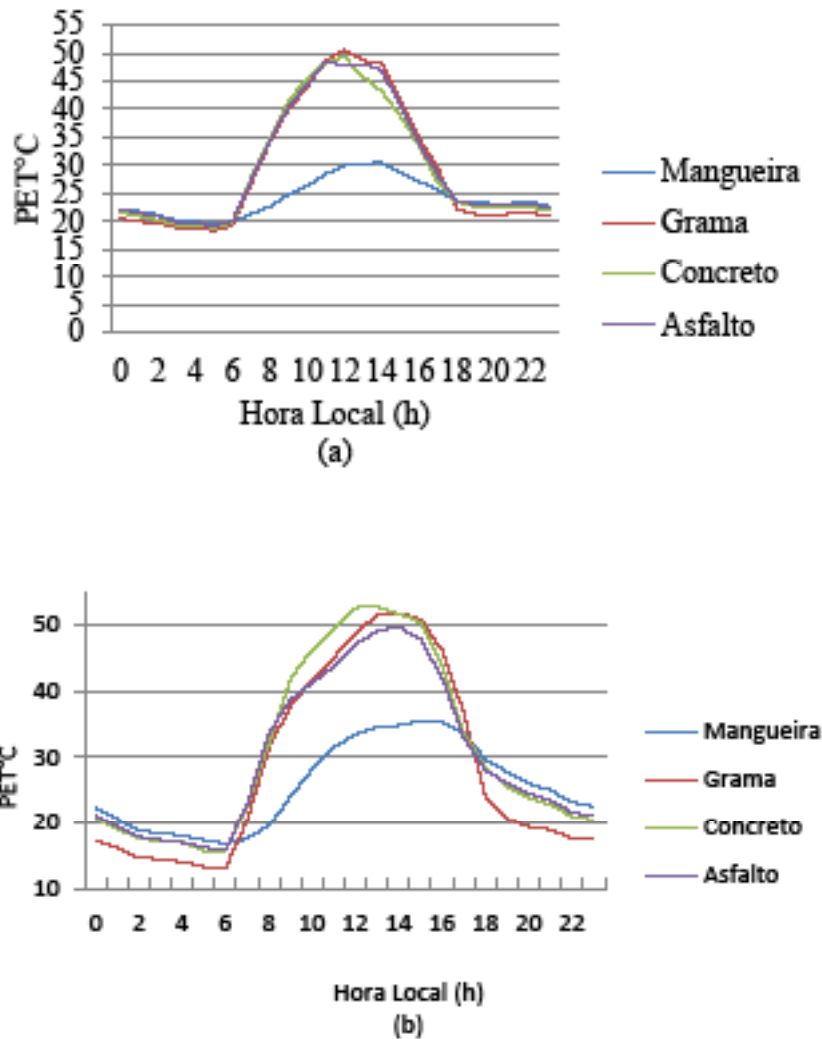


Figura 9 - Comparação dos PET dos 4 pontos de medição nas estações quente úmida (a) e quente seca (b)

## 5. CONCLUSÕES

Quanto às  $T_{bs}$ , 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  $T_{bs}$ , 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  $T_{bsmín}$  a menor umidade relativa máxima, portanto lugar mais saudável que dos outros pontos.

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que o sombreamento arbóreo e a superfície revestida por grama, por apresentarem menores  $T_{bs}$  máximas, propiciam maior conforto térmico que as superfícies revestidas por concreto e asfalto. A faixa de 18 – 26 (°C) do PET como percepção térmica neutra ou confortável, ocorreusamente no período noturno das 19h às 7h. 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 35,4°C às 15h no segundo período.

As árvores de decisão indicaram preferência na estação quente úmida o local nos dois índices PET, 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.



Estas constatações podem vir a confirmar a importância de proporcionar sombreamento nos espaços abertos, optar, quando possível, por cobertura de grama ao solo a revestimentos de concreto ou asfalto, sendo que o concreto pode ter preferência ao asfalto por ter maior facilidade de trocas térmicas, em climas tropicais.

## REFERÊNCIAS

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

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

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](http://cecaceix.wikispaces.com/file/view/ENCAC05_0092_101.pdf)> Acesso em 29 out. 2012.

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 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.

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.

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.*

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.

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

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

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

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.; 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., MAYER, H. AplicativocomputacionalRay Man 1.2. Disponível: [www.mif.unifreiburg.de/ray-man/2000](http://www.mif.unifreiburg.de/ray-man/2000), Acesso 10 abr.2011.

MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environment. *TheorApplClim* 38:43-49 1987.

MAYER H, MATZARAKIS A (1998) Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. In: Proceedings 2nd Japanese-German Meeting "Klimaanalyse für die Stadtplanung". Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special rep 1, pp 155-168.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelos Preditivos de Estresse Termo-Fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza, 2008. Anais... Fortaleza: Antac, 2008. 1 CD-ROM

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

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.

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.

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.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIR, W. P. M.; SILVA, R. S. (2002), Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, n. 1, v. 26, p.157-164, jan./fev.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Física Ambiental do Instituto de Física da UFMT, CNPq, FAPEMAT e ELETROBRÁS.