



MAPEAMENTO DA SENSAÇÃO TÉRMICA EM AMBIENTE URBANO A CÉU ABERTO EM CLIMA TROPICAL CONTINENTAL

Ivan Julio Apolonio Callejas (1); Luciane Cleonice Durante (1); Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira (1)

(1) Docente do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Edificações e Ambiental, Linha de Pesquisa Conforto Ambiental e Eficiência Energética, ivancallejas@ig.com.br, luciane.durante@hotmail.com; mcjanp@gmail.com

RESUMO

As condições meteorológicas do clima urbano influenciam a sensação térmica dos pedestres que circulam em ambientes a céu aberto. Desta forma, as variáveis meteorológicas desempenham importante papel para a qualidade de vida das pessoas que fazem uso desses espaços, principalmente em cidades de clima Tropical Continental. Nesse sentido, este trabalho objetivou mapear a sensação térmica de pedestres na condição de exposição a céu aberto na cidade de Cuiabá-MT, levando em consideração apenas as condições meteorológicas desencadeadas pelo clima. Foram realizadas medições das variáveis meteorológicas e utilizou-se o Índice UTCI (Índice Climático Térmico Universal) para avaliação da sensação térmica. O índice UTCI atingiu valor médio anual de 30,1°C, sendo que a sensação observada esteve compreendida entre “confortável” a “forte estresse ao calor”. O mês de setembro foi o que apresentou maiores valores de sensação térmica (superiores a 41°C), com sensação térmica durante o dia alcançando a faixa de “muito forte estresse ao calor”. Os meses de junho e julho foram o que apresentaram os menores valores de sensação térmica (21,2°C), com sensação térmica dentro da faixa de “conforto térmico”. Os resultados evidenciam o quanto desconfortáveis estão sujeitos os usuários dos espaços urbanos a céu aberto em clima tropical continental, o que demonstra a importância do planejamento desses espaços, bem como a necessidade da promoção de sombreamento arbóreo ou artificial dos espaços com elevada frequência de utilização.

Palavras-chave: Índice Climático Térmico Universal (UTCI); espaços abertos; sensação térmica de pedestres.

ABSTRACT

The urban climate has influence in the outdoor pedestrians' thermal sensation. The meteorological variables play an important role for people quality life that uses outdoor spaces, especially in cities located in Tropical Continental Climates. This study aimed to map the level of pedestrian thermal sensation exposure in the outdoor places. It was taken into consideration only the weather factors unleashed by Tropical Climates. The human's factors were not taken in consideration. It was used UTCI (Universal Thermal Climate Index) for evaluating the thermal sensation. The UTCI annual average reached 30.1°C, and thermal sensation ranged from “comfortable” to “strong heat stress”. In the September month was observed the highest values of thermal sensation (above 41°C), reaching during the period of day “very strong heat stress”. In June and July were observed the lowest values of thermal sensation (21.2°C), with thermal sensation within the range of “comfort or no heat stress”. The results indicate the pedestrians are subject to high level of thermal sensation in cities located in Tropical Continental Climates. It demonstrates how important is to plan the outdoor spaces with high frequency of use, providing them arboreal or artificial shading.

Keywords: Universal Thermal Climate Index (UTCI); outdoor spaces; pedestrians' thermal sensation.

1. INTRODUÇÃO

Vários estudos têm demonstrado que o clima urbano é caracterizado pela elevação da temperatura do ar, redução da umidade do ar e dos ventos, gerando nestes ambientes condições microclimáticas desagradáveis para as pessoas nas cidades de climas tropicais (AYOADE, 2001; SANT'ANNA NETO, 2000; CALLEJAS, 2012).

A sensação térmica é um dos fatores que interferem na decisão de permanência em um ambiente ao ar livre, pois fatores como temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e a radiação solar interferem diretamente na sensação térmica dos pedestres, alterando a percepção, a preferência e a satisfação térmica das pessoas (LIN et al., 2010).

Outros aspectos do meio urbano como a geometria das edificações e o revestimento das superfícies também exercem influência na sensação térmica das pessoas (LIN et al., 2010; CALLEJAS et al., 2012). A sensação térmica dos pedestres é dependente das condições meteorológicas, da morfologia urbana e da oportunidade adaptativa, sendo esta última referente ao grau com que uma pessoa pode se adaptar ao meio de forma física, fisiológica ou psicológica. Quando a oportunidade adaptativa é limitada, a satisfação térmica pode ser diferente da sensação térmica, fazendo com que lugares, a princípio confortáveis termicamente, sejam considerados desconfortáveis, ocasionando estresse térmico. Isso acontece porque, conforme destaca Nikolopoulou, Baker e Steemers (2001), fatores intrínsecos como naturalidade, experiências e expectativas, tempo de exposição e estímulo ambiental são importantes para a satisfação térmica do indivíduo.

A avaliação da sensação térmica pode ser feita a partir de vários índices, como o Voto Médio Previsto (VMP), proposto por Fanger (1972), Temperatura Efetiva (ET*) e Temperatura Efetiva Padrão (SET*), propostos por Gagge et al. (1986), Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), proposto por Hoppe (1999) e mais recentemente, o Índice Climático Térmico Universal (UTCI), proposto por Fiala et al. (2011). Os dois primeiros são utilizados para avaliar a sensação em ambientes internos, enquanto os últimos, ambientes internos e externos.

Para os ambientes a céu aberto, algumas pesquisas apontam que a temperatura radiante média e a velocidade do ar desempenham papel mais importante na sensação térmica do que a temperatura do ar, principalmente em condições de céu limpo (Xi et al., 2012). Desta forma, a avaliação destes parâmetros é fundamental, principalmente quando se pretende avaliar a sensação térmica de ambientes a céu aberto.

O índice UTCI foi desenvolvido por Fiala, Lomas e Stohrer (2011) e baseia-se no modelo termorregulatório multinodal e objetiva avaliar as condições térmicas de ambientes externos por meio da resposta fisiológica do corpo humano, definida como termo-fisiologicamente válida e aplicável a todos os tipos de clima, independente das características pessoais dos indivíduos (INTERNATIONAL..., 2001). O UTCI é um índice de temperatura equivalente, definido como a temperatura do ar (T_a) de um ambiente de referência que causa a mesma resposta que as condições ambientais em estudo. Assim, o UTCI é a temperatura do ar que produzirá, nas condições de referência, o mesmo estresse térmico que o ambiente térmico no qual a pessoa se encontra.

Para esse ambiente de referência, os seguintes parâmetros foram estabelecidos: velocidade do ar (V_a) de 0,5m/s a 10m de altura (aproximadamente 0,3m/s a 1,1m), temperatura radiante média (T_{rm}) igual à temperatura do ar (t_a), pressão de vapor (P_a) que represente umidade relativa (UR) do ar de 50% (para altas temperaturas, $t_a > 29^\circ\text{C}$, a umidade é mantida constante à 20 hPa) e atividade representativa de uma pessoa andando com velocidade 4 Km/h (1,1m/s), o que fornece uma taxa metabólica de 135W/m^2 (2,3Met). Além disso, considerou-se comportamento adaptativo em relação ao isolamento térmico, a partir de estudos de campo desenvolvidos na Europa, distribuição de roupa em diferentes partes do corpo e a redução da resistência térmica e evaporativa da roupa causada pelo vento e pelo movimento da pessoa andando a 4 km/h em superfície plana (BŁAŻEJCZYK et al., 2010). Estudo realizado por Rossi, Kruger e Bröde (2012) verificou a não necessidade de calibração do índice UTCI para regiões subtropicais. Entretanto, observaram um desvio de 0,1clo no isolamento térmico da vestimenta que ocorre entre os valores de temperatura equivalente de 16 a 22°C .

Assim como o PET (Temperatura Fisiológica Equivalente), o UTCI tem a vantagem de ser traduzido na unidade de graus Celsius, amplamente conhecida, o que torna mais compreensível seus resultados, como por exemplo, para os planejadores urbanos, que geralmente não possuem familiaridade com a terminologia dos parâmetros biometeorológicos.

O índice UTCI pode ser estimado através do uso de softwares, como BioKlima ou RayMan, entre outros. O RayMan tem sido utilizado em áreas urbanas para gerar previsões precisas dos ambientes térmicos (MATZARAKIS, MAYER e IZIOMON, 1999). Dentre os fatores necessários para cálculo do UTCI no software RayMan Pro, cita-se a temperatura do ar (T_a), umidade relativa (UR) ou pressão de vapor (P_a),

velocidade do ar (V_a) e temperatura média radiante (T_{rm}), sendo este o fator mais importante, estimado por meio da temperatura de globo.

A aplicação do UTCI requer a sua categorização em termos de resposta de estresse térmico, sendo esta adaptada do trabalho de Błażejczyk et al. (2010), no qual são apresentadas as diferentes escalas de estresse térmico (Tabela 1). A escala foi desenvolvida com base nas respostas para as condições de referência, das quais se deduziu a carga de estresse (ao calor ou ao frio) causada pela resposta fisiológica do organismo nas condições ambientais em que se encontram.

No Brasil, as pesquisas utilizando o UTCI ainda são incipientes, tanto com intuito de verificar a sua aplicabilidade como índice preditivo de sensação térmica de pessoas expostas a céu aberto, quanto em pesquisas com intuito de calibrá-lo como modelo preditivo de conforto e/ou estresse térmico. Entre os trabalhos desenvolvidos, citam-se os de Monteiro e Alucci (2007) e Rossi, Krüger e Bröde (2012), sendo que neste último, procurou-se estabelecer faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos na Cidade de Curitiba-PR, cidade de clima subtropical.

Tabela 1 - Escalas de estresse térmico definidas para o índice UTCI.

Faixas de UTCI	Categorias de estresse
> 46 °C	Extremo estresse para o calor
38 °C a 46 °C	Muito forte estresse para o calor
32 °C a 38 °C	Forte estresse para o calor
26 °C a 32 °C	Moderado estresse para o calor
18 °C a 26 °C	Conforto térmico
9 °C a 18 °C	Sem estresse térmico
0 °C a 9 °C	Pouco estresse para o frio
0 °C a -13 °C	Moderado estresse para o frio
-13 °C a -27 °C	Forte estresse para o frio
-27 °C a -40 °C	Muito forte estresse para o frio
<-40 °C	Extremo estresse para o frio

Fonte: BŁAŻEJCZYK et al. (2010)

2. OBJETIVO

A avaliação da sensação térmica em ambientes urbanos externos é complexa, considerando a heterogeneidade dos ambientes ao ar livre e se faz necessária para fornecimento de parâmetros com vistas ao planejamento urbano, no sentido de subsidiá-lo no que se refere às questões de conforto térmico. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar a sensação térmica em espaços urbanos a céu aberto, a partir do índice UTCI, com vistas a verificar a sua aplicabilidade em regiões de clima tropical. Questões como morfologia urbana e percepção térmica não são tratadas neste trabalho, sendo objeto de pesquisas futuras.

3. MÉTODO

3.1. Local da pesquisa

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. Atualmente, conta com cerca de 551.310 habitantes (IBGE, 2011) e possui cerca de 3.538,17 km², sendo que 254,57 km² correspondem à área de macrozona urbana e 3.283,60 km² 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 1).

O clima dominante é do tipo tropical continental semiúmido (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). Para Duarte (2000), o clima da região é definido por três períodos: uma estação seca e mais fresca no inverno; uma estação de transição seca e mais quente, um pouco antes das chuvas e, uma estação úmida e quente, durante as chuvas do verão.

A área urbana selecionada para estudo denominada de Sítio 1 se localiza na região leste da cidade, no bairro Areão (15°35'47,83S, 56°04'45,10W, 196,83m) distante do centro da cidade de aproximadamente 1,71km (Figura 1). O ponto de coleta de dados para o estudo bioclimático está inserido no pátio central de uma escola da Rede Pública Estadual de Ensino.



Figura 1 – Área de estudo.

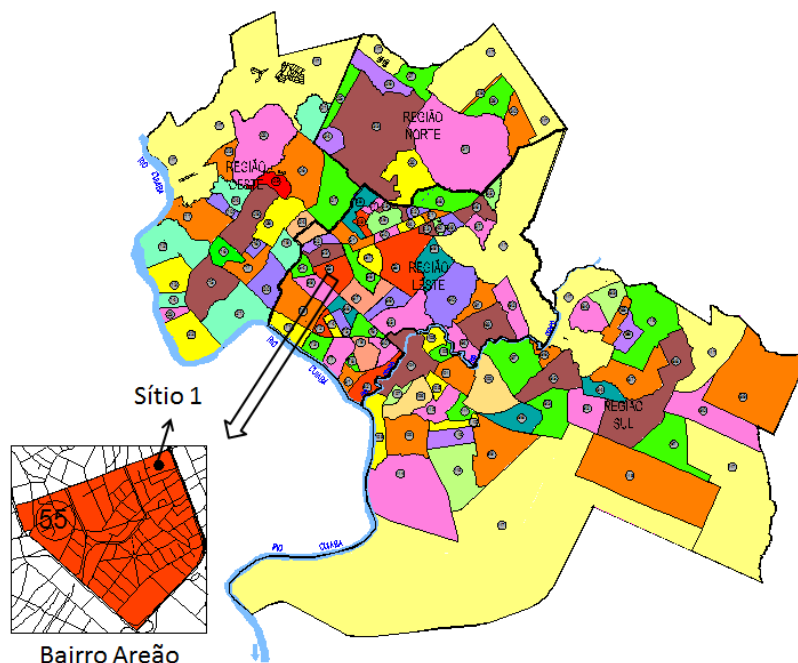


Figura 2 – Localização do ponto de coleta das variáveis bioclimáticas na cidade de Cuiabá-MT.

3.2. Materiais

As variáveis para avaliação da sensação de conforto térmico foram obtidas por meio de medição no local da pesquisa. A temperatura e umidade do ar foram medidas por registrador automático, marca HOBO, modelo U12-13, disposto no interior de abrigo meteorológico a 1,5m de altura em relação ao nível do solo. No canal externo do registrador foi monitorada a temperatura de globo utilizando-se uma esfera de plástico de 2,5” de diâmetro (Souza et al., 2002), fixada em suporte na parte superior do abrigo a 1,7m de altura em relação ao nível do solo. A velocidade do ar foi medida por estação meteorológica instalada junto ao abrigo meteorológico, em altura de 5 metros do nível do solo (Figura 3). Os dados da velocidade do ar foram posteriormente convertidos para o nível de 10m altura através de modelo matemático (Lei Logarítmica), conforme estabelecido para o ambiente de referência para avaliação do UTCI. A coleta de dados iniciou-se em 01 de setembro de 2010 e finalizou-se em 31 de agosto de 2011, abrangendo desta forma todas as estações climáticas da região.



Figura 3 - Abrigo e estação meteorológica instalados no pátio central da escola estadual.

3.3. Cálculo do índice UTCI

A sensação de conforto térmico foi avaliada pelo índice UTCI, utilizando-se o software RayMan 1.2 Pro, desenvolvido por Matzarakis, Rutz, Mayer (2000), cujos dados de entrada foram as coordenadas geográficas e altitude do ponto de coleta, umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar (T_{bs}), velocidade do vento (V_a) e temperatura radiante (T_{rm}) calculada conforme Souza et al. (2002) e equação estabelecida pela ISO 7726 (1998) para convecção forçada. Para as características físicas das pessoas, adotaram-se as padronizadas para o índice UTCI, ou seja, aquelas definidas para o ambiente de referência, a saber: corpo do indivíduo idealizado como elemento cilíndrico e esférico constituído de camadas de tecido anulares concêntricas com propriedades termofísicas e funções fisiológicas adequadas, peso de 73,5kg, conteúdo de gordura no corpo de 14%, área de superfície corporal (Dubois) de $1,86m^2$ e taxa metabólica correspondente à atividade de caminhar a 1,1m/s (2,3Met ou $135W/m^2$) (FIALA, LOMAS e STOHRER, 1999).

Foram elaborados mapas de sensação térmica a partir da escala definida por Błażejczyk et al. (2010) para período de medição.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O mapeamento apresentado na Tabela 2 apresenta o comportamento das temperaturas UTCI ao longo dos meses do ano para o período e região pesquisados. A análise geral do mapeamento permite inferir que as sensações térmicas preponderantes, variam desde “conforto térmico” a “muito forte estresse ao calor”. Ressalta-se que os resultados refletem a sensação térmica considerando os valores do isolamento térmico para regiões de clima temperado, ou seja, os previstos na concepção do índice ITCU. Como a temperatura equivalente são elevadas (acima de $22^\circ C$), resultados distintos poderiam ser encontrados a partir de ajuste do isolamento térmico promovido pela vestimenta, visto que foram observadas variações neste índice em região de clima subtropical (ROSSI, KRÜGER E BRÖDE, 2012).

Pelos mapeamentos, verificou-se que no mês de setembro (transição entre inverno e primavera), ocorre a sensação de estresse muito forte ao calor das 12 às 16h. Nos meses de dezembro e abril, esta mesma percepção térmica ocorre das 12 às 14h e das 13 às 14h, respectivamente. O valor máximo de UTCI de $41,1^\circ C$ ocorre no mês de setembro, às 14h. Nos meses de dezembro e abril, os máximos ocorrem às 12 e as 13h, nos valores de $38,5^\circ C$ e $38,6^\circ C$, respectivamente. O comportamento observado no mês de setembro é justificado pela restrição hídrica imposta à região nesse período, pouca presença de nuvens no céu e ao fenômeno de queimadas.

Nos meses de maio, junho, julho e agosto é possível verificar a condição de conforto em algumas horas do dia: em junho e julho, das 21 às 8h; em maio, das 22 às 8h e em agosto, das 23 às 8h. Nesses meses, a sensação térmica é de “moderado estresse ao calor” após o meio da manhã (10h e após o entardecer (até as 20h). Nas demais horas do dia, observa-se “forte estresse ao calor”. Os valores mínimos de UTCI ocorrem às 7h, sendo de $22,6^\circ C$, $21,2^\circ C$, $21,2^\circ C$ e $21,7^\circ C$ para os meses de maio, junho, julho e agosto, respectivamente. Esse comportamento se justifica pela posição do sol e a ocorrência de “frentes frias” na região nesse período.

Nos meses de outubro, novembro, janeiro, fevereiro e março a sensação térmica é de moderado estresse ao calor no período noturno e de forte estresse ao calor no período diurno.

Tabela 2 – Mapeamento da média mensal da sensação térmica utilizando o Índice UTCI.

Hora		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Meses	Set	29,2	28,2	27,8	27,5	26,8	26,5	26,4	27,5	30,5	33,1	35,4	37,7	39,2	40,4	41,1	40,9	39,8	37,7	34,7	32,9	32,0	31,2	30,4	29,8
	Out	27,7	27,4	27,0	26,7	26,3	26,1	26,1	27,7	30,3	31,9	33,9	35,1	36,1	37,0	37,6	36,8	35,4	34,8	32,4	31,0	30,1	29,4	28,9	28,3
	Nov	27,6	27,1	26,8	26,6	26,5	26,3	26,6	29,0	31,4	32,6	33,1	33,3	34,5	35,6	35,9	35,7	34,9	33,7	31,3	29,8	29,0	28,6	28,2	27,9
	Dez	29,0	28,8	28,7	28,6	28,4	28,2	28,3	30,2	33,2	35,3	36,2	37,3	38,5	38,2	38,0	36,8	35,6	34,3	32,1	30,8	30,3	30,0	29,6	29,3
	Jan	28,1	27,9	27,9	27,7	27,5	27,3	27,7	29,6	31,7	33,5	34,5	35,5	37,0	36,2	36,2	34,0	32,9	32,1	30,7	29,4	29,2	29,1	28,6	28,3
	Fev	28,0	27,6	27,3	27,1	26,9	26,7	26,7	27,4	29,6	32,2	33,4	33,7	35,4	35,7	35,9	35,3	34,3	33,5	32,0	30,1	29,4	28,9	28,5	28,3
	Mar	27,7	27,6	27,3	27,1	27,0	27,0	26,9	27,5	29,5	31,6	33,2	35,1	35,9	35,3	35,5	35,6	33,8	32,1	30,1	29,1	28,6	28,4	28,2	28,0
	Abr	28,3	28,0	27,7	27,5	27,3	27,1	26,9	27,3	30,7	33,9	35,8	37,4	37,9	38,6	38,4	37,5	36,2	34,7	31,5	30,3	29,5	29,1	28,9	28,6
	Mai	24,7	24,4	24,0	23,6	23,2	22,9	22,5	22,6	25,3	28,8	30,8	32,7	33,9	34,7	35,1	35,1	34,3	31,8	29,0	27,8	27,0	26,3	25,7	25,3
	Jun	23,9	23,5	23,0	22,6	22,2	21,7	21,3	21,2	23,5	28,1	30,6	32,3	33,8	34,9	35,3	35,4	34,5	31,6	28,7	27,4	26,3	25,4	24,7	24,3
Jul	23,8	23,3	22,9	22,4	21,8	21,4	21,3	21,2	23,3	27,8	30,2	32,1	33,9	34,8	35,6	35,8	35,2	33,0	29,3	27,7	26,6	25,7	24,9	24,2	
Ago	25,0	24,3	23,6	22,9	22,4	21,9	21,6	21,7	25,1	29,3	31,7	33,5	35,1	36,0	36,9	36,9	36,7	34,7	30,7	28,9	27,8	26,8	26,2	25,5	

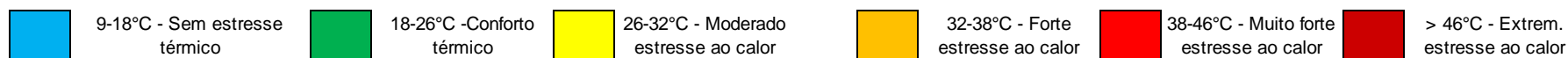


Tabela 3 – Frequências relativas mensais e anuais do índice UTCI para a região segundo a escala proposta BŁAŻEJCZYK et al. (2010)

Intervalo	< 9°C	9-18°C	18-26°C	26-32°C	32-38°C	38-46°C	> 46°C
Set	0%	0%	0%	50%	29%	21%	0%
Out	0%	0%	0%	63%	38%	0%	0%
Nov	0%	0%	0%	63%	38%	0%	0%
Dez	0%	0%	0%	54%	33%	13%	0%
Jan	0%	0%	0%	63%	38%	0%	0%
Fev	0%	0%	0%	58%	42%	0%	0%
Mar	0%	0%	0%	67%	33%	0%	0%
Abr	0%	0%	0%	63%	29%	8%	0%
Mai	0%	0%	46%	29%	25%	0%	0%
Jun	0%	0%	50%	25%	25%	0%	0%
Jul	0%	0%	50%	21%	29%	0%	0%
Ago	0%	0%	42%	29%	29%	0%	0%
Ano	0%	0%	16%	49%	32%	3%	0%

A análise das frequências relativas anuais para a escala proposta por BŁAŻEJCZYK et al. (2010) (Tabela 3) indicou que poucas horas anuais se encontram na faixa de conforto (16%). A maior frequência foi observada na escala de “moderado estresse ao calor” (49%). A sensação de frio não foi observada na escala uma vez que se trabalhou com a média horária mensal. No entanto, essa percepção aparece quando os dados são trabalhados em médias diárias horárias, não apresentadas neste trabalho. A sensação de forte estresse ao calor ocorreu em 32% das médias mensais e a de muito forte estresse ao calor, em 3%. Não houve registro nos dados médios horários mensais de extremo estresse ao calor e sem estresse térmico. Verifica-se desta forma a ocorrência de desconforto térmico por calor em 84% das horas.

Com relações as médias mensais (Figura 4), ao se analisar os intervalos propostos por Błażejczyk et al. (2010), observa-se com exceção dos meses de setembro e dezembro que se enquadram como forte estresse ao calor, os demais meses se enquadram como moderado estresse ao calor.

Como se pode observar, considerando o desvio padrão dos dados, nos meses de maio a agosto, é observada a sensação de conforto térmico, caracterizada por UTCI menor que 26°C. O índice UTCI atingiu valor médio anual de 30,1°C, sendo que a sensação observada esteve compreendida entre “confortável” a “forte estresse ao calor”.

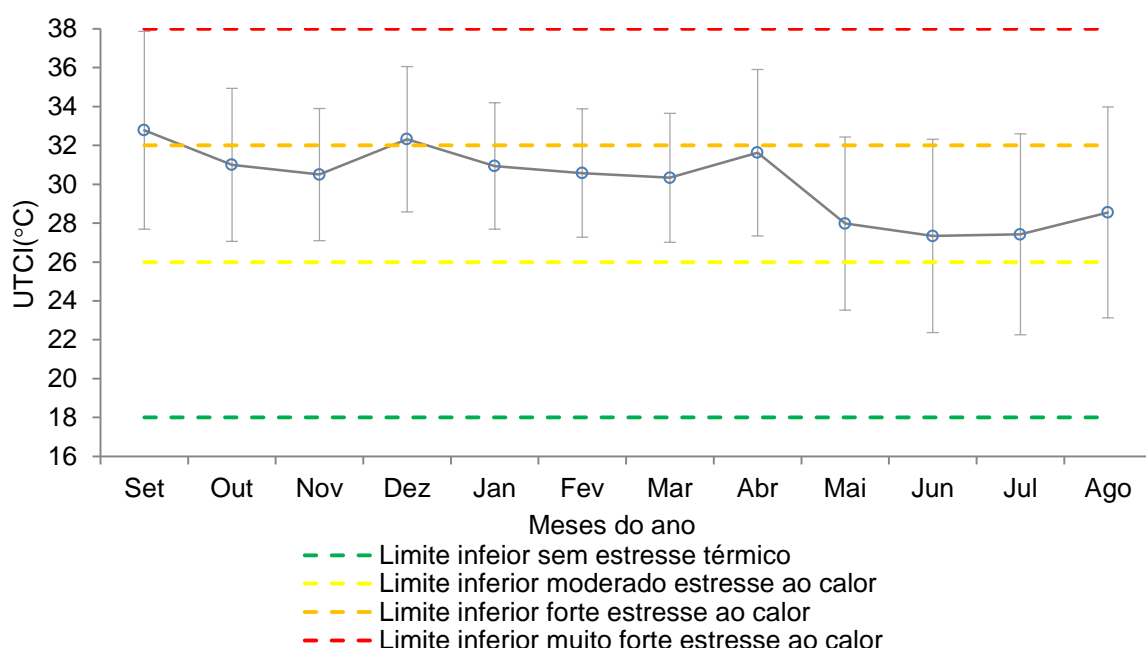


Figura 4 – Média mensal da sensação térmica para o índice UTCI. Linhas delimitativas para a escala de UTCI proposta BŁAŻEJCZYK et al. (2010)

5. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que a sensação térmica de conforto, definida a partir da calibração proposta por Błażejczyk et al. (2010), raramente foi alcançada durante o ano pesquisado. Exceção acontece nos meses mais frios do ano (maio, junho, julho e agosto), apenas durante o período noturno. A ausência das categorias sem estresse térmico e extremo estresse ao calor também foram observadas. Houve prevalência da categoria moderado estresse ao calor (49%), seguido de forte estresse ao calor (32%).

Durante o período diurno, o conforto térmico a céu aberto não foi alcançado em nenhum mês do ano. Nesse período, a escala indicou sensação térmica de moderado a muito forte estresse ao calor. Setembro se caracterizou como mês de maior frequência relativa de horas com desconforto térmico ao calor, com sensação variando de moderado estresse ao calor a muito forte estresse ao calor. Os meses de junho e julho apresentaram maior número de horas de conforto térmico (50%), com sensação variando de conforto a moderado estresse ao calor.

Os resultados confirmam a hipótese de que a região onde a pesquisa foi desenvolvida impõe condições bioclimáticas desfavoráveis sob condições a céu aberto, tendo sido obtido UTCI médio anual de 30,1°C, indicando a necessidade do uso de estratégias bioclimáticas que ajudem a aprimorar ou reduzir os efeitos ocasionados pelo clima local. Nesse sentido, o sombreamento, artificial ou arbóreo, pode ajudar a melhorar a sensação térmica. A morfologia urbana é outro aspecto que deve ser avaliado na cidade, visto que ela pode

favorecer a circulação de ar e reduzir a energia armazenada dentro do dossel urbano, minimizando a intensidade de ilha de calor e melhorando as condições termo-higrométrica das cidades. Aponta-se, como estratégia local, a necessidade de uma política de manutenção e ampliação da arborização no meio urbano, com vistas à promoção de melhorias do conforto térmico para os pedestres.

Aponta-se a necessidade de avaliação do índice de isolamento térmico promovido pela vestimenta para a região de clima tropical, visto que foram observadas variações neste índice em região de clima subtropical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- BLĄŻEJCZYK, K.; BROEDE, P.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; KUNERT, A. Principles of the new universal thermalclimate index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. **Miscellanea Geographica**, v.14, p.92-102, 2010.
- CALLEJAS, I. J. A., DURANTE, L. C., NOGUEIRA, M. C. J. A., NOGUEIRA, J. S., CAMPOS, A. C. S. Estudo do sombreamento arbóreo, atenuação da radiação solar e microclima dos pátios escolares: elementos para se pensar a sustentabilidade urbana. In: IV Encontro Latino-Americano de Construções Sustentáveis. Vitória. **Anais...** Vitória, v.1, p.1-10, 2011.
- CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2012. 265f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.
- CAMPELO JUNIOR, J. H.; PRIANTE FILHO, N.; CASEIRO, F. T. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: III Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Londrina. **Anais...** Londrina, 1991.
- DUARTE, D. H. S. **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.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. McGraw Hill, New York, 1972.
- FIALA, D.; HAVENITH, G.; BRÖDE, P.; KAMPMANN, B.; JENDRITZKY, G. UTCI-Fiala multi-node model of human temperature regulation and thermal comfort. **Int J Biometeorol**, Special Issue, 2011.
- FIALA, D.; LOMAS K. J., STOHRER M, A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: The passive system, **Journal of Applied Physiology**, 87(5): 1957-1972, 1999.
- GAGGE, A. P.; FOBELETS, A. P.; BERGLUND, L. G. A. Standard predictive index of human response to the thermal environment. **ASHRAE Transactions**, 92, p.709–31, 1986.
- HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **Int J Biometeorol**, 43, 71–75, 1999.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível: <http://www.ibge.gov.br>. [Acessado 10 Abril 2011].
- IPDU. Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Urbano. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá: Central de Texto, 2009.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY. **Commission 6 for the Development of a Universal Thermal Climate Index (UTCI)**. Meeting Report, Freiburg, Germany, June 7-8, 2001. Freiburg: ISB Commission, 2001.
- ISO 7726. International Standard Organization. **Ergonomics of the thermal environments: Instruments and methods for measuring physical quantities**. 1998.
- LIN, T. P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R. L.; YING-CHE HUANG, Y. C. Effect of pavements albedo on long-term outdoor thermal comfort, **Building and Environment**, v.45, p.213-221, 2010.
- MAITTELLI, G. T. **Uma Abordagem Tridimensional de Clima Urbano em Área Tropical Continental**. O Exemplo de Cuiabá – MT. São Paulo, 1994. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo.
- MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. **Int J Biometeorol**, 43, p.76–84. 1999.
- MATZARAKIS, A., RUTZ, F., MAYER, H., **Aplicativo computacional Ray Man 1.2**. Disponível: www.mif.unifreiburg.de/rayman/2000. [Acesso 10 Abril 2011].
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimáticas: parte 2: proposição de calibração de modelos preditivos. In: ENCONTRO NACIONAL, 9., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, p.1231-1240, 2007.
- NIKOLOPOULOU M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. **Solar Energy**, v.70, n. 3, p.227-235, 2001.
- ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Mudanças Climáticas Globais: Implicações no Desenvolvimento Econômico e na Dinâmica Natural. **Revista Pantaneira**, v. 2, n. 2, p.66-78, 2000.
- SOUZA, C. F., TINÓCO, I. F. F., BAÊTA, F. C., FERREIRA, W. P. M., SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, n.1, p.157-164, 2002.
- Xi, T., Li, Q., Mochida, A., Meng, Q. Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas. **Building and Environment**, 52, 162-170, 2012

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro a esta pesquisa.