

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO URBANO EM ESTAÇÃO QUENTE E SECA NA PRAÇA DOS GIRASSÓIS, PALMAS – TO

Jessica Viana Ferreira¹, Liliane Flávia Guimarães da Silva²

¹Discente de graduação em Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do PIBIC/IFTO. e-mail: jessicavianaf@hotmail.com

²Professora da Área de Construção Civil - IFTO. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente – UFT. e-mail: lilianeg@ifto.edu.br

Resumo: Essa pesquisa teve como objetivo avaliar o conforto térmico urbano na cidade de Palmas–TO, a partir da aplicação de índices de conforto térmico, PMV e UTCI, em estudo de caso na Praça dos Girassóis. A escolha do tema deveu-se à carência de pesquisas com conforto térmico em áreas externas na cidade, bem como devido à impossibilidade de controle artificial desses espaços. A estação seca é o período foco da pesquisa, tendo em vista que é a estação de maiores temperaturas máximas do ano, entre os meses de agosto e setembro. Percebeu-se que o índice UTCI tem maior aproximação da sensação térmica real dos entrevistados, apesar de, da mesma forma que o PMV, superestimar a percepção de conforto. Além disso, foi verificado que a escala utilizada de sensação térmica de sete pontos é pequena para demonstrar a realidade climática da cidade em estudo. O presente estudo abre mais uma possibilidade na caracterização do conforto térmico, contribuindo para futuras pesquisas sobre o tema em climas semelhantes.

Palavras-chave: Conforto térmico urbano, Índices de conforto térmico, Praça dos Girassóis, Palmas–TO

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é um dos mais relevantes canais da percepção no entendimento da relação do ser humano com o meio ambiente, pois evidencia sua relação com o clima. Segundo Ayoade (1996), o clima afeta a saúde humana mais do que qualquer outro elemento do meio ambiente, podendo estimular as atividades humanas de forma positiva ou negativa. Para o autor, o clima talvez seja o mais importante componente do ambiente natural, pois afeta os processos geomorfológicos, os da formação dos solos e as principais bases da vida para a humanidade, como o ar, a água, o alimento e o abrigo.

Mesmo evidenciada a importância do clima e a relevância do conforto como canal para sua percepção, há grande carência de estudos de conforto em espaços externos (ROSSI, 2012; MONTEIRO, 2008). Os estudos mais conhecidos da área estabelecem índices de conforto, em sua maioria, voltados a ambientes internos. Além disso, é muito reduzida a produção acadêmica sobre clima e conforto térmico na Região Norte do país, problemática ainda mais agravada na cidade de Palmas–TO, de história recente, com apenas 26 anos de sua fundação.

Pelos motivos elencados, o tema da presente pesquisa voltou-se se ao conforto térmico urbano, pois em espaços abertos evidenciam-se as características naturais do clima. O objetivo da pesquisa consistiu em avaliar o conforto térmico urbano na cidade de Palmas–TO, a partir da aplicação de índices de conforto térmico. Foram selecionados os índices: *Predicted Mean Vote* – PMV, criado por Fanger (1970) para ambientes internos; e o *Universal Thermal Climate Index* – UTCI, inicialmente desenvolvido pela *International Society of Biometeorology* - ISB (BRÖDE, *et al.*, 2012) para ambientes externos. O PMV, mesmo tendo sido criado para ambientes internos, tem sido gradualmente utilizado em contextos externos (ROSSI, 2012; NIKOLOPOULOU, 2004), enquanto o UTCI é um dos mais recentes modelos desenvolvidos, aplicável a todos os tipos de clima (ROSSI, 2012; BRÖDE, *et al.*, 2012).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em cinco etapas principais: 1. Pesquisa bibliográfica e seleção do espaço para monitoramento; 2. Levantamento de campo dos dados físicos (temperatura, radiação,

umidade e velocidade do ar) através de instrumentos; 3. Levantamento de campo dos dados pessoais com formulários acerca de sensação, avaliação e preferência térmica, descritas na norma ISO 10551 (1998); 4. Análise dos dados com caracterização dos dados climáticos, das respostas dos entrevistados e dos índices de conforto selecionados.

Com base na pesquisa bibliográfica realizada sobre o tema conforto e sobre a cidade de Palmas-TO, o espaço selecionado para monitoramento foi a Praça dos Girassóis, que é cartão postal de Palmas e espaço cívico destinado a ser o centro do desenho urbano da cidade.

No levantamento de campo, foram coletados dados *in loco* com uma estação meteorológica portátil e um termômetro de globo negro (15 cm de diâmetro, com emissividade 0,95). Foram levantados dados de cinco dias não consecutivos, durante a estação seca em Palmas-TO, tendo em vista que é a estação de maiores temperaturas máximas do ano, nos meses de agosto e setembro, com 34,5°C e 35,2°C respectivamente, segundo Normal Climatológica do INMET (2014).

Os dados foram coletados nos dias 18/08/2014, 25/08/2014, 01/09/2014, 12/09/2014 e 19/09/2014, a cada hora, entre as 8h e 12h no período matutino e entre as 14h e 18h no período vespertino. Os equipamentos foram instalados no espaço das calçadas, expostos às mesmas condições climáticas dos transeuntes, conforme Figura 1 abaixo:



Figura 1 – Equipamentos instalados na Praça dos Girassóis

Para a aplicação dos formulários com os transeuntes, a determinação da amostra seguiu orientações de Fonseca e Martins (2010) para variáveis qualitativas, desconhecendo-se a população, com nível de confiança de 95,5%, erro amostral admitido de 5%, estimativa da variável de 50%, obtendo assim o maior tamanho da amostra de 400 pessoas. Foram aplicados 10 formulários por hora para os transeuntes do local da pesquisa.

Para a análise, foi utilizada metodologia apropriada aos índices escolhidos. O PMV resulta em um voto médio predito das pessoas em uma escala composta de sete pontos: -3 *muito frio*; -2 *frio*; -1 *pouco frio*; 0 *neutro* (conforto); +1 *pouco quente*; +2 *quente*; +3 *muito quente*. O UTCI deriva em uma temperatura equivalente a um ambiente de referência, sendo classificado em categorias de estresse térmico por faixas da temperatura resultante: inferior a -40°C *estresse extremo para o frio*; -40 a -27°C *estresse extremo para o frio*; -27 a -13°C *estresse forte para o frio*; -13 a 0°C *estresse moderado para o frio*; 0 a +9°C *pouco estresse para o frio*; +9 a +26°C *sem estresse térmico* (conforto); +26 a +32°C *estresse moderado para o calor*; +32 a +38°C *estresse forte para o calor*; +38 a +46°C *estresse muito forte para o calor*; superior a +46°C *estresse extremo para o calor*. Para o cálculo do PMV e do UTCI, optou-se pelo cálculo *on line* dos dois índices, sendo para o UTCI através do site <http://www.utci.org>, da ISB, e para o PMV, pelo site <http://smap.cbe.berkeley.edu/comforttool>, da Universidade de Berkeley, EUA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das respostas obtidas nos questionários, pode-se fazer uma caracterização da população entrevistada, que estão dispostas nos gráficos seguintes, contendo as seguintes

informações: gênero, idade, peso, altura, médias de metabolismo e vestimenta, tempo de moradia em Palmas e região de origem.

A amostra compreendeu uma população majoritariamente masculina, correspondendo a 65,5% (Figura 2 A), sendo que 0,6% não declararam o gênero ou não responderam. Houve uma grande variedade de faixa etária entre os entrevistados, contidos entre 9 e 75 anos, em que predominou uma população jovem, com 78% abrangendo a faixa 20 à 50 anos de idade, conforme Figura 2 B, sendo 40,5% de 20 a 34 anos. Apenas 2,5% corresponde à faixa acima de 65 anos, e 4,8% corresponde à faixa entre 9 e 20 anos. O intervalo de peso entre 50 e 79,9 Kg corresponde à maior parcela dos entrevistados, 69,1% (Figura 3 A). Menores parcelas correspondem às faixas com mais de 95Kg e menos de 50Kg (10,6%). Quanto à altura, a maior parte dos entrevistados, com uma porcentagem de 71,1%, corresponde ao intervalo de 1,55 à 1,74m (Figura 12). Abaixo de 1,54m a amostra apresentou 6,8%, e apenas 2,8% acima de 1,85m.

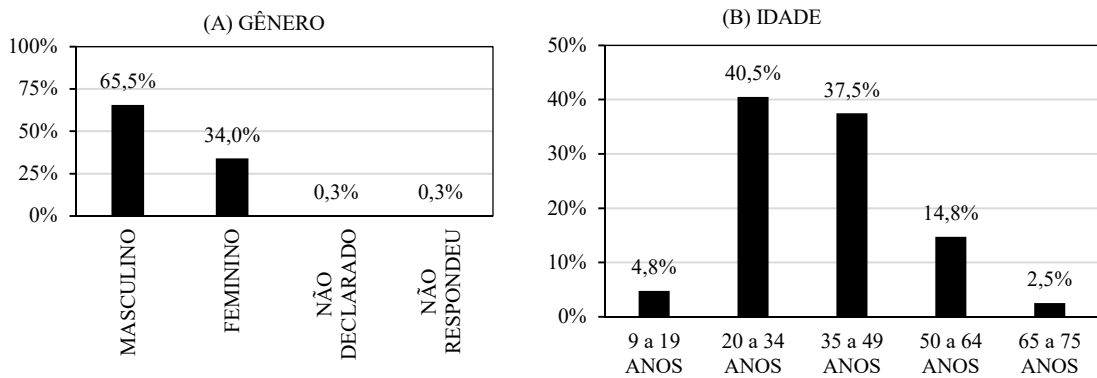


Figura 2 – Frequência relativa de Gênero (A) e Idade (B)

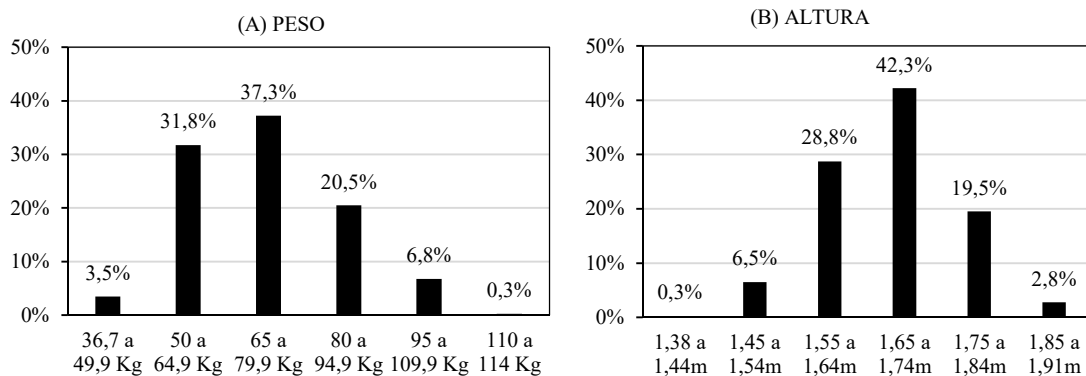


Figura 3 – Frequência relativa de Peso (A) e Altura (B)

Os entrevistados também foram questionados quanto ao tempo de moradia em Palmas e à região de origem. Esta última difere da naturalidade, pois não corresponde à região de nascimento, mas à região onde os mesmos moravam anteriormente. Quanto à região de origem, 49,8% da população entrevistada veio do próprio Estado do Tocantins (Figura 4 A). Destes, nenhum dos entrevistados era nascido em Palmas, todos moravam anteriormente no interior do Estado. Quanto às classes de tempo de moradia em Palmas, pode-se observar que a maior parte dos entrevistados moravam em Palmas há mais de 20 anos, enquanto os demais estavam distribuídos nas demais faixas de forma mais homogênea (Figura 4 B). A média de metabolismo foi de 1,9 Met (1 Met = 58,2 W/m² = 50 kcal/m².h) e a média do isolamento das roupas foi de 0,5 clo (1clo = 0,155m².°C/W).

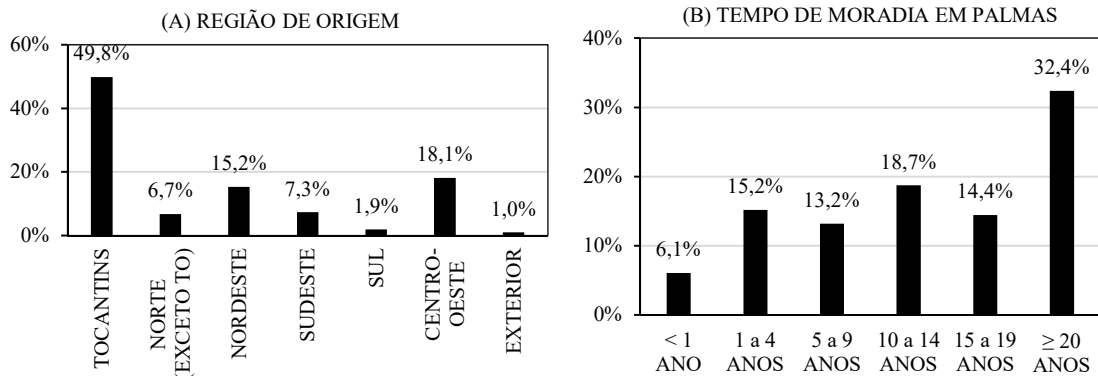


Figura 4 – Frequência relativa de Região de Origem (A) e Tempo de moradia em Palmas (B)

Dentre as variáveis climáticas levantadas na Praça dos Girassóis, a temperatura do ar apresentou valores máximos entre as 14h e 16h e os valores mínimos foram registrados nas primeiras horas da manhã, com leve queda ao final do dia (Figura 5 A). A temperatura do ar apresentou pouca variação entre os dias pesquisados. A temperatura do globo apresentou valores semelhantes ao registrado na temperatura do ar, obtendo os valores máximos entre as 14h e 16h e as mínimas nas primeiras horas do dia. (Figura 5 B).

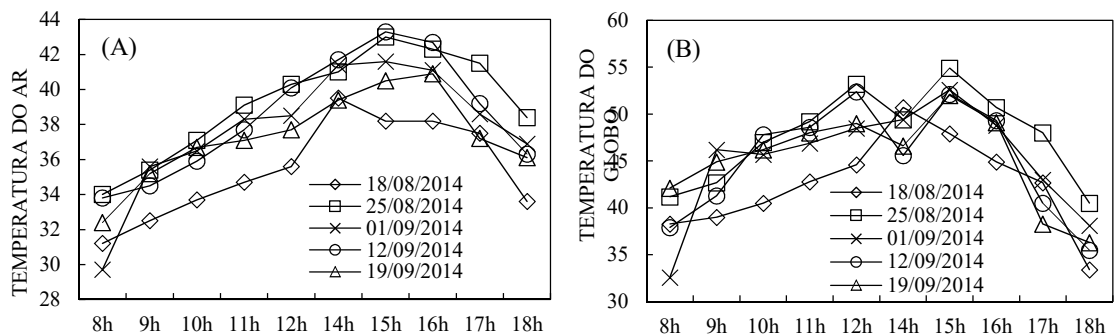


Figura 5 - Temperatura do ar em °C (A) e Temperatura do globo em °C (B)

A umidade relativa do ar acompanhou de forma inversa o que foi registrado na temperatura do ar (Figura 6 A). A máxima registrada foi de 57% e a mínima de 21%, sendo os valores máximos nas primeiras horas do dia e os valores mínimos entre as 14h e as 16h. A velocidade do ar apresentou grandes variações no decorrer do dia, e não ultrapassou 2,72m/s, sendo muitas vezes nula (Figura 6 B).

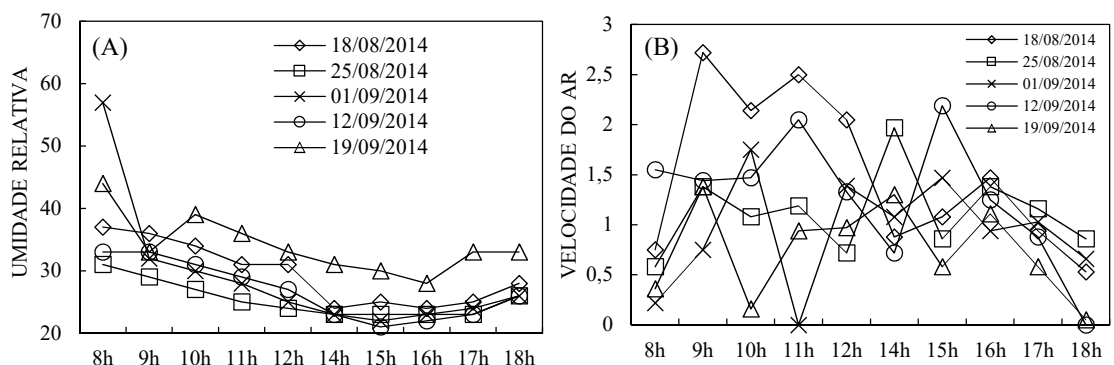


Figura 6 - Umidade relativa do ar em % (A) Velocidade do ar em m/s (B)

Para a percepção térmica (sensação térmica real) dos entrevistados foi utilizada uma estrutura de sete pontos: -3 *muito frio*; -2 *frio*; -1 *pouco frio*; 0 *neutro*; +1 *pouco quente*; +2 *quente*; +3 *muito quente*, conforme recomendação da ISO 10551 (1995). Dentre as respostas dos entrevistados, a maioria alegou estar com muito calor, 44,5%, seguido de 19,5% com calor, e 15% com pouco calor (Figura 7 A). Dentre estes, 20,75% respondeu estar neutro e uma parcela mínima respondeu estar com pouco frio (0,25%). A avaliação de conforto utilizou uma estrutura de escala binária (confortável ou desconfortável). Grande parte dos entrevistados possui voto desconfortável, parcela essa que corresponde a 72,25% dos mesmos, enquanto apenas 27,75% sente-se confortável (Figura 7 B).

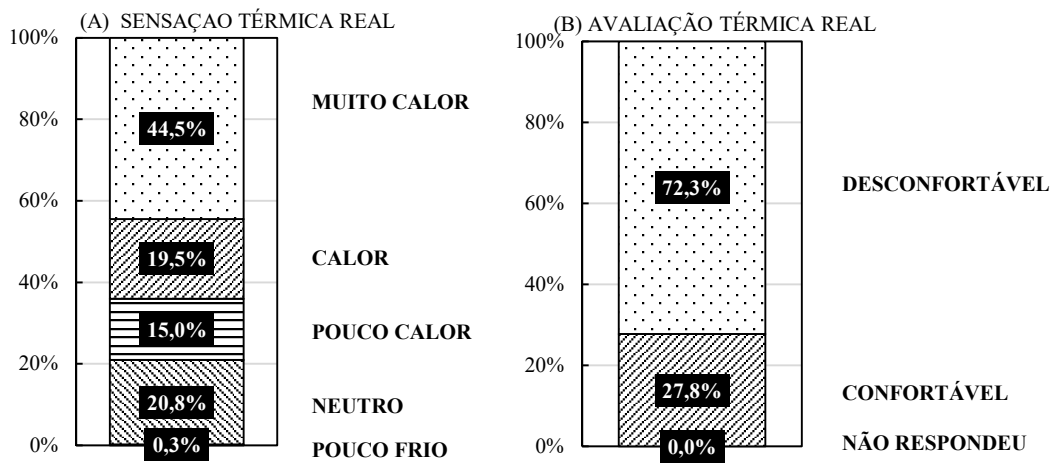


Figura 7 - Sensação Térmica Real (A) e Avaliação Térmica Real (B)

A preferência térmica foi avaliada em uma estrutura de três escalas: mais resfriado, sem mudanças e mais aquecido. Em relação a esta variável, a grande maioria, 84,3%, preferia estar mais resfriado, enquanto 15,3% não teve preferência por mudanças. Uma parcela mínima, 0,25% preferia estar mais aquecido, e 0,25% dos entrevistados não opinaram (Figura 8 A). Quanto às reações ao desconforto, constatou-se que a grande maioria dos entrevistados procura uma sombra na Praça das Girassóis, seguido da utilização de roupas mais leves e mudança de local. Os entrevistados podiam selecionar mais de um item quanto à reação ao desconforto (Figura 8 B).

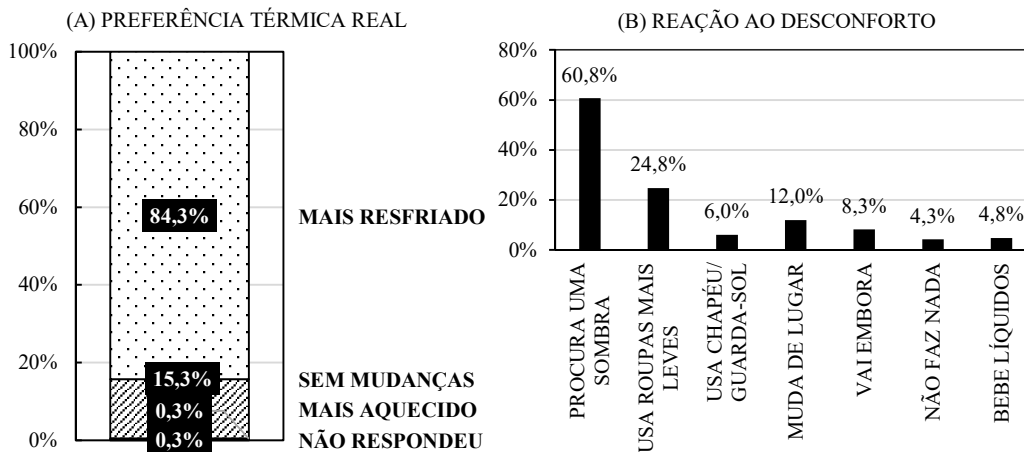


Figura 8 - Preferência Térmica Real (A) e Reação ao desconforto (B)

Ainda quanto à preferência e reação, questionou-se aos entrevistados quanto às áreas mais confortáveis e mais desconfortáveis em relação ao local pesquisado, com a possibilidade de mais de uma resposta. A maioria de respondentes alegou estar mais confortável na área sob as árvores, com sombra (Figura 9 A), enquanto as áreas que geravam maior desconforto eram a rua, o estacionamento e a calçada, ou seja, áreas expostas ao sol (Figura 9 B).

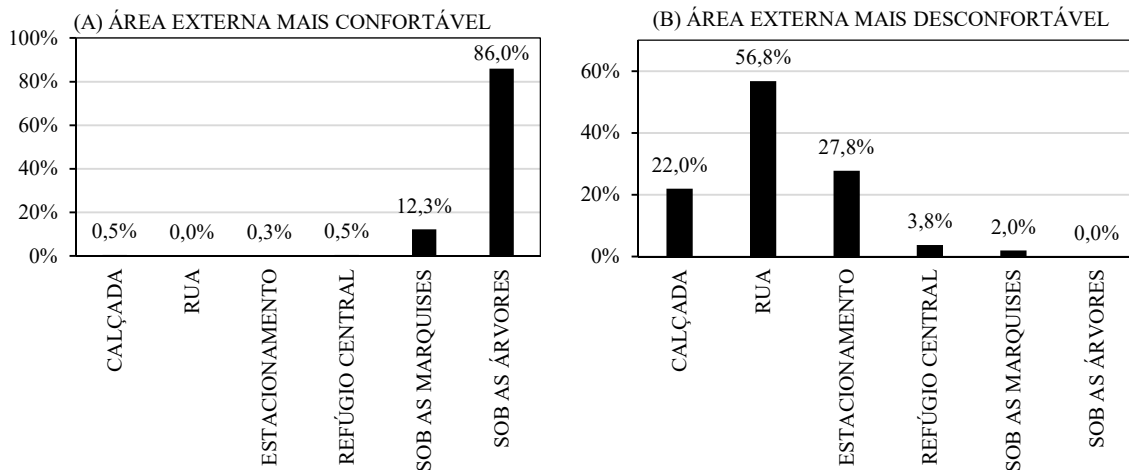


Figura 9 – Área externa mais confortável (A) e Área externa mais desconfortável (B)

O índice UTCI foi obtido por meio dos seguintes dados registrados: temperatura do ar, temperatura radiante média (obtida através da temperatura de globo, utilizando as fórmulas da ISO 7726 (1998)), umidade relativa e velocidade do ar a 10m de altura (obtida através dos procedimentos de Bröde *et al.* (2012)). Em 2% dos dados obtidos não foi possível calcular o índice UTCI, sendo este considerado nulo, fato que ocorreu devido a uma falha do equipamento no registro da velocidade do ar às 11h do dia 01/09/2014. Os resultados encontrados foram sempre superior a 30°C e apresentaram valores máximos entre 12h e 15h (Figura 10), ultrapassando os 50°C (faixa de *estresse extremo para o calor*). Pode-se observar que em todos os dias e horários não houve sensação térmica neutra (*sem estresse térmico*). A faixa de *estresse muito forte para o calor* apresentou maior frequência durante o dia, em 46,9% dos casos.

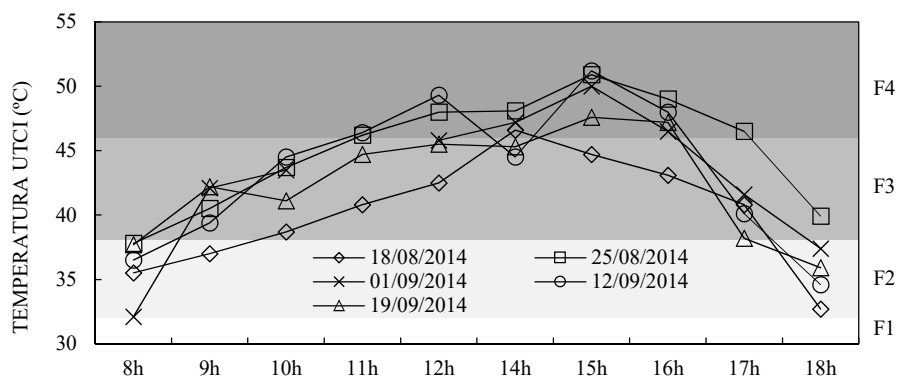


Figura 10 - UTCI calculado, com as faixas de estresse térmico F1: *estresse moderado para o calor*; F2: *estresse forte para o calor*; F3: *estresse muito forte para o calor*; F4: *estresse extremo para o calor*.

O índice PMV é calculado a partir das variáveis temperatura do ar, temperatura radiante média (obtida da mesma forma que descrito para o UTCI), velocidade do ar, umidade,

metabolismo (met) e isolamento das roupas (clo). O PMV foi calculado para cada indivíduo, considerando as médias das variáveis ambientais no intervalo de hora medido (Figura 11). Em muitos casos os valores calculados ultrapassaram a escala máxima de sete pontos proposto pelo índice. Verificou-se que não houve sensação térmica *neutra* (valor próximo a 0). Houve predominância acima da sensação *quente* (acima de +2), correspondendo a 91,75% dos entrevistados. Destes, 68,0% apresentam valores acima da sensação *muito quente* +3, valores muito extremos na escala adotada pelo índice.

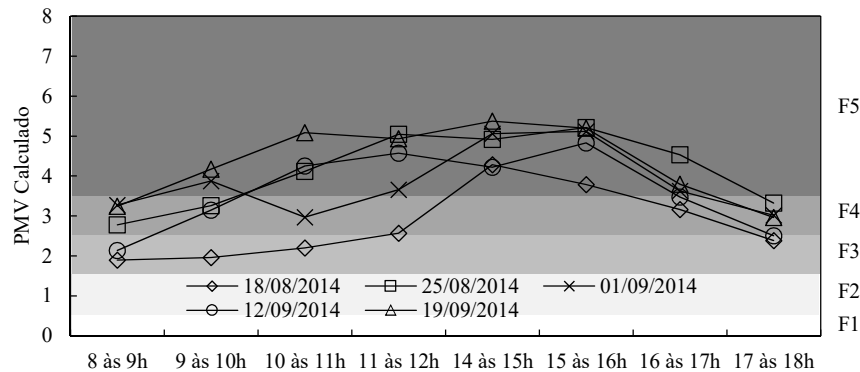


Figura 11 - PMV Calculado, com as faixas de sensação térmica: F1: *neutro*; F2: *pouco quente*; F3: *quente*; F4: *muito quente*; F5: valores extremos, acima da escala.

Como pode ser percebido, ambos os índices, PMV e UTCI, superestimaram o desconforto térmico para o calor dos entrevistados. Enquanto na resposta dos transeuntes temos 72,25% de pessoas com avaliação desconfortável (Figura 7 B), no cálculo dos índices há 100% de desconforto (nenhuma sensação neutra).

A distribuição apresenta também uma subestimação de sensação térmica real de *pouco calor*, com 15% na resposta dos entrevistados (Figura 7 A), considerando que nos casos do índice UTCI, os valores indicaram apenas categorias acima de *calor forte* e em nenhum caso no PMV inferior à *quente*. No entanto, verifica-se uma diferença relevante na distribuição de cada índice em relação à sensação térmica real. No PMV predomina a maior faixa de calor (*muito calor*), enquanto no UTCI predomina uma faixa intermediária, de *estresse por calor muito forte*.

6. CONCLUSÕES

Notou-se que os índices apresentaram valores extremos, o que poderia representar o desconforto total das pessoas, porém, contrastou com a resposta da população. Os transeuntes, em sua maioria, encontravam-se desconfortáveis quanto à sensação térmica no local pesquisado, mas em percentual inferior ao indicado pelos índices. Tanto o PMV quanto o UTCI superaram não só a avaliação térmica de desconforto dos entrevistados, como também a sensação térmica de calor, o que indica a necessidade de sua adequação para avaliação destes espaços.

Os resultados apresentados demonstraram também uma dificuldade de comparação nas escalas entre o índice UTCI e a aplicada nas entrevistas, que foi baseada na ISO 10551 (1995). O UTCI não apresenta uma sensação térmica de *pouco estresse para o calor*. O PMV, apesar de apresentar a mesma escala utilizada nas entrevistas, o que permite a comparação direta, resultou em valores muito superiores a esta escala, o que sugere que a escala de sensação térmica de sete pontos é pequena para demonstrar a realidade climática da cidade em estudo.

Verificou-se ainda que, apesar da superestimação de ambos os índices, o UTCI apresentou predominância de sensação térmica mais próxima da sensação térmica real que o índice PMV, com maior percentual na faixa de *estresse por calor muito forte*, valores mais próximos da sensação térmica real *muito calor*.

Pelas dificuldades encontradas, como a necessidade de ampliação da escala de respostas da população e as grandes diferenças observadas nos índices, sugere-se maior investigação nestes espaços, considerando um número maior de variáveis, tendo em vista a complexidade da análise da sensação térmica em espaços urbanos em locais de clima de altas temperaturas como o de Palmas-TO. O presente estudo abre mais uma possibilidade na caracterização do conforto térmico na cidade estudada, contribuindo para futuras pesquisas sobre o tema em climas semelhantes, servindo também de instrumento para o planejamento urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFTO pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BRÖDE, P. et. al. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). **International Journal of Biometeorology**, n. 56, p. 481–494, 2012.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering**. Nova Iorque: McGraw Hill, 1970.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 28 maio 2014.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551**: Ergonomics of thermal environment: Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genebra, 1995.

_____. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environments: Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 1998.

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. 378 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – USP, São Paulo, 2008.

NIKOLOPOULOU, M. (coord.). **Designing Open Spaces in the Urban Environment**: a Bioclimatic Approach. Grécia: Kane Cres, 2004.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 188 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) – UTFPR, Curitiba, 2012.