XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Pátio Interno com Presença de Vegetação: Análise Microclimática Comparativa

Patio Interior con Presencia de Vegetación: Análisis Microclimático Comparativa

Internal Courtyard with Presence of Vegetation: Comparative Microclimatic Analysis

Conforto Térmico / Thermal Comfort / Confort Térmico

Callejas, Ivan Julio Apolonio
Doutor, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil, ivancallejas1973@gmail.com

Durante, Luciane Cleonice
Doutora, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil, luciane.durante@hotmail.com

Nunes, Gabriela Kehrwald
Graduanda, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil, gabriela.kehrwald@outlook.com

Silva, Gabriela Diglianne Candido da
Graduanda, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil, gabrieladigliannecs@gmail.com

Campos, Julia Trevisan de
Graduanda, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil, juliatrevisan767@gmail.com

Resumo

A vegetação beneficia a composição paisagística de pátios das edificações e interferem no seu microclima. Objetiva-se avaliar os impactos da vegetação no microclima de pátios, em termos de melhoria no arrefecimento e redução no estresse térmico dos ocupantes. O objeto de estudo é um edifício com dois pátios internos, com e sem presença de vegetação. Medições simultâneas de temperatura, umidade e velocidade do ar, bem como de radiação solar nos pátios permitiram a análise do microclima e a quantificação do Índice Térmico Climático Universal. Evidenciou-se que a vegetação proporcionou pouco efeito de arrefecimento térmico. O estresse térmico diurno se reduz, devido ao bloqueio da incidência solar e ao sombreamento proporcionado pela vegetação, apesar de elevação no noturno. A vegetação é uma estratégia complementar para aperfeiçoar a ambiência dos pátios.

Palavras-chave: Arrefecimento térmico. Sombreamento arbóreo. Conforto térmico. UTCI.

Resumen

La vegetación beneficia la composición paisajística de los patios de los edificios e influye en su microclima. Se tiene como objetivo evaluar los impactos de la vegetación en el microclima de los patios, en términos de mejora del enfriamiento y reducción del estrés térmico de los ocupantes. El objeto de estudio es un edificio con dos patios internos, con y sin presencia de vegetación. Mediciones simultáneas de temperatura, humedad y velocidad del aire, así como de radiación solar en los patios, permitieron el análisis del microclima y la cuantificación del Índice Térmico Climático Universal. Se evidencia que la vegetación proporciona poco enfriamiento térmico. El estrés térmico diurno se reduce debido al bloqueo de la incidencia solar y al sombreado proporcionado por la vegetación, a pesar de aumento no nocturno. La vegetación es una estrategia complementaria para mejorar la ambientación de los patios.

Palabras clave: Enfriamiento térmico. Sombreado arbóreo. Confort térmico. UTCI.

Abstract

Vegetation benefits the landscape composition of building courtyards and influences their microclimate. The objective is to evaluate the impacts of vegetation on the courtyard microclimate in terms of improving cooling and reducing the thermal stress of occupants. The study subject is a building with two internal courtyards, with and without the presence of vegetation. Simultaneous measurements of temperature, humidity, and air velocity, as well as solar radiation in the courtyards, enabled the analysis of the microclimate and the quantification of the Universal Thermal Climate Index. It is evidenced that vegetation provides low thermal cooling. The daytime thermal stress is reduced due to the blocking of solar incidence and shading provided by the vegetation, despite increasing during nighttime. Vegetation is a complementary strategy to enhance the ambiance of courtyards.

Keywords: Thermal cooling. Arboreal shading. Thermal comfort. UTCI.

Introdução

O pátio é um espaço de transição, um ambiente externo fechado ou semifechado, cercado pela edificação e aberto ao céu (Rodríguez-Algeciras et al., 2018). É um recurso tradicionalmente utilizado em climas quentes de deserto e mediterrâneo, podendo também ser aplicado em regiões tropicais (Callejas e Kruger, 2023). Além de promover iluminação e ventilação naturais ao edifício, o pátio proporciona um ambiente aberto e protegido para socialização (Rivera-Gómez et al., 2019). Adicionalmente, pode regular as trocas térmicas com o ambiente externo, controlando a ventilação, a temperatura do ar e a umidade do ar (Callejas et al., 2020).

O pátio é um recurso projetual de estratégia bioclimática passiva, atuando como modificador do microclima e com potencial para melhorar o conforto térmico (Diz-Mellado et al., 2021). Sua geometria, expressa pela relação entre sua altura e seu comprimento, impacta na intensidade da radiação solar recebida pelas superfícies circundantes do edifício, com potencial de proporcionar ambientes termicamente mais amenos, a depender da orientação solar. Além das características estéticas do pátio, seus atributos morfológicos (cores, texturas e materiais, dentre outros) e a presença de elementos naturais (vegetação e água, por exemplo) podem ser manipuladas para melhorar o microclima e influenciar no conforto térmico.

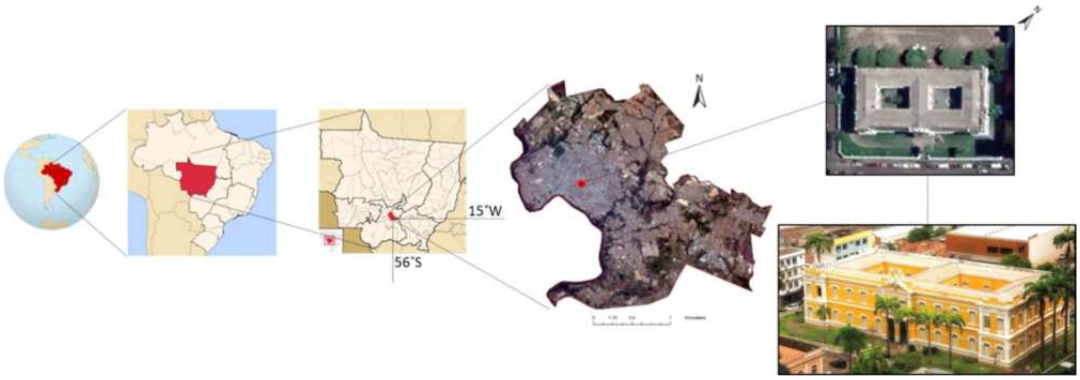
A vegetação arbórea dos pátios melhora a sua composição paisagística e estética (Li; Song, 2019) e proporciona resfriamento evaporativo, amenizando a temperatura e umidificando o ar, devido aos processos de evapotranspiração (Haseh et al., 2018; Shashua-Bar et al., 2011). Adicionalmente, a sombra proporcionada reduz a absorção de radiação solar pela envoltória do edifício, impactando nas temperaturas dos ambientes internos, efeitos dependentes da espécie arbórea, do volume da copa e do índice de densidade foliar (Haseh et al., 2018).

No atual contexto das mudanças climáticas, onde condições extremas de calor são cada vez mais frequentes, especialmente em regiões de clima tropical, a busca por estratégias passivas de resfriamento evaporativo e de sombreamento voltadas para o arrefecimento do ambiente construído é relevante. Diante dos potenciais benefícios proporcionados pela presença da vegetação em um pátio, este artigo investiga o impacto da vegetação no microclima dois pátios internos, em termos de melhoria no arrefecimento e no estresse térmico dos ocupantes, em região de clima tropical, em termos de melhoria no arrefecimento e no estresse térmico dos ocupantes.

Metodologia

A pesquisa é realizada no município de Cuiabá (15°36'36”S; 56°11'04”W), capital do Estado de Mato Grosso, Centro-Oeste do Brasil. A cidade se localiza na área de transição entre o Pantanal e o Cerrado. Possui clima Tropical de Savana (Köppen-Geiger Aw), com estação chuvosa (quente e úmida, de outubro a abril) e estação seca (quente e seca, de maio a setembro). As temperaturas médias anual, mínima e máxima são de 27,9°C, 23°C e 30°C, respectivamente. A umidade relativa do ar e a precipitação média anual são de 71,6% e 1372,2 mm, respectivamente (Callejas et al., 2019). O objeto de estudo é o edifício Palácio da Instrução (Figura 1).

Figura 1: Localização de Cuiabá e do edifício Palácio da Instrução



Fonte: Os Autores (2025, p. 4).

O edifício foi construído em 1913, em estilo neoclássico, é composto por dois pavimentos e possui dois pátios internos posicionados de forma simétrica, cada um contando com 10m de largura (W), 13,70m de comprimento (L) e 11,80m de altura (H), apresentando uma Relação de Aspecto (RA), definida como a razão entre a altura e a largura dos pátios (H/W), de 1,18. Os espaços internos do edifício possuem aberturas (portas e janelas) para os pátios. O pátio à esquerda (Figura 2a) possui dois exemplares do espécime Palmeira *Arecaceae* e o pátio da direita (Figura 2b) não possui vegetação arbórea. A simetria do posicionamento dos pátios permitiu uma comparação direta dos impactos proporcionados pela presença de vegetação em apenas um deles.

Figura 2: Pátios internos da edificação, sendo (a) esquerdo, com dois espécimes arbóreos (Palmeira Arecaceae) e (b) direito, sem presença de vegetação arbórea e com fonte de água desativada.

(a) (b)



Fonte: Autores (2025, p. 4).

Instalou-se uma estação meteorológica Onsetcomp, marca HOBO, na cobertura do edifício – Est. 01 (altura de 14m) equipada com sensores de radiação solar (Rg, W/m^2), pressão do ar (pa, mbar), temperatura do ar (Ta, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e velocidade do ar (va, m/s), com a finalidade de monitorar as condições ambientais externas ao edifício (Figura 3). No centro de cada pátio foi instalado um datalogger Onsecomp, modelo U12, com sensores de temperatura do ar (Ta, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e temperatura do globo (Tg, °C) (Est.02, à direita e Est. 03, à esquerda). Os instrumentos foram posicionados no pátio a aproximadamente 1,1m, altura média do centro de gravidade de pessoas adultas. Os registros correspondem à média de cada 5 minutos. Todos os sensores atendem a recomendação da ISO 7726 (ISO, 2007). E antes da instalação em campo, conduziram-se análises de regressão linear simples entre os dados medidos nos sensores a serem colocados no pátio sem palmeiras (variável dependente) com aqueles a serem colocados no pátio com palmeiras (variáveis independentes) com vistas a fazer inferências estatísticas de associação linear entre eles. Estimou-se o erro entre os sensores através do indicador estatístico Erro Absoluto Médio (EAM), visando auferir a qualidade dos dados antes e depois do procedimento de calibração. O coeficiente de determinação (R^2) determinado nas regressões se mostrou elevado (>0,98), com a calibração se apresentando pertinente uma vez que os erros médios absolutos antes e depois da calibração se reduziram a 0,060°C, 0,361% e 0,032°C para a temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura de globo, respectivamente (Tabela 1). Assim, antes das comparações das variáveis ambientais, os dados coletados no pátio sem palmeira foram ajustados conforme equações de correlação visando reduzir os erros das medições.

Tabela 1: Ensaio de calibração dos sensores a serem instalados nos pátios sem e com palmeiras.

Sensores	Faixa de aferição	EAM sem calibração (sensor 1 – sensor 2)*	R^2	Equação de correlação	EAM com calibração (sensor 1 – sensor 2)*
Temperatura do ar	25 a 31°C	0,112°C	0,9863	y = 1,009x – 0,1662	0,060°C
Umidade do ar	50 a 81%	0,382%	0,9849	y = 1,0089x – 0,6999	0,361%
Temperatura de globo	23 a 32°C	0,158°C	0,9960	y = 1,0142x – 0,2459	0,032°C

*sensor 1 – sensor a ser instalado no pátio sem palmeira; sensor a ser instalado no pátio com palmeiras

Fonte: Autor (2024, p. 11).

Figura 3: Posicionamento das estações meteorológicas – (a) na cobertura (Est. 01), (b) no pátio da direita (Est. 02) e (c) no pátio da esquerda (Est. 03).

(a) (b) (c)



Fonte: Autores (2025, p. 5).

As medições foram realizadas de 21/01 a 04/02/2022, período do ano em que a trajetória aparente do sol se encontra em zênite (-15, 61°) na região, o que oferece condições similares de exposição. Para esta análise, o dia 31/01, mais crítico em termos de exposição térmica ao calor foi selecionado. Tomou-se como referência tanto o desempenho dos pátios em relação à condição externa ao edifício (Est. 1) quanto em termos de desempenho relativo entre si (Est. 2 e Est. 3). Desta forma, o impacto microclimático é analisado por meio das diferenças das variáveis

de temperatura, umidade, temperatura radiante e o índice UTCI do ambiente externo e interno e, ainda, do pátio com e sem presença de Palmeiras (Equações 1 e 2).

$$\Delta\text{Variável} = \text{Variável}_{\text{externa}} - \text{Variável}_{\text{pátio com/sem palmeiras}} \quad (1)$$

$$\Delta\text{Variável} = \text{Variável}_{\text{Pátio}} - \text{Variável}_{\text{pátio com palmeiras}} \quad (2)$$

Adotou-se o Índice Térmico Climático Universal (UTCI) para determinar a sensação térmica nos ambientes pesquisados, em virtude de sua universalidade, abordagem racional e independência das características pessoais (por exemplo, idade e sexo). Este índice se baseia no modelo multimodal de termoregulação humana proposto por Fiala, Lomas e Stoher (1999), apresentando como resposta a temperatura do ar (Ta) de um ambiente fictício de referência que causa a mesma resposta fisiológica das condições ambientais do ambiente de estudo. O UTCI foi calculado por meio do software BioKlima v.2.6 desenvolvido por Blazejczyk (IGiPZ PAN, 2020), considerando-se as variáveis microclimáticas registradas no dia selecionado, medidas concomitantemente em cada ambiente (céu aberto e nos dois pátios).

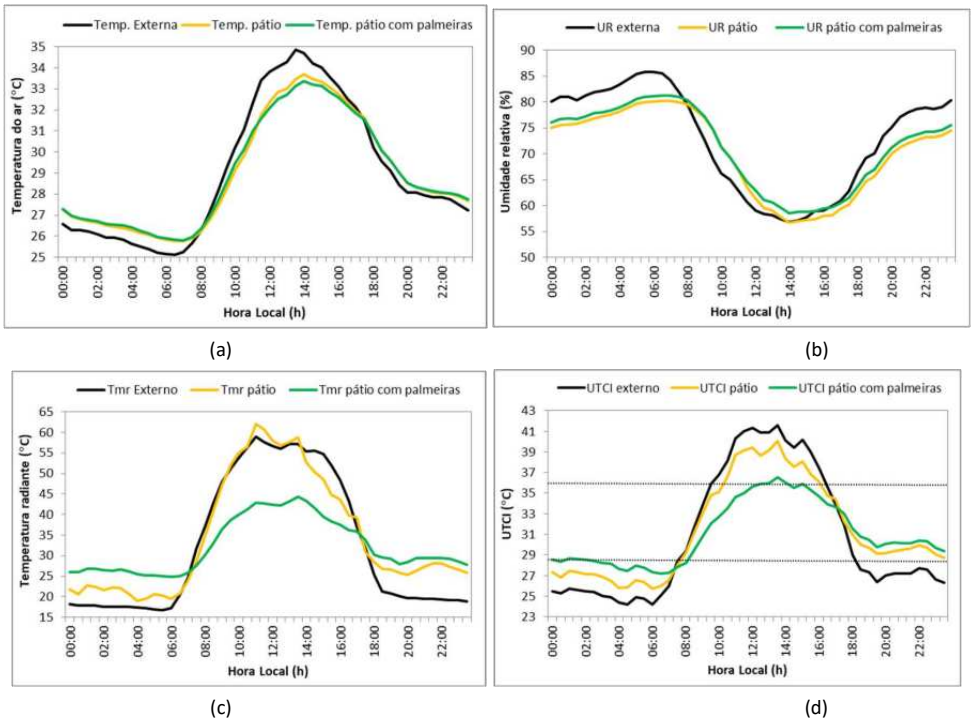
Resultados e Discussões

Análise das variáveis ambientais e de sensação térmica

A marcha e as amplitudes diárias da variação da temperatura (Ta) e umidade relativa (UR) do ar externo são consistentes com os padrões sinópticos da região em dia quente de verão. A variação da temperatura do ar nos pátios está relacionada à marcha diária da temperatura externa, ao sombreamento proporcionado pela sua forma geométrica, à insolação incidente em seu interior e à presença dos espécimes arbóreos (Figura 4a). Das 8 às 17h, a temperatura do ar nos pátios permanece inferior à externa, resultado do seu fator de forma que ocasiona diferentes sombreamentos nas fachadas e no piso, alterando a insolação ao longo do dia. No período noturno, a temperatura do ar em ambos os pátios permanece superior à externa, em razão do calor armazenado nos materais da envoltória que, progressivamente, é liberado. A estratégia arquitetônica de adoção de pátio interno proporciona arrefecimento térmico passivo nos dois pátios, em relação ao ambiente externo, durante o perído diurno (Figura 4a), com atenuação máxima às 11h, de -1,7°C no pátio sem espécimes arbóreas e, um pouco maior de -1,8°C, naquele com arborização, horário de maior insolação e baixos níveis de sombreamento devido a altura solar. No período noturno, ocorre o inverso, com a temperatura em ambos

permanecendo em média +0,5°C superior à temperatura externa, em razão do calor armazenado nos materiais, que alimenta os fluxos radiativos nos pátios.

Figura 4: Variação horária dos parâmetros microclimáticos - (a) temperatura do ar, (b) umidade relativa do ar, (c) temperatura média radiante e (d) Índice Térmico Climático Universal - UTCI.



Fonte: Autores (2025, p. 7).

O comportamento observado na umidade relativa do ar é inverso ao da temperatura do ar, com ambos os pátios permanecendo mais umidificados praticamente durante todo período diurno, enquanto no noturno, há maior umidificação no ambiente externo (Figura 4b). Na umidade relativa do ar, constantam-se elevações nos dois pátios em relação ao ambiente externo, com diferenças de até -5,7% às 9h30min, com tendência degeneração a medida que o pico de temperatura máxima se aproxima. No período noturno ocorre o contrário, com ambiente externo mais umidificado em média 5% em relação aos pátios.

Para a variável temperatura média radiante (T_{mr}) (Figura 4c), constata-se que esta é dependente dos fluxos radiativos. No ambiente externo, ela é fortemente dependente da radiação solar direta incidente durante o dia, enquanto nos pátios é afetada pelo sombreamento e incidência

solar. Destaque para o efeito da arborização, que reflete e bloqueia a radiação solar, reduzindo os ganhos radiativos no piso do pátio, o que reduz a temperatura superficial. Já à noite, esta variável é influenciada pelo resfriamento radiativo, com o ambiente externo perdendo calor mais rapidamente que os pátios, uma vez que estes são influenciados pelas múltiplas trocas radiantes que ocorrem entre paredes opostas, que aprisionam o calor, mantendo-os mais aquecidos. No pátio com presença das Palmeiras, além do efeito já descrito, nota-se aquecimento mais acentuado pelo efeito guarda-chuva proporcionado pelas folhas das copas, não permitindo que a superfície do piso se resfrie mais rapidamente do que naquele onde não há arborização.Este comportamento influencia o sensor de temperatura de globo uma vez que este está posicionado entre a copa e a superfície do piso do pátio, o que reflete na elevação da temperatura média radiante durante o periodo noturno.

Em função do que foi descrito, durante o período matutino (das 7 às 9h) e vespertino (das 14 às 17h), a estratégia do pátio é capaz de reduzir os ganhos térmicos em seu envelope, o que induz menores níveis de temperatura radiante em relação ao ambiente externo, com picos de redução de até 7,1°C, às 15:30h no pátio sem espécimes arbóreos. Já naquele com presença das Palmeiras, o impacto é maior, devido ao sombreamento proprorcionado pelas copas, que induz a menores níveis de exposição à radiação solar na superfície deste pátio, ocasionando maior atenuação nessa variavel durante todo o período diurno, com pico de redução de até 15,2°C, às 15h. Por outro lado, durante a noite, nota-se elevação da temperatura radiante nos pátios em relação ao ambiente exterior, onde os pátios com e sem Palmeiras permanecem, em média, +5,1°C e +8,6°C mais quentes que a temperatura média radiante exterior, respectivamente. Por sua vez, durante o período de maior incidência de insolação (9 às 14h), devido a ausência da proteção das copas, há degeneração nesse efeito, com a temperatura média radiante no pátio sem palmeiras se elevando em até 3,1°C às 11:30h em relação ao exterior, fato que não ocorre no pátio com a presença das Palmeiras.

A sensação térmica derivada por meio do indice UTCI revela que tanto o ambiente externo quanto o interno estão sujeitos a extresse por calor, em decorrência dos padrões sinópticos observados em dia quente de verão, em região tropical (Figura 4d). A análise segundo as faixas de sensação térmica calibradas para a cidade de Cuiabá-MT (Borges et al. 2020), indica que apenas durante a madrugada, das 0 às 7:30h, a sensação térmica de “conforto térmico” é alcançada, tanto no ambiente externo quanto nos pátios. O conforto térmico também é

verificado no ambiente externo no período noturno, em razão das perdas radiativas serem mais acentuadas do que nos pátios. Nesse mesmo período, das 18 até as 23h, desencadeia-se sensação de 'leve calor' (28,5 a 36˚C) devido as multiplas reflexões de ondas longas que ocorrem nos, pátios. Já no perióodo diurno (das 7:30 às 9:30h) e verpertino (das 16:30 às 18h), o ambiente externo e no pátio sem arborização se tem a sensação de "leve calor" (28,5 a 36˚C), enquanto que, das 9:30 às 16:30h, a sensação é de "calor" (36 a 43˚C). No entanto, a sensação no pátio com Palmeiras praticamente não ultrapassa de "leve calor" (28,5 a 36˚C), exceto no horário de pico. No período diurno, a estratégia arquitetônica do pátio é eficaz em reduzir os níveis de estresse térmico ao calor nesse ambiente, com pico de atenuação de 2,3˚C às 12:30h, porém a introdução das palmeiras corrobora ainda mais para a atenuação, chegando a 6,0˚C às 11:30h, em decorrência do sombreamento proporcionado pelas copas. Por sua vez, durante o perído diurno, as trocas radiativas entre as paredes e entre a superfície do piso e a copa restringem as perdas radiativas, fazendo com que os pátios sem e com Palmeiras permaneçam em média -2,0˚C e -3,0˚C mais quentes, respectivamente, que o ambiente externo.

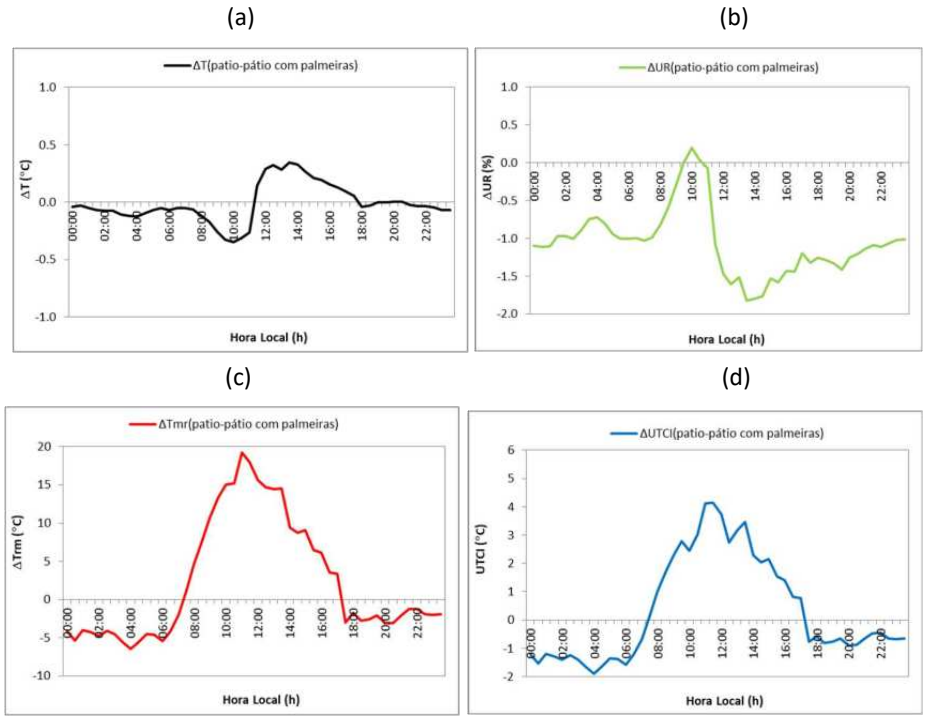
Atenuações ou elevações nas variáveis ambientais e de sensação térmica entre os pátios sem e com presença de espécimes arbóreos

A Figura 5 apresenta os gráficos das atenuações e/ou elevações nas variaveis ambientais e de sensação térmica. Em vista as diferenças encontradas para as variavéis de temperatura e umidade relativa do ar serem pequenas, é importante resaltar que os sensores usados na campanha foram previamente calibrados e apresentam erros após este procedimento da ordem de ± 0,060°C e ±0,361% para a temperatura do ar e umidade relativa do ar, respectivamente. Com relação à temperatura do ar (Figura 5a), observa-se atenuação no período vespertino das 12 às 18h, com pico de 0,35˚C, às 13:30h. Nos períodos noturno e matutino, o pátio com Palmeiras se mantém mais aquecido, em média -0,1 ˚C que aquele sem, com pico de 0,35˚C, às 10h, fato associado à dificuldade de resfriamento proporcionado pela presença das copas das palmeiras. Note que as diferenças noturnas se aproximam do erro entre os sensores.

Exceção dos horários de maior incidência de radiação solar, a presença dos espécimes arbóreos proporciona um ambiente um pouco mais úmido durante todo o período pesquisado, em média, com 1,13% de umidade relativa mais elevada (Figura 5b). Tal comportamento está associado evapotranspiração proporcionada pela presença das palmeiras. As maiores diferenças são observadas nos períodos vespertino e noturno. Porém, do início da manhã até às 9h30min,

nota-se que as diferenças vão se reduzindo, ficando o pátio arborizado menos úmido por cerca de uma hora (pico de +0,3%), com diferença inferior ao erro entre os sensores.

Figura 5: Diferenças microclimáticas entre o pátio sem e com palmeiras: (a) temperatura do ar, (b) umidade absoluta do ar e (c) temperatura média radiante e (d) Índice Térmico Climático Universal - UTCI.



Fonte: Autores (2025, p. 7).

A ausência das Palmeiras no pátio eleva a insolação em seu interior e torna as superfícies do piso mais expostas, fazendo com que as temperaturas superficiais se elevem nos horários de maior altura solar. Diante disso, nota-se que, durante praticamente todo o período diurno, a temperatura radiante no pátio sem as Palmeiras permaneceu, em média, 10,6°C mais elevada do naquele com arborização (Figura 5c). Às 11h, a diferença máxima de 18,0°C é alcançada. No período noturno, o efeito guarda-chuva impede que as superfícies do pátio arborizado irradiem e se resfriem. Em virtude disso, nota-se que a T_{mr} noturna no pátio sem vegetação é em média 3,5°C mais amena do que na condição com arborização.

Em decorrência do sombreamento proporcionado pelas copas, o pátio arborizado configura-se como uma estratégia capaz de atenuar a sensação térmica dos usuários durante todo o período diurno. O bloqueio da insolação proporcionada pelas folhagens das palmeiras atenua a sensação térmica, em média, de 3,3˚C, com pico de 4,1˚C às 11h. Em razão disso, das 11 às 17h, a arborização contribui para que a percepção térmica dos usuários não atinja o nível "quente", como observado no pátio sem arborização. O comporrtamento está relacionado à variável temperatura radiante, cuja influência é fundamental para quantificar a carga térmica no corpo humano, sendo o principal fator do desconforto térmico humano (MIDDEL et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo avaliar o impacto de espécimes arbóreos no microclima e na sensação térmica em dois pátios internos de uma edificação localizada em cidade de clima tropical, na savana brasileira, por meio de medições de campo. Evidenciou-se que a presença de duas Palmeiras em um dos pátios impacta positivamente na melhoria do ambiente e na sensação térmica.

A presença das copas interage com a radiação solar que incide no pátio, reduzindo os ganhos térmicos e sombreando as superfícies do piso, o que reduz a temperatura radiante, variável que está diretamente relacionada à sensação térmica. Como consequência, os níveis de estresse térmico puderam ser reduzidos em uma escala de sensação térmica, de "quente" para "levemente quente" durante o dia, apesar de piorar a condição no período noturno, devido ao fato das folhas impedirem a remoção do ar quente, alimentado pela irradiação dos pisos, que o retém sob as copas. Entretanto, o agravamento não implicou em alteração na escala de percepção térmica. No presente estudo, o resfriamento evaporativo proporcionado pela presença da arborização teve pouco impacto na temperatura e umidade do ar dentro do pátio, com o sombreamento proporcionado pelas copas sendo o principal fator da redução da sensação térmica.

Referências

CALLEJAS, I. J. A., BIUDES, M. S., MACHADO, N. G., DURANTE, L. C., DE ALMEIDA LOBO, F. Patterns of energy exchange for tropical urban and rural ecosystems located in Brazil central. **Journal of Urban & Environmental Engineering**, v. 13, n. 1, 2019.

CALLEJAS, I. J. A., DURANTE, L. C., DIZ-MELLADO, E., GALÁN-MARÍN, C. Thermal Sensation in Courtyards: Potentialities as a Passive Strategy in Tropical Climates. **Sustainability**, v. 12, n. 15, 6135, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/su12156135.

CALLEJAS, I. J. A.; KRÜGER, E. Microclimate and thermal perception in courtyards located in a tropical savannah climate. **INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY**, v. 1, p. 1, 2022.

DIZ-MELLADO, E., LÓPEZ-CABEZA, V. P., RIVERA-GÓMEZ, C., GALÁN-MARÍN, C., ROJAS FERNÁNDEZ, J., NIKOLOPOULOU, M. Extending the adaptive thermal comfort models for courtyards. **Building and Environment**, v. 203, 2021.

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

HASEH, R. H., KHAKZAND, M., OJAGHLOU, M. Optimal Thermal Characteristics of the Courtyard in the Hot and Arid Climate of Isfahan. Buildings, v. 8, p. 1-22, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings8120166.

IGiPZ PAN –Instytut Geografii I Przestrzennego Zagospodarowania - PAN. **BioKlima - Universal tool for bioclimatic and thermophysiological studies**. Disponível em https://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html. Acesso em: 25 fev. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2007). **ISO 7726: Ergonomics of the thermal environments: Instruments and methods for measuring physical quantities**. International Standards Organization.

LI, Y., SONG, Y. Optimization of Vegetation Arrangement to Improve Microclimate and Thermal Comfort in an Urban Park. **International Review for Spatial Planning and Sustainable Development**, v. 7, n.1, p. 18-30, 2019. DOI: https://doi.org/10.14246/irspsd.7.1_18.

MIDDEL, A., TURNER, V. K., SCHNEIDER, F. A., ZHANG, Y., STILLER, M. Solar reflective pavements-A policy panacea to heat mitigation? **Environmental Research Letter**, v. 15, p. 064016, 2020.

RODRÍGUEZ-ALGECIRAS J., TABLADA A., CHAOS-YERAS M., DE LA PAZ G., MATZARAKIS A. Influence of aspect ratio and orientation on large courtyard thermal conditions in the historical centre of Camagüey-Cuba. **Renewable energy**, v.125, p.841-851, 2018.

SHASHUA-BAR L., PEARLMUTTER D., ERELL E. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. **Int J Climatol**, v. 31, n. 10, p. 498-1506, 2011.