III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DINÂMICA DE CONFORTO EM PARQUES

Solange Leder (1); Eduardo Krueger (2); Linccon Lima (3)
(1) Doutorado, UFPB, solange.leder@academico.ufpb.br
(2) Doutorado, UTFPR, ekruger@utfpr.edu.br
(3) Doutorado, UFPB, linccon.ecobio@hotmail.com

RESUMO
Os estudos de conforto térmico em ambientes externos ainda são limitados quanto à consideração das condições dinâmicas e transitórias do ambiente, embora a experiência térmica dos usuários seja continuamente influenciada por variações espaço-temporais do microclima, histórico térmico e adaptação fisiológica e comportamental. Assim, este artigo descreve o procedimento metodológico empregado em uma investigação de conforto térmico sob abordagem dinâmica, envolvendo a aplicação contínua de questionários a uma amostra de indivíduos ao longo de um percurso em parque urbano inserido em clima quente e úmido. O método compreende medições de variáveis microclimáticas (temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do vento) realizadas com uma mochila bioclimática e a aplicação de questionários (acessados pelo celular) sobre sensação, percepção e preferência térmica ao longo de um trajeto com 11 pontos, sendo 6 pontos na ida e 5 pontos na volta, totalizando 2,7 km percorridos em aproximadamente duas horas. Para as análises foram empregadas análises estatísticas descritivas e inferenciais. Os resultados obtidos apontam especialmente a pertinência de incluir variáveis do trajeto como: a distância percorrida, as condições do entorno, o desnível, o tempo de percurso e o FVC de cada parada.

Palavras-chave: Conforto térmico transiente, áreas verdes urbanas, monitoramento dinâmico.

1. INTRODUÇÃO

Estudos de conforto frequentemente são abordagens estáticas, baseadas em medições pontuais e análises transversais, enquanto as abordagens dinâmicas, que acompanham as variações das condições ambientais e das respostas humanas ao longo do tempo são menos frequentes. A distinção, no entanto, é relevante, pois a experiência térmica dos usuários é continuamente influenciada por variações espaço-temporais do microclima, histórico térmico e adaptação fisiológicas e comportamentais nesse contexto, o conceito de conforto térmico dinâmico emerge como uma abordagem que considera ao longo do tempo as condições microclimáticas do ambiente em conjunto com as respostas fisiológicas e perceptivas. Estudos recentes indicam que deslocamentos espaciais e mudanças transitórias de temperatura impactam na sensação de conforto (Chokhachian et al., 2018; Wang et al., 2018). Um conceito pertinente nesse contexto é o termo alliesthesia térmica, fenômeno no qual um mesmo estímulo térmico pode ser percebido como agradável ou desagradável dependendo do estado térmico do indivíduo. Assim, estímulos que auxiliam o corpo a retornar à neutralidade térmica tendem a produzir sensações de prazer térmico, enquanto estímulos que afastam o organismo dessa condição são percebidos negativamente (Cabanac, 1979).

Pesquisas em diferentes microclimas urbanos têm destacado que o conforto térmico em espaços externos deve ser compreendido como um fenômeno transitório e espacialmente variável. Chokhachian et al. demonstraram que a experiência térmica dos pedestres é continuamente modificada pelas mudanças de radiação solar, ventilação, geometria urbana e deslocamento ao longo do percurso. Os resultados indicaram ainda que variações significativas nas condições meteorológicas resultaram em respostas térmicas distintas entre os participantes, especialmente aqueles com histórico térmico distinto.

Em experimentos de campo realizados em estações ferroviárias na China, Su et al. (2024) observaram que exposições prévias ao calor influenciam significativamente tanto as temperaturas da pele quanto as respostas subjetivas dos usuários. O estudo demonstrou que os efeitos fisiológicos e perceptivos dessas exposições podem persistir por vários minutos após a entrada em ambientes climatizados, reforçando a importância da dimensão temporal do conforto térmico. Além disso, os autores verificaram que mudanças metabólicas associadas ao deslocamento dos indivíduos possuem impacto mais significativo na percepção térmica do que simples variações ambientais.

Segundo Höppe (1999) existem, em princípio, três diferentes abordagens para o conforto térmico: uma psicológica, uma termofisiológica e outra baseada no balanço térmico do corpo humano. A definição psicológica — "uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico" (ASHRAE, 2020) é complexa devido ao seu caráter subjetivo, ela reflete uma ampla variação interindividual. A avaliação do conforto térmico requer a integração entre parâmetros físicos mensuráveis e respostas subjetivas dos ocupantes, conforme orienta a ISO 10551 (2019), que estabelece métodos para a coleta e interpretação das respostas subjetivas ao ambiente térmico. A coleta de informações subjetivas por meio de questionários tem sido empregada regularmente, especialmente em pesquisas sobre conforto térmico em espaços abertos (Aljawabra; Nikolopoulou, 2018; Manteghi et al., 2020). A base para as investigações subjetivas é frequentemente proveniente de normas internacionais, originalmente desenvolvidas para ambientes internos, como a ISO 7730 (2021), ISO 8996 (2021) e ISO 10551 (2019), dada a ausência de diretrizes específicas para ambientes ao ar livre (Chen and Ng, 2012; Liu et al., 2022; Tsoka et al., 2020.).

Neste contexto, este artigo apresenta uma metodologia desenvolvida para investigar condições dinâmicas de conforto térmico em um parque urbano. O método foi aplicado em uma área verde urbana no clima tropical quente e úmido em um estudo piloto com 7 indivíduos.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é desenvolver e testar um método dinâmico de avaliação do conforto térmico em ambientes urbanos. Os procedimentos metodológicos serão descritos, juntamente com a síntese dos principais resultados.

3. MÉTODO

A apresentação do método está dividida em na descrição da área de estudo escolhida, especificação da instrumentação e procedimentos adotados nas medições microclimáticas e na exposição do questionário de avaliação subjetiva.

3.1. Área de estudo

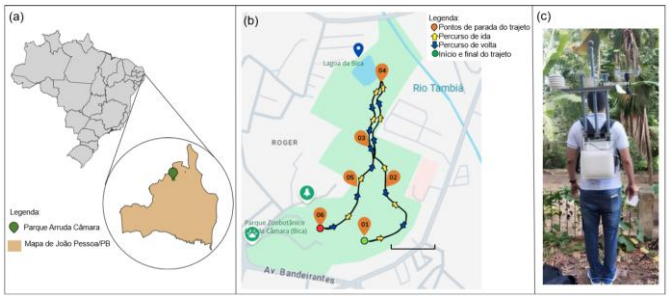
A área de estudo, o parque Zoobotânico Arruda Câmara, está localizado em João Pessoa-PB (Figura 1), é uma área de preservação da Mata Atlântica com extensão de aproximadamente 26,8 ha, com infraestrutura para lazer e atividades ao ar livre, área de exposição do Zoo, lago, trilhas, lanchonetes, parque infantil, entre outros (Lima, 2016; Silveira, 2015). A escolha desta área se deu por três critérios principais: (a) o parque abriga diversas fitofisionomias e configuração topográfica; (b) o espaço é frequentado tanto por moradores locais quanto por turistas, configurando-se como um importante ponto de encontro e lazer urbano, o que viabiliza estudos com percepção ambiental; e (c) a diversidade microclimática, com áreas de elevado sombreamento, elevada incidência de luz solar, solos úmidos e planos de água. A importância dessa área está no seu potencial como um laboratório natural para pesquisas sobre conforto térmico em áreas verdes urbanas (Lima et al, 2019).

Foi definido um percurso com 6 pontos de parada (Figura 1b), denominados p1-p6, percorrido em dois trajetos: ida e volta, totalizando 2780 m. Os pontos de parada são interrupções no trajeto, por um período de 5 minutos no qual os indivíduos acessam os respectivos celulares e respondem a um questionário de avaliação subjetiva. O trajeto de ida compreende a sequência p1-p2-p4-p3-p5-p6 e o trajeto de retorno apresenta leve diferença quanto à ordem inversa, sendo p6-p5-p4-p3-p2-p1.

Mapas topográficos do local foram pesquisados para a caracterização das distâncias e dos desníveis. Para a identificação do Fato de Visão do Céu (FVC) foi utilizada uma câmera fotográfica Nikon D90; lente Sigma Fisheye circular de 4,5 mm F/2.8 EX DC HSM com 180° de abertura; tripé articulado com altura ajustada a 1,5 m do solo; bússola e nível de bolha. As imagens foram tratadas e o FVC foi calculado com o software Gap Light Analyser v.2.

Os pontos de parada no trajeto foram definidos objetivando variações nas condições microclimáticas, assim, situações distintas de entorno foram escolhidas. O ponto P1 é pavimentado com pedra, possui vegetação com alturas entre 10 e 20 metros e é parcialmente sombreado. O ponto P2 possui maior obstrução do céu e solo permeável de areia e barro batido. O ponto P3 está situado próximo a lanchonetes, embarque do trenzinho e um muro de contenção (pedra e concreto), o pavimento é com blocos intertravados de concreto, a obstrução do céu é menor, a vegetação é mais esparsa, intercalando áreas de sol e sombra. O ponto P4 está em uma extremidade do trajeto, próximo a um lago e é pavimentado com blocos intertravados de concreto. É o ponto mais exposto à radiação solar e maior FVC. O ponto P5 está localizado na área mais baixa do parque, em uma trilha em terra batida intercalada com trechos de pequenos passadiços de madeira. Cercado de pequenos cursos de água, o solo é bastante úmido, a vegetação é fechada, com árvores de médio

e grande porte, sendo o ponto mais sombreada e de menor FVC. O ponto P6, o último do trajeto, está localizado próximo à área de recreação, com entorno amplo, cercado dos compartimentos dos animais, parque infantil e área administrativa. O piso é misto, composto por uma parte em blocos de granito e outra em areia. O ponto é sombreado com vegetação de grande porte.



Pontos	1	2	3	4	5	6
Distância, tempo e desnível		300m 04min25s +1m	280m 04min15s -13m	210m 03min02s -8m	410m 05min59s +2m	190m 03min07s +10m
Imagens do ponto e entorno						
FVC	0,403	0,174	0,634	0,828	0,092	0,282
Visão do céu						

Figura 1 – (a) Localização; (b) percurso ida/volta e pontos de parada; (c) mochila bioclimática PLEMS (Lima et al., 2024, adaptado)
Quadro 1 – à direita: Caracterização dos pontos de parada no percurso (autores, 2024).

3.2 Instrumentação e coleta de dados ambientais

Para a coleta de dados utilizou-se a mochila PLEMS – Portable Low-cost Environmental Monitoring System (Figura 1 (c)) que foi desenvolvida em parceria entre pesquisadores da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) (Krüger et al., 2023; Ihlenfeld et al., 2023; Krüger et al., 2024). A mochila foi posicionada nas costas do pesquisador, registrando dados bioclimáticos como velocidade do vento, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura do globo em intervalos de 1 minuto, ininterruptamente, porém com permanência de aproximadamente 8 a 10 min em cada ponto de medição. A mochila PLEMS é um equipamento compacto, de baixo peso e com sensores dispostos a uma altura não sujeita à interferência dos usuários durante o deslocamento; há um microcontrolador ESP32 instalado na parte interna de um quadro de distribuição elétrica, que funciona como a estrutura do dispositivo. A parte sensitiva é composta por sensores de temperatura e umidade do ar, termômetro de globo, anemômetro para aferir a velocidade do ar, sensor de CO2, intensidade luminosa e intensidade sonora (Callejas et al., 2024).

3.2 Avaliação subjetiva

A avaliação subjetiva foi realizada através da aplicação de questionários sobre sensação, percepção e preferência térmica (Figura 2). A ferramenta foi dividida em 3 secções: (1) informações pessoais (idade, sexo biológico, altura, peso, comorbidade, vestimenta), (2) avaliação subjetiva do ponto atual (sensação, percepção e preferência térmica) e (3) avaliação subjetiva do ponto anterior. A escala de 7 pontos foi adotada para a sensação e a preferência térmica e a escala de 4 pontos para a percepção térmica. Os indivíduos receberam um link de acesso ao formulário do *google forms* e ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A cada parada o questionário foi respondido do dispositivo móvel individual (o local deve possuir cobertura de rede móvel). As secções 1 e 2 foram respondidas no primeiro ponto do trajeto, nos demais pontos, as secções 2 e 3 foram respondidas. A amostra foi selecionada por conveniência, considerando critérios como disponibilidade e condição física.

4. RESULTADOS

O estudo piloto contou com a participação de sete voluntários, sendo seis do sexo feminino, com idade entre 15 a 57 anos. Entre as variáveis subjetivas, a sensação térmica apresentou maior associação com variáveis microclimáticas (temperatura do ar, de globo e umidade relativa) e com variáveis do trajeto (distância percorrida, o tempo de percurso e o FVC).

Tabela 1 – Correlação entre variáveis microclimáticas e variáveis morfológicas do percurso

	Temp. ar	Temp. gl.	UR	Ventilação	Distância	Desnível	Tempo p.
Temperatura do ar	-						
Temperatura de globo	0.884***	-					
Umidade relativa - UR	-0.882***	-0.861***	-				
Ventilação	0.053	0.259*	-0.262*	-			
Distância	0.316**	0.068	-0.220	-0.076	-		
Desnível	0.131	-0.149	-0.137	-0.309**	0.400***	-	
Tempo de percurso	0.275*	0.031	-0.187	-0.068	0.998***	0.368***	-
Fator de Visão do Céu	0.355**	0.632*	-0.596***	0.805***	0.000	-0.319**	-0.004

Correlação de Pearson, sendo: *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Os resultados indicaram predominantemente desconforto por calor, sendo que a maioria dos pontos apresentou aumento da sensação de calor e de desconforto. Além da elevação da temperatura do ar ao longo do trajeto, o aumento da taxa metabólica contribuiu para elevar o estresse térmico, fato comprovado com a correlação positiva encontrada entre a sensação de calor e a distância percorrida.

Entre as variáveis subjetivas, a sensação térmica apresentou maior associação com variáveis microclimáticas (temperatura do ar, de globo e umidade relativa) e com variáveis do trajeto (distância percorrida, o tempo de percurso e o FVC).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com as correlações apontam especialmente a pertinência de incluir variáveis do trajeto como: a distância percorrida, o desnível, o tempo de percurso e o FVC em investigações dinâmicas de conforto térmico em parques urbanos. O monitoramento microclimático realizado com a mochila bioclimática apresentou desempenho satisfatório, confirmando sua viabilidade como ferramenta de coleta de dados ambientais, à semelhança de protótipos similares (Chokhachian et al., 2018; Cureau et al., 2022). A aplicação do questionário em formato digital, por meio de dispositivo móvel, resultou em dificuldade de leitura nos pontos de maior FVC onde houve excesso de luminosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALJAWABRA, F.; NIKOLOPOULOU, M. Thermal comfort in urban spaces: a cross-cultural study in the hot arid climate. **International Journal of Biometeorology**, 62, p. 1901-1909, 2018.

CABANAC, Michel. Sensory pleasure. **The Quarterly Review of Biology**, v. 54, n. 1, p. 1–29, 1979.

CHEN, L.; NG, E. Outdoor thermal comfort and outdoor actives: a review or research in the past decade. **Cities** 29, p.118-125, 2012.

CHOKHACHIAN, A.; KA-LUN LAU, K.; PERINI, K.; AUER, T. Sensing transient outdoor comfort: A georeferenced method to monitor and map microclimate. **Journal of Building Engineering**, v. 20, n. 2, p. 94–104, 2018.

CUREAU, R. J.; PIGLIAUTILE, I.; PISELLO, A.L. A New Wearable System for Sensing Outdoor Environmental Conditions for Monitoring Hyper-Microclimate. **Sensors**, v.22, p. 1-16, 2022.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **Int. Journal of Biometeorology**, v. 43, n. 2, p. 71–75, 1999.

ISO 10551:2019 – Ergonomics of the thermal environment — Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva, 2019.

ISO 7730:2025. Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva: ISO, 2025.

ISO 8996:2004 – Ergonomics — Determination of metabolic heat production. Geneva, 2004.

KRÜGER, E.; IHLENFELD, W.; CALLEJAS, I.; LEDER, S. Introducing PLEMS: the application of a low-cost, portable monitoring system in environmental walks. **Int. Journal of Biometeorology**, v. 68, n. 11, p. 2357–2371, 2024.

LIMA, Linccon de Carvalho. Proposta de método para análise dinâmica de conforto térmico em espaços urbanos. 185 f. 2024. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Urbana e Ambiental) - UFPB, João Pessoa.

LIU, Z.; CHENG, K. Y.; HE. Y.; JIM, C. Y.; BROWN, R.; SHI, Y.; LAU, K.; NG, E. Microclimatic measurements in tropical cities: Systematic review and proposed guidelines. **Building and Environment**, v. 222, n. 1, 2022, p. 109411.

MANAVVI, S.; RAJASEKAR, E. Evaluating outdoor thermal comfort in urban open spaces in a humid subtropical climate, Chandigarh, India. **Building and Environment**, v. 209, p. 1-12, 2022.

MANTEGHI, G.; MOSTOFA, T.; LAMIT, B. H. A Pilot Test to Analyse the Differences of Pedestrian Thermal Comfort Between Locals and Internationals in Malacca Heritage Site. **Environment and Urbanization Asia**, v. 11, n. 2, p. 326-341, 2020.

SU, X.; LIU, W.; DE DEAR, R.; SUN, L.; YUAN, Y. Field experiment on transient thermal comfort in a Chinese railway station – High temperature exposures. **Building and Environment**, v. 266, 112039, 2024.

TSOKA, S.; TSIKALOUDAKI, K.; THEODOSIOU, T.; BIKAS, D. Urban warming and cities' microclimates: Investigation methods and mitigation strategies - a review. **Energies**, v. 13, n. 6, 1414, 2020.

WANG, Yafei; NI, Zhuobiao; LIU, Jiyan; LI, Liying; XIA, Beicheng. Local variation of outdoor thermal comfort in different urban green spaces in Guangzhou. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 32, p. 99–112, 2018.

AGRADECIMENTOS

Á CAPES pela concessão de bolsa de estudos e ao CNPq pelo suporte financeiro das chamadas CNPq/MCTI nº 10/2023 (Processo 407014/2023-3) e CNPq nº 49/2024 (Processo 351720/2025-1). Agradecimento aos participantes voluntários da pesquisa.