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

Estudo de campo sobre aliestesia apoiado por monitoramento térmico dinâmico

Estudio de campo sobre aliestesia respaldado por monitoreo térmico dinámico

Field study on alliesthesia supported by dynamic thermal monitoring

Conforto térmico / *Confort térmico / Thermal Comfort*

Alcantara, Luísa
Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, luisa.alcantara.rosa@gmail.com

Daiprai Cerutti, Stefani

Bacharel, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, stefanidaiprai@gmail.com

Krüger, Eduardo
Doutorado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, ekruger@utfpr.edu.br

Resumo

Foi realizado um percurso com participantes de diferentes atividades metabólicas, com o objetivo de avaliar a interrelação entre conforto térmico humano e aliestesia/prazer térmico. O trajeto inclui pontos de análise com coleta de respostas subjetivas, com diferenças quanto à exposição térmica. Foram monitoradas variáveis ambientais e fisiológicas. A amostra composta por 12 participantes foi obtida em seis campanhas, cada qual com dois participantes, um em repouso e o outro em movimento. Os resultados apontam que a atividade física influencia na sensação térmica, sendo que o grupo em movimento sente mais calor que aqueles que estavam em repouso. A frequência cardíaca também é mais alta para os participantes em movimento.

Palavras-chave: Aliestesia. Conforto térmico. Monitoramento térmico dinâmico. Espaços abertos. Caminhada guiada.

Resumen

Se realizó una ruta con participantes de diferentes actividades metabólicas, con el objetivo de evaluar la interrelación entre el confort térmico humano y la aliestesia/placer térmico. El recorrido incluye puntos de análisis con recogida de respuestas subjetivas, con diferencias en la exposición térmica. Se monitorizaron variables ambientales y fisiológicas. La muestra compuesta por 12 participantes se obtuvo en seis campañas, cada una con dos participantes, uno en reposo y otro en movimiento. Los resultados indican que la actividad física influye en la sensación térmica, siendo el grupo en movimiento el que siente más calor que el que está en reposo. La frecuencia cardíaca también es más alta para los participantes en movimiento.

Palabras clave: Aliestesia. Confort térmico. Monitoreo térmico dinámico. Espacios abiertos. Visita guiada.

Abstract

A route was taken with participants from different metabolic activities, with the aim of evaluating the interrelationship between human thermal comfort and thermal alliesthesia/pleasure. The route includes analysis points with collection of subjective responses, with differences in thermal exposure. Environmental and physiological variables were monitored. The sample composed of 12 participants was obtained in six campaigns, each with two participants, one at rest and the other in movement. The results indicate that physical activity influences thermal sensation, with the group in motion feeling hotter than those who were at rest. The heart rate is also higher for the participants in motion.

Keywords: Aliesthesia. Thermal comfort. Dynamic thermal monitoring. Open spaces. Guided walks.

INTRODUÇÃO

O termo aliestesia foi proposto por Cabanac (1971), sendo um fenômeno cuja definição consiste na sensação percebida como prazerosa ou desprazerosa, ou seja, agradável ou desagradável, gerada por um determinado estímulo externo, dependendo de como o organismo responde a esse estímulo. A aliestesia corresponde à sensação de prazer ou desprazer percebida pelo indivíduo em função dos estímulos externos recebidos. No âmbito do ambiente construído, a aliestesia foi proposta por Richard de Dear (2011) e Thomas Parkinson (2016).

Assim como diferentes aspectos já conhecidos que influenciam o conforto térmico em espaços externos, o qual contempla fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (HÖPPE, 2002), a aliestesia também corresponde a um elemento que interfere indiretamente nessa condição (LAI et al., 2020). Diversos estudos apontam que a aliestesia pode ser percebida quanto aos aspectos temporal (LAI et al., 2017) e sazonal (JOHANSSON et al., 2018; YAO et al., 2018). Na aliestesia temporal, considerando que o ambiente térmico é dinâmico, é possível afirmar que as alterações na velocidade do vento e na radiação solar ocasionam alterações na temperatura da pele, sendo que a temperatura real e o ponto de ajuste também apresentam oscilação (LAI et al., 2020). Os estudos desenvolvidos por Lai et al. (2017) e Parkinson e De Dear (2015 e 2016) demonstram a ocorrência do fenômeno aliestesia no âmbito temporal no curto prazo e ao ar livre. Alcantara e Krüger (2024) apontam que a aliestesia tem sido relacionada ao conforto térmico desde 2010, sendo que o desenvolvimento dessa temática ainda é incipiente no Brasil, o que denota essa lacuna de conhecimento no país.

A crise climática atual vem impactando fatores relacionados à aclimatação tanto no curto como no longo prazo, perturbando a distinção entre estações e períodos climáticos do ano (climas de monções, climas com períodos distintamente secos) e afetando características dos seres como homeostasia e sua capacidade de adaptação ao aquecimento global (HANNA; TAIT, 2015). Prevendo um futuro uso de abrigos climáticos em centros urbanos para eventos de ondas de calor, o tema aliestesia se mostra atual e necessário. Principalmente, tendo-se em conta os diferentes aspectos elencados relacionados ao conforto térmico humano em uma abordagem centrada no usuário de espaços abertos.

OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo avaliar a variação de conforto e prazer térmico experimentado por participantes de trajetos guiados, com levantamento da percepção subjetiva simultaneamente ao monitoramento ambiental e fisiológico, em duplas, com um participante em movimento (caminhando) e outro em repouso (sobre uma cadeira de rodas adaptada).

MÉTODO

Recrutamento

A amostra do estudo é composta por alunos de graduação da universidade. Para o recrutamento dos voluntários foi realizada a divulgação da pesquisa em disciplinas de graduação ofertadas no campus. Os estudantes interessados em participar da pesquisa foram identificados sendo também coletadas suas informações biométricas (sexo biológico, altura e massa corporal) a fim de identificar pares com IMC semelhante para o trabalho de campo. A pesquisa obteve aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Protocolo

Esta pesquisa envolve um circuito percorrido pelos participantes ao redor do campus, para avaliar dinamicamente sua percepção quanto à avaliação multidimensional do microclima em espaços abertos. O percurso, de cerca de 850m, compreende caminhadas guiadas pelos pesquisadores acompanhados pelos participantes da pesquisa, dispondo de seis paradas estratégicas, nas quais são aplicados questionários quanto ao conforto ambiental e aspectos de caminhabilidade. Este estudo trata de um recorte da pesquisa, focado no conforto e aliestesia. Cada campanha de monitoramento conta com dois participantes, expostos a atividades metabólicas distintas. Um dos participantes realiza o percurso caminhando, enquanto o outro permanece em repouso (sentado sobre uma cadeira de rodas, conduzido por uma pesquisadora). Dessa forma, o estudo proporciona uma variação da atividade física desempenhada pelos indivíduos, implicando em alterações no metabolismo com influências na percepção individual. Variáveis climáticas foram registradas durante a realização do circuito por meio de um equipamento de monitoramento ambiental portátil e de variáveis fisiológicas (temperatura da pele e frequência cardíaca) por meio

de equipamentos detalhados a seguir. Ressalta-se que, após serem paramentados e assinarem o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), os participantes permaneceram por cerca de 15 min em ambiente termicamente neutro (sala de aula climatizada a 24°C).

Instrumentação e Questionário

O *Portable Low-cost Environmental Monitoring System* (Sistema de Monitoramento Ambiental de Baixo Custo - PLEMS) (Figura 1a) é constituído de microcontrolador de baixo custo com diversos sensores acoplados, como temperatura do ar, temperatura do globo, umidade relativa, velocidade do ar, iluminância, níveis de ruído e concentração de dióxido de carbono (CO_2). O equipamento, do tipo mochila, permite monitoramento ambiental dinâmico. A calibração, descrição, formulação e composição do PLEMS são descritos em Krüger et al. (2024). Foram coletados dados a cada minuto durante a caminhada.

Para identificar e avaliar as diferenças quanto à frequência cardíaca dos participantes em função da atividade desempenhada por cada um deles (movimento versus repouso), foi utilizada a fita Polar H10 (Figura 1b). O equipamento consiste em um sensor de monitoramento de frequência cardíaca e possibilita o registro dessas informações durante o percurso realizado. Esse dispositivo, além de registrar esses dados, fornece um eletrocardiograma da atividade desenvolvida, como também permite que a sessão seja gravada por meio do aplicativo (Polar Beat, SITE), sendo possível conectá-lo a um smartphone e sincronizá-lo com outros dispositivos de esportes e condicionamento físico. As medições foram feitas uma vez a cada segundo.

Os i-buttons DS1921H (Figura 1c) monitoraram os valores de temperatura de pele dos participantes do estudo. Por meio de uma seção de memória protegida, é realizado o registro dessas informações, sendo possível o armazenamento direto dos valores de temperatura e no formato de histograma. Foram coletados dados a cada minuto durante a caminhada.

Para a elaboração dos questionários aplicados aos participantes foram consideradas as normas ISO 8996 (2004), ISO 7730 (2005), ISO 9920 (2007), ISO 10551 (2015) e o estudo elaborado por Johansson et al. (2014). Os itens avaliados neste estudo se referem a questões de prazer térmico, percepção, avaliação e preferência térmica dos indivíduos para cada ponto de coleta. A Tabela 1 apresenta as perguntas e as opções de respostas para cada questão.

Figura 1: a) Equipamento PLEMS (esquerda), b) Dispositivo Polar H10 (centro) e c) I-buttons (direita).



Fonte: Autores (2025).

Tabela 1: Sensação térmica. Avaliação térmica. Preferência térmica. Aliestesia (Prazer térmico).

-3	-2	-1	0	1	2	3
Com muito frio	Com frio	Com um pouco de frio	Nem frio nem calor	Com um pouco de calor	Com calor	Com muito calor
Como você avalia a sua sensação?						
1	2		3	4		
Confortável	Um pouco desconfortável		Desconfortável	Muito desconfortável		
Como você preferia estar se sentindo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Com muito mais frio	Com mais frio	Com um pouco mais de frio	Sem mudanças	Com um pouco mais de calor	Com mais calor	Com muito mais calor
As condições térmicas oferecem a você:						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muito desprazer	Desprazer	Pouco desprazer	Indiferente	Pouco prazer	Prazer	Muito prazer

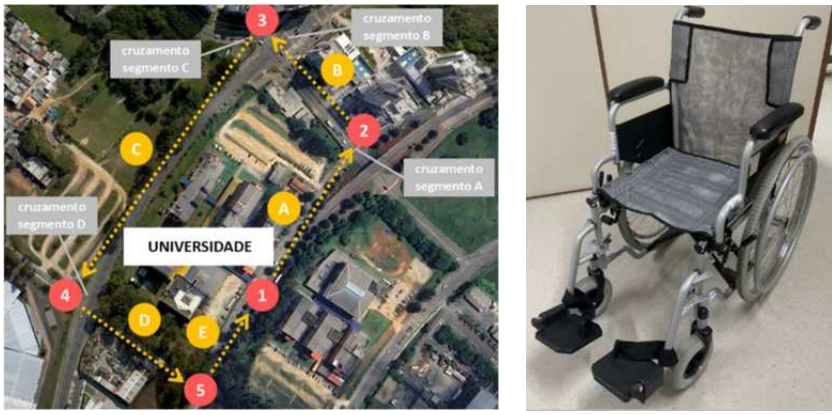
Fonte: Autores (2025).

Clima local, trajeto e pontos de coleta

O estudo é realizado em Curitiba (25°25’48” S; 49°16’15” O), de clima Cfb conforme Köppen-Geiger (1936). O local situa-se à altitude de 945m ANM. Segundo as normais climatológicas 1991-2020, a máxima é de 23,8°C, a média 18,5°C, e a mínima 13,8 °C, a umidade média corresponde a 80%, com precipitação acumulada de 1630 mm e insolação total de 1862 horas. Cada percurso compreende seis pontos de parada (Figura 2), com permanência de cerca de 3 minutos em cada local para que os participantes respondam aos questionários online via *QR-code* (conforme itens da Tabela 1). O percurso prevê uma distância total de cerca de 850m e abrange as vias no entorno

do campus. Os pontos de aplicação de questionários (de p1 a p5, com retorno a p1 - denominado p6) diferem quanto a vegetação, altura das edificações, fator de visão do céu, pavimentação, distância, entre outros aspectos que influenciam na percepção dos indivíduos.

Figura 2: Mapa do trajeto (esquerda), Cadeira de rodas adaptada (direita).



Fonte: Autores (2025).

A partir de uma cadeira de rodas adequada para o ambiente externo, foi realizada a substituição do tecido original por um tecido permeável de forma a não configurar aumento significativo no isolamento térmico do participante. Tal troca possibilita que o equipamento transmita menor calor ao usuário e reduz a resistência ao vento. O uso desse equipamento possibilitou ao estudo a realização do percurso com diferença quanto a atividade metabólica de cada participante.

RESULTADOS

Foram realizadas seis caminhadas entre outubro e novembro de 2024. Os dados meteorológicos referentes às caminhadas compilam médias diárias de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, conforme registrados pela estação meteorológica do INMET em Curitiba-PR (estação cód. WMO A807, distante 7 km do local de estudo), dados referentes ao horário da caminhada e médias dos dados coletados pelo PLEMS, no local, são apresentados na Tabela 2, mostrando semelhanças entre os registros do PLEMS, durante o trajeto, e dados do INMET para aquela hora. Observa-se que os trabalhos de campo foram realizados em dias amenos, sendo que as temperaturas foram mais acentuadas na terceira e na sexta atividade de campo.

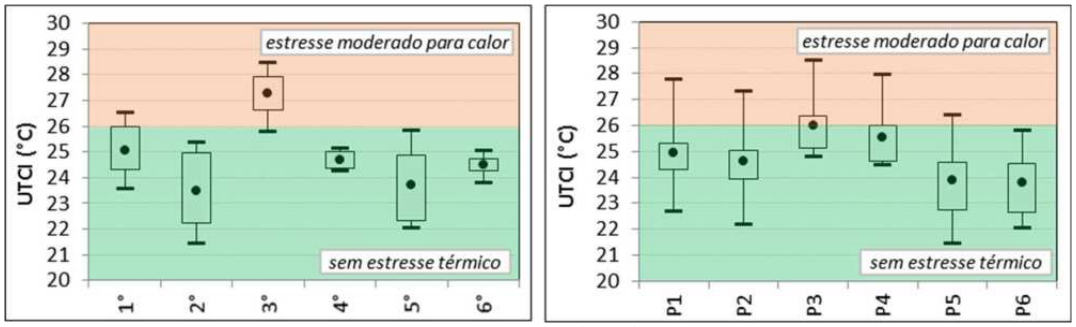
Tabela 2: Variáveis climáticas registradas pelo INMET (dia e trajeto) e pelo PLEMS.

N° trabalho de campo	INMET				PLEMS (durante o percurso)	
	DIA	DIA	TRAJETO	TRAJETO		
	Ta (°C)	UR (%)	Ta (°C)	UR (%)	Ta (°C)	UR (%)
1°	19,2	81	23,8	63	23,3	65
2°	19,6	76	22,8	63	21,9	66
3°	21,1	89	24,5	75	24,4	78
4°	20,7	88	22,9	81	22,5	85
5°	16,2	83	20,2	68	20,9	65
6°	21,3	78	22,9	71	22,8	74

Fonte: Autores (2025).

O índice térmico *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) (MCGREGOR, 2012) foi calculado a partir dos dados das variáveis temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do vento, registrados de maneira dinâmica pelo PLEMS, considerando os valores de parada em cada ponto. Os resultados (Figura 3) apontam a ocorrência de estresse moderado para calor segundo esse índice no 3° dia, sendo que os demais dias de monitoramento não apresentaram estresse térmico. São verificadas maiores amplitudes quando observados os resultados de UTCI por ponto de coleta. Com a exceção do p6 (retorno a p1), os limites superiores dos demais locais apresentam estresse moderado para calor.

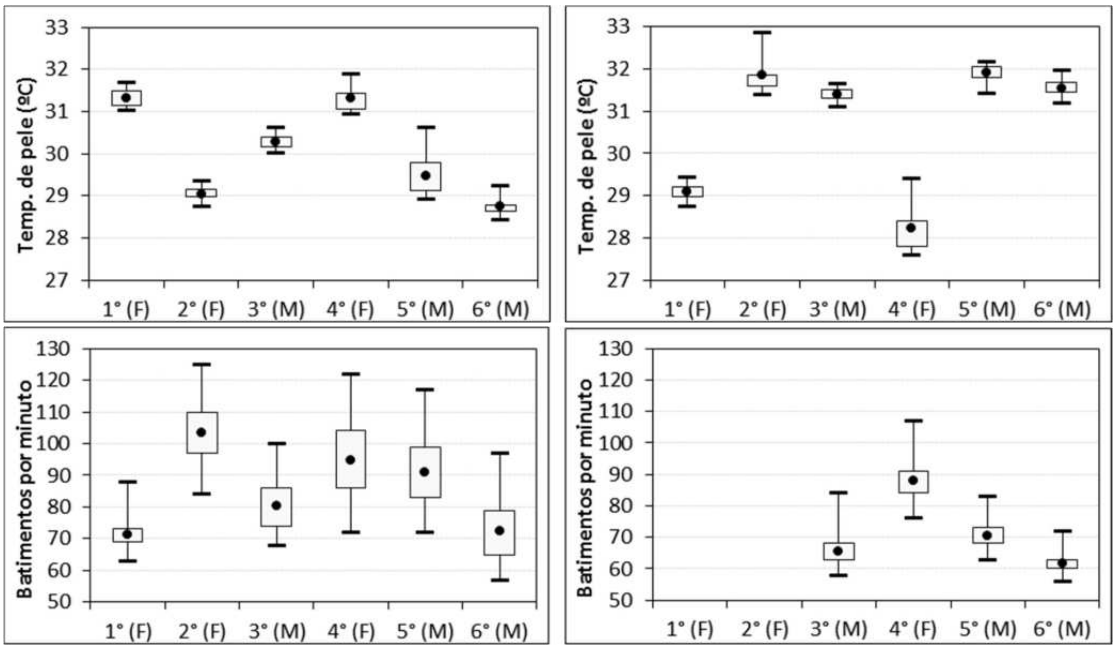
Figura 3: Valores de UTCI para cada trabalho de campo (esquerda), UTCI para cada ponto (direita).



Fonte: Autores (2025).

Os resultados fisiológicos de temperatura de pele e frequência cardíaca, dados em batimentos por minuto (BPM), para cada campanha de monitoramento, por sexo biológico (F/M), são apresentados na Figura 4. Quanto à temperatura de pele, não se nota uma tendência clara para a taxa metabólica (caminhada leve). Os dados apontam que cada participante manteve uma temperatura de pele base para o dia.

Figura 4: Temp. pele - movimento (sup. esq.) e repouso (sup. dir.), FC - movimento (inf. esq.) e repouso (inf. dir).

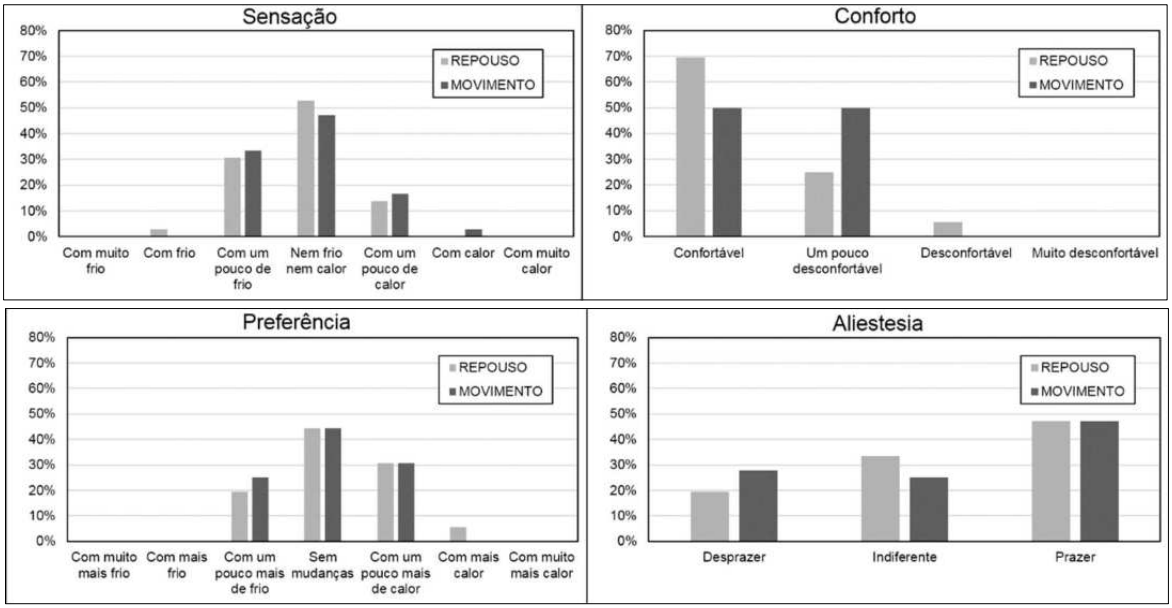


Fonte: Autores (2025).

Os valores de frequência cardíaca denotam que a atividade metabólica dos participantes interfere nos resultados dos batimentos cardíacos. Os indivíduos em movimento apresentaram valores mais altos em relação àqueles em repouso. O grupo em movimento apresenta amplitude maior, com valores máximos próximos ou acima de 100 BPM, enquanto os limites inferiores estão situados em faixa similar a daqueles em repouso. Salienta-se que não há dados dos dois primeiros trabalhos de campo dos participantes em repouso. Com exceção do quarto trabalho de campo, nos demais dias há uma similaridade entre os resultados, com valores mínimos próximos a 60 BPM e valores máximos situados entre 70 e 80 BPM. A frequência cardíaca em repouso apresenta variação entre 60 e 80 BPM (WOODS; FROELICHER; MOTZER, 2005).

Os resultados das respostas subjetivas consideram as respostas totais para cada questão, agrupando-se as respostas de todos os pontos (Figura 5). Nota-se em geral que os participantes em movimento sentiram mais calor que aqueles que participaram em repouso (percentuais de Sensação Térmica para cada grupo).

Figura 5: Respostas às questões de conforto térmico e aliestesia (repouso e movimento).



Fonte: Autores (2025).

Quanto ao Conforto Térmico, deu-se um equilíbrio entre os participantes em movimento, com 50% na faixa “Confortável” e os outros 50% em “Um pouco desconfortável”. Já os indivíduos em repouso apresentaram maior percentual em conforto (70%). Quanto à Preferência Térmica, deu-se um equilíbrio entre os participantes na faixa de “sem mudanças”, porém com percentual maior de votos do grupo em movimento para “com um pouco mais de frio” e, apenas para o grupo em repouso, percentual de 6% das respostas em “com um pouco mais de calor”. Quanto à Aliestesia, agruparam-se os votos como Prazer e Desprazer, notando-se que, em relação ao primeiro, os dois grupos mostram a mesma resposta, enquanto parece haver mais desprazer entre os participantes do grupo em movimento. Na classe “Indiferente”, há mais votos do grupo em repouso.

Os resultados acerca das questões relacionadas ao conforto térmico humano reforçam a hipótese de que a atividade metabólica dos participantes (repouso ou movimento) interfere na percepção térmica individual. Foram realizados quatro testes de ANOVA fator único, com alfa de 5%, cujos resultados indicaram que embora os gráficos discutidos apresentem tendências, não existem diferenças estatisticamente significativas entre as respostas dos grupos analisados (repouso e movimento), considerando as quatro questões relacionadas ao conforto térmico humano.

Conclusões

Os dados obtidos pelo estudo denotam que o método de análise utilizado é eficiente para avaliar, de forma integrada, as variáveis ambientais, físicas e fisiológicas que influenciam no conforto térmico humano. Os resultados das variáveis ambientais, registrados pelo PLEMS, condizem com os valores verificados pelo monitoramento do INMET, o que corrobora o uso do PLEMS como um instrumento adequado para o monitoramento dinâmico de variáveis ambientais. Quanto ao conforto térmico, os resultados corroboram para a hipótese de pesquisa de que existem diferenças nas questões acerca do conforto térmico e de aliestesia entre os dois grupos que participaram do estudo em condições de atividade metabólica distintas, na realização de um mesmo percurso, sob as mesmas exposições térmicas. Os participantes em movimento demonstram sentir mais calor do que o grupo que permaneceu em repouso, sendo que sentiram maior desconforto térmico e maior percentual de desprazer. Quanto aos resultados fisiológicos, a amostra obtida sugere que a temperatura de pele, considerando a caminhada leve com pontos de parada, não é uma variável que resulta em variações quanto à atividade metabólica. Os resultados de frequência cardíaca apontam diferenças quanto ao grupo em movimento e em repouso, o que corrobora a existência de diferenças entre as atividades desenvolvidas por cada grupo. O número reduzido da amostra de estudo pode ser um aspecto que esteja interferindo na ausência de contrastes significativos entre os grupos de estudo. A pesquisa está em andamento e a amostra será ampliada, de modo a possibilitar maior variação de respostas durante situações de maior estresse térmico por calor (verão) e por frio (inverno).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

ALCANTARA, L.; KRÜGER, E. Panorama internacional da aliestesia no contexto do conforto térmico humano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–12. DOI: 10.46421/entac.v20i1.6208.

CABANAC, M.; Physiological Role of Pleasure: A stimulus can feel pleasant or unpleasant depending upon its usefulness as determined by internal signals. **Science**, v. 173, n. 4002, p. 1103-1107, 1971.

DE DEAR, R. Revisiting an old hypothesis of human thermal perception: alliesthesia. **Building Research & Information**, v. 39, n. 2, p. 108-117, 2011.

HANNA, E.G.; TAIT, P.W. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 7, p. 8034-8074, 2015.

HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. **Energy and buildings**, v. 34, n. 6, p. 661-665, 2002.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 2010-2021**. Cidade de Curitiba. INMET, BRASIL, 2025. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 30 de janeiro, 2025.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 10551**. Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genève: ISO, 2015.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7726**. Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7730**. 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. Genève, 2005.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 8996**. Ergonomics of the thermal environments – Determination of thermal metabolic rate. Genève: ISO, 2004.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9920**. Ergonomics of the thermal environments – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Genève: ISO, 2007.

JOHANSSON, E.; THORSSON, S.; EMMANUEL, R.; KRÜGER, E. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies - The need for standardization. **Urban Climate**, Vol. 10, p. 346-366, 2014.

JOHANSSON, E. et al. Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador. **International journal of biometeorology**, v. 62, p. 387-399, 2018.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. **Handbuch der klimatologie**, 1936.

KRÜGER E. et al. Desenvolvimento de estação microclimática baseada em microcontroladores e sensores de baixo custo. In: ENTAC, 20., 2024. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–15. DOI: 10.46421/entac.v20i1.5845.

LAI, D. et al.; A comprehensive review of thermal comfort studies in urban open spaces. **Science of the Total Environment**, v. 742, p. 140092, 2020.

LAI, D.; ZHOU, X.; CHEN, Q.; Modelling dynamic thermal sensation of human subjects in outdoor environments. **Energy and Buildings**, v. 149, p. 16-25, 2017.

MCGREGOR, G. R. Universal Thermal Climate Index (UTCI). **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 3, p. 419-419, 2012.

PARKINSON, T.; DE DEAR, R. Thermal pleasure in built environments: physiology of alliesthesia. **Building Research & Information**, v. 43, n. 3, p. 288-301, 2015.

PARKINSON, T.; DE DEAR, R. Thermal pleasure in built environments: spatial alliesthesia from contact heating. **Building Research & Information**, v. 44, n. 3, p. 248-262, 2016.

PARKINSON, T. Thermal Pleasure and Alliesthesia in the Built Environment. Ph.D. **University of Sydney**, 2016.

WOODS SL, FROELICHER ESS, MOTZER SU. Enfermagem em cardiologia. 4ª ed. São Paulo: **Manole**; 2005.

YAO, J. et al. The effect of personal and microclimatic variables on outdoor thermal comfort: A field study in a cold season in Lujiazui CBD, Shanghai. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, p. 181-188, 2018.