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 conforto térmico e acessibilidade apoiado por monitoramento ambiental dinâmico

Estudio de campo sobre confort térmico y accesibilidad apoyado por monitoreo ambiental dinámico

Field study on thermal comfort and accessibility supported by dynamic environmental monitoring

Conforto térmico / *Confort térmico / Thermal comfort*

Cerutti, Stefani

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

Rosa, Luísa

Doutoranda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, luisa.alcantara.rosa@gmail.com

Krüger, Eduardo

Doutorado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil,

ekruger@utfpr.edu.br

Resumo

A pesquisa avalia conforto térmico e acessibilidade em um trajeto urbano com participantes divididos em dois grupos, um em movimento e outro em repouso (este, sentado sobre uma cadeira de rodas adaptada, conduzido por um pesquisador). Utilizando um equipamento de monitoramento ambiental dinâmico, além de dados subjetivos de questionários, o estudo investiga se há diferença na percepção entre grupos em relação à sensação e satisfação térmicas e satisfação com a acessibilidade das calçadas e cruzamentos. Foram realizadas seis caminhadas com dois participantes em cada, totalizando uma amostra de doze pessoas. Os resultados mostraram que o esforço físico influencia a percepção térmica, com as pessoas em movimento sentindo mais calor do que as que permaneceram em repouso. Quanto à acessibilidade, ambos os grupos expressaram insatisfação significativa, destacando a necessidade de melhorias na infraestrutura urbana.

Palavras-chave: Acessibilidade. Conforto térmico. Infraestrutura urbana. Monitoramento ambiental.

Resumen

La investigación evalúa el confort térmico y la accesibilidad en un recorrido urbano con los participantes divididos en dos grupos, uno en movimiento y otro en reposo (este, sentado sobre una silla de ruedas adaptada, conducido por un investigador). Utilizando equipos dinámicos de monitoreo ambiental, además de datos subjetivos de cuestionarios, el estudio investiga si existe diferencia en la percepción entre grupos en relación a la sensación térmica y la satisfacción con la accesibilidad de aceras e intersecciones. Se realizaron seis caminatas con dos participantes cada una, totalizando una muestra de doce personas. Los resultados mostraron que el esfuerzo físico influye en la percepción térmica, siendo las personas en movimiento las que sienten más calor que las que permanecen en reposo. En cuanto a la accesibilidad, ambos grupos expresaron un importante descontento, destacando la necesidad de mejoras en la infraestructura urbana.

Palabras clave: Accesibilidad. Confort térmico. Infraestructura urbana. Monitoreo ambiental.

Abstract

The study evaluates thermal comfort and accessibility for an urban route with participants divided into two groups, one in movement and the other at rest (the latter seated in an adapted wheelchair, conducted by a researcher). Using dynamic environmental monitoring equipment, in addition to subjective data from questionnaires, the study investigates whether there is a difference in perception between groups in relation to thermal sensation and satisfaction, and satisfaction with the accessibility of sidewalks and intersections. Six walks were carried out with two participants each, totaling a sample of twelve people. The results showed that physical effort influences thermal perception, with people in movement feeling hotter than those who remained at rest. Regarding accessibility, both groups expressed significant dissatisfaction, highlighting the need for improvements in urban infrastructure.

Keywords: Accessibility. Thermal comfort. Urban infrastructure. Environmental monitoring.

Introdução

A paisagem urbana é composta por camadas sobrepostas que se conectam e interagem. Entre elas estão a vegetação, o pavimento de ruas e calçadas, os edifícios, o mobiliário urbano, a visibilidade do céu e as atividades humanas, entre outros elementos. Esse ambiente físico deve proporcionar suporte ao deslocamento de pedestres e, nesse contexto, surge o conceito de "caminhabilidade", que se refere às características que favorecem a mobilidade, garantindo conforto, segurança e acesso a diversos destinos (Gehl, 2013). Portanto, a acessibilidade urbana representa um tema central, visto que o acesso à cidade deve ser garantido para todos (Lefebvre, 1968). No entanto, condições inadequadas que dificultam a mobilidade como calçadas irregulares, barreiras físicas, ausência de rampas e travessias acessíveis, comprometem esse direito fundamental.

Variáveis de conforto como temperatura, umidade e ventilação, também influenciam a caminhabilidade (Jia & Wang, 2021), mas têm sido menos consideradas na criação de índices de avaliação, o que evidencia uma falha significativa nos critérios de planejamento urbano, especialmente em face aos eventos climáticos extremos, como as ondas de calor, que têm aumentado tanto em frequência quanto em intensidade em diversas regiões do mundo, ultrapassando níveis considerados normais (IPCC, 2023). Na área urbana, as características próprias desses ambientes favorecem o efeito de "ilha de calor" (Oke, 2002), agravando o quadro, o que pode ser constatado pelos inúmeros alertas emitidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além de causarem impactos diretos na saúde, essas condições ambientais também afetam o uso dos espaços públicos.

Para avaliar a caminhabilidade de um percurso, existem diferentes escalas de análise e intervenção. "[…] Na meso e microescala, elencam-se principalmente aqueles relacionados às condições físicas do percurso (da calçada), às fachadas adjacentes, a segurança nas travessias, à conectividade, e a presença de amenidades locais" (Albala, 2022, p. 84). Já a macroescala abrange elementos de infraestrutura urbana como conectividade viária, uso do solo e densidade

residencial. Enquanto essa escala é de difícil modificação devido à sua abrangência, a microescala pode ser modificada com mais facilidade, em prazo menor e de forma menos onerosa.

Diante dessa problemática e da lacuna de conhecimento sobre o tema, este estudo parte da hipótese de que a condição térmica do ambiente influencia a percepção de conforto térmico dos usuários. Portanto, a avaliação dessa variável em conjunto com as características físicas da microescala do ambiente urbano, permite um diagnóstico mais detalhado de um percurso para pedestres, considerando também os princípios do desenho universal, que estabelece critérios para que os espaços, inclusive os urbanos, sejam acessíveis ao maior número possível de usuários, independentemente de suas condições físicas ou habilidades, promovendo o uso equitativo, segurança e conforto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Objetivos

O intuito desta pesquisa é analisar a microescala da caminhabilidade em espaços livres, com foco na acessibilidade e no conforto térmico, associada a um instrumento de monitoramento térmico dinâmico.

Metodologia

Os dados foram coletados em tempo real ao longo de trajetos percorridos por participantes que foram divididos em dois grupos - repouso e movimento – e responderam a questionários sobre sensação térmica e acessibilidade. O trabalho de campo busca identificar possíveis diferenças nas respostas subjetivas entre pessoas em diferentes situações de atividade física, expostas às mesmas condições térmicas e de percurso. Além disso, visa testar a aplicabilidade do método combinado de análise de dados térmicos e dados subjetivos, de modo que os resultados possam gerar contribuições para o aprimoramento da infraestrutura para pedestres, sejam eles caminhantes ou cadeirantes/pessoas com deficiência (PCDs). Ressalta-se que este estudo pertence a uma pesquisa de maior abrangência, na qual avaliam-se também fatores perceptuais

de conforto ambiental, além de aspectos térmicos e de caminhabilidade experienciados nos trajetos pelos mesmos participantes.

Protocolo e instrumentação

Foram realizadas campanhas de monitoramento térmico dinâmico em um trajeto pré-definido, percorrido por participantes voluntários acompanhados por integrantes da equipe de pesquisa. O trajeto foi dividido em pontos de parada, segmentos de rua e cruzamentos. Os pontos, localizados nas esquinas dos segmentos de rua, são paradas estratégicas onde os participantes respondem questionários via plataforma *Google Form* acessada por *QR-code*. A pesquisa obteve aprovação pelo CEP, CAAE 34913620.8.0000.5188, parecer n° 6.018.641.

Cada caminhada contou com dois participantes e, para simular a experiência de um pedestre com possíveis limitações de mobilidade, um caminhou enquanto o outro foi conduzido por um pesquisador, permanecendo sentado sobre uma cadeira de rodas (Figura 1), dotada de tecido leve, permeável aos movimentos de ar. Além de avaliar as condições de acessibilidade, esse método permitiu a comparação entre duas formas distintas de deslocamento: um participante em repouso, sentado sobre uma cadeira de rodas adaptada, conduzido por pesquisador, e outro em movimento, o que pode influenciar na percepção individual de conforto térmico, considerando as diferenças entre o esforço físico exercido por ambos ao longo do mesmo trajeto.

Durante as caminhadas, adotou-se a combinação de dois métodos de obtenção de dados qualitativos e quantitativos, os quais foram correlacionados na etapa de análise: questionário de percepção subjetiva e equipamento de monitoramento móvel. No questionário (Tabela 1), composto por quatro questões de múltipla escolha, os participantes avaliaram, em uma escala de sete pontos, a sensação térmica experienciada no ponto de parada, ou seja, no instante exato em que respondiam à questão (Q1). Também avaliaram o nível de satisfação, em uma escala de 5 pontos, em relação à sensação de conforto térmico e acessibilidade das calçadas nos segmentos de rua (Q2, Q3). Por fim, avaliaram a acessibilidade dos cruzamentos (Q4).

A coleta de dados ambientais em tempo real foi realizada com um equipamento móvel de monitoramento ambiental dinâmico do tipo mochila (Figura 1). Denominado “PLEMS” (*Portable Low-cost Environmental Monitoring System*), é composto por um conjunto de sensores microclimáticos para as medições de condições térmicas, conforme descrito por Ihlenfeld (2024).

Tabela 1: Questões respondidas pelos participantes.

Q1- Neste local, neste momento, como você está se sentindo?						
-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
Q2- Sensação de conforto térmico no segmento						
-2	**-1**	**0**	**1**	**2**		
Muito insatisfeito	Insatisfeito	Indiferente	Satisfeito	Muito satisfeito		
Q3- Acessibilidade da calçada						
-2	**-1**	**0**	**1**	**2**		
Muito insatisfeito	Insatisfeito	Indiferente	Satisfeito	Muito satisfeito		
Q4- Acessibilidade do cruzamento						
-2	**-1**	**0**	**1**	**2**		
Muito insatisfeito	Insatisfeito	Indiferente	Satisfeito	Muito satisfeito		

Fonte: Autores (2025).

Caracterização da área de estudo

Nos meses de outubro e novembro de 2024 foram realizadas seis caminhadas guiadas em dias distintos, porém sempre no período vespertino. Em cada dia participaram dois alunos de graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), totalizando uma amostra de doze participantes (seis em movimento e seis em repouso). O estudo ocorreu em Curitiba (25°25,42 S, 49°16,24 W, 925m a.n.m.), caracterizada por clima Cfb segundo Köppen-Geiger, apresentando significativas flutuações diárias e sazonais de temperatura, frequentemente influenciadas por frentes frias que avançam do sul.

O trajeto percorrido (Figura 2) foi o mesmo em todas as campanhas, e consiste em uma volta completa na quadra da universidade, com distância aproximada de 1km e duração média de 30 minutos, considerando o período de saída do ponto inicial (ponto 1) até o retorno ao mesmo, no final. Apresenta 5 pontos de parada (indicados em vermelho na Figura 2), nos quais foram aplicados questionários aos participantes, 5 segmentos de rua (indicados em amarelo na Figura 2) e 4 cruzamentos, sendo dois deles com sinalização semafórica e dois sem sinalização.

Figura 1: Instrumentação.



Figura 2: Mapa do trajeto.



Fonte: Autores (2025).

As calçadas e travessias percorridas nesse circuito foram estrategicamente definidas de forma a gerar diferenciação entre características físicas e ambientais. O ponto “1” marca o início da caminhada em uma das entradas da universidade. O segmento “A” apresenta uma declividade considerável, enquanto o restante do percurso é plano. A chegada ao ponto “2” se dá através de um cruzamento não sinalizado de uma via de mão dupla. O segmento “B” e seu respectivo cruzamento até a chegada ao ponto “3” apresentam melhor infraestrutura, incluindo calçadas bem conservadas, vegetação urbana e a presença de edifícios de gabarito alto, em oposição aos demais segmentos onde as edificações têm gabarito baixo. O segmento “C” ocorre ao longo de uma via rápida com alto fluxo de veículos, calçadas estreitas delimitadas por muros e vegetação com baixa manutenção, além de trechos com exposição direta ao sol devido à ausência de elementos de sombreamento. O cruzamento dessa via, que acontece a partir do ponto “4”, não

é sinalizado e é bastante dificultoso e inseguro. Já o segmento “D”, trata-se de uma rua estreita de conexão entre vias, com menor fluxo de veículos, ausência de calçada e grande sombreamento proporcionado pela vegetação do bosque da universidade. O segmento “E” se assemelha ao “A” por estarem na mesma rua, porém é plano. De modo geral, nota-se a precariedade de toda a infraestrutura urbana que influencia a microescala da caminhabilidade e acessibilidade, principalmente a falta de manutenção ou ausência de calçadas em vários trechos e a insuficiência de sinalização adequada.

Análise estatística

Para a análise estatística dos resultados, foram realizados testes de análise de variância (ANOVA), fator único e com α de 0.05, para as seguintes condições: 1) Variação de respostas de sensação térmica reportada entre os dois grupos (repouso e movimento), por ponto; 2) Variação de respostas de satisfação com o ambiente térmico reportada entre os dois grupos, por segmento; 3) Variação de respostas de acessibilidade reportada entre os dois grupos, por segmento; 4) Variação de respostas de acessibilidade reportada entre os dois grupos, por cruzamento. Foram também realizados testes de análise de variância (ANOVA), fator duplo com repetição e com α de 0.05, para as seguintes condições: 1) Variação de respostas de sensação térmica reportada entre os dois grupos, por ponto, analisando variações por ponto e por data, separadamente; 2) Variação de respostas de satisfação com o ambiente térmico reportada entre os dois grupos, por segmento, analisando variações por segmento e por data, separadamente; 3) Variação de respostas de acessibilidade reportada entre os dois grupos, por segmento, analisando variações por segmento e por data, separadamente; 4) Variação de respostas de acessibilidade reportada entre os dois grupos, por cruzamento, analisando variações por cruzamento e por data.

Resultados

Monitoramento térmico dinâmico e questionários

A Tabela 2 mostra as condições de tempo durante o dia da coleta e nas horas das caminhadas, tipicamente entre as 15hs e as 18hs, segundo dados registrados pelo Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET, estação código WMO A807, do Centro Politécnico da UFPR, Curitiba, a 7km de distância do local do experimento), para cada data. Percebe-se que os dias estiveram amenos, com a data de 5/11 se destacando por apresentar a temperatura mais alta no período da caminhada. Ressalta-se que não houve precipitação nas datas de coleta.

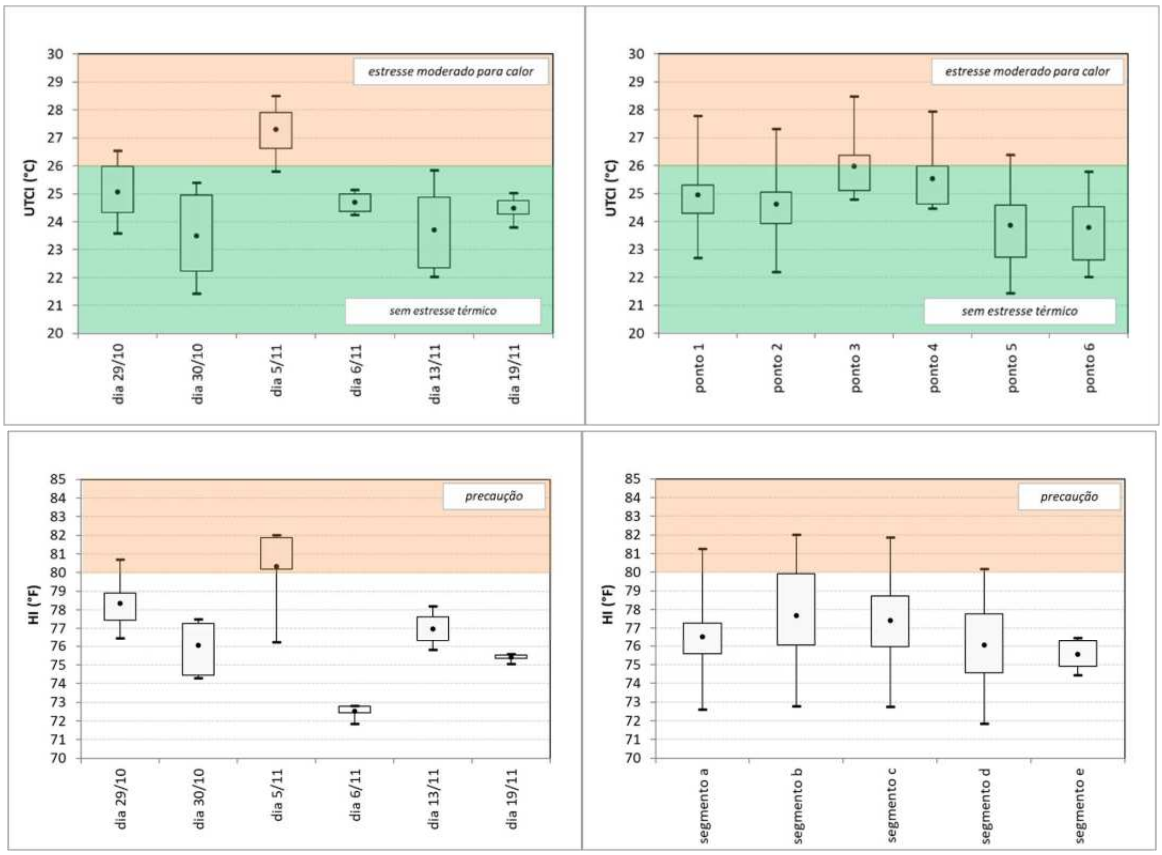
Tabela 2: Dados do DIA registrados pelo INMET nas datas de coleta e dados da CAMINHADA durante os horários de coleta, com o PLEMS.

Data	DIA	DIA	DIA	CAMINHADA	CAMINHADA	CAMINHADA
	Ta (°C)	UR (%)	v (m/s)	Ta (°C)	UR (%)	v (m/s)
29/10/2024	19,2	80,7	2,0	23,8	63,0	2,1
30/10/2024	19,6	76,3	2,8	22,8	62,5	4,0
05/11/2024	21,1	89,3	1,8	24,5	74,5	2,1
06/11/2024	20,7	87,6	1,7	22,9	80,5	2,5
13/11/2024	16,2	83,3	2,3	20,2	68,0	3,2
19/11/2024	21,3	77,7	2,9	22,9	71,0	3,7

Fonte: Autores (2025).

Os dados coletados pelo PLEMS de forma dinâmica constando de temperatura, umidade do ar, temperatura de globo e vento, foram utilizados para calcular o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) e o *Heat Index* (HI), índices amplamente adotados na avaliação das condições térmicas de ambientes externos (McGregor, 2012; Rothfusz, 1990), por data da caminhada e por ponto (Figura 3, linha superior) e por data da caminhada e por segmento (Figura 3, linha inferior). Enquanto que o UTCI foi calculado para os momentos de parada nos pontos (tipicamente 3 min), o HI foi determinado para os dados do PLEMS coletados quando em movimento, entre pontos. Cinco das seis caminhadas ocorreram sob condições térmicas amenas, com exceção do dia 05/11, que se destacou por apresentar mais alta temperatura e umidade, com menor velocidade do ar. Essa diferenciação o classificou na categoria de “estresse moderado para o calor”, para o UTCI, nos pontos, e na zona de *caution* ou “precaução” para calor, para o HI.

Figura 3: *Universal Thermal Climate Index* (UTCI), para datas e pontos (linha superior), *Heat Index* (HI), para datas e segmentos (linha inferior).

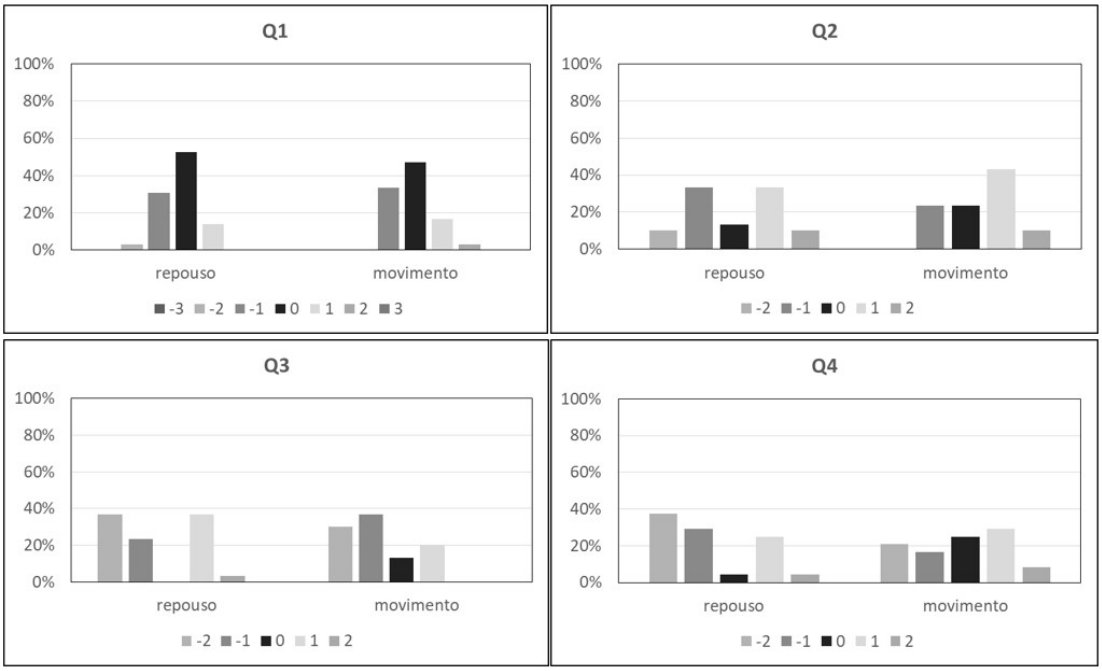


Fonte: Autores (2025).

Quanto às respostas dos questionários de percepção subjetiva (Figura 4), notaram-se diferenças nos percentuais das respostas na escala de sensação térmica por ponto (Q1), que variou em uma escala de -2 (Com frio) a 1 (Com um pouco de calor) para o grupo em repouso, e de -1 (Com um pouco de frio) a 2 (Com calor) para o grupo em movimento. Na satisfação térmica por segmento (Q2), também há diferenças entre classes de satisfação com o ambiente térmico. No repouso, há um equilíbrio entre percentuais de insatisfação por frio e calor, enquanto no movimento há

predominância de insatisfação por calor. Esses resultados comprovam a hipótese de que o estado de atividade física do participante durante a caminhada influencia em sua percepção térmica.

Figura 4: Percentuais de respostas por questão dos grupos repouso e movimento.



Fonte: Autores (2025).

Em relação à acessibilidade por segmento (Q3), não se notou um padrão definido nos percentuais de resposta. Já na acessibilidade por cruzamento (Q4), o grupo em repouso manifestou mais insatisfação na situação de cruzamento, com quase o dobro de respostas -2 (Muito insatisfeito) e -1 (Insatisfeito) do que a amostra de participantes em movimento, o que indica que os cruzamentos se apresentam como um desafio maior para a mobilidade na percepção do participante que estava na cadeira de rodas.

Teste de Análise de Variância (ANOVA)

Os resultados das ANOVAs fator único indicaram não haver diferenças significativas nas respostas entre os dois grupos (repouso e movimento) quanto às quatro questões analisadas (Q1-Q4). Já nas ANOVAs fator duplo com repetição, verificou-se que, em relação a Q1 e Q2, não houve diferenças significativas de sensação e satisfação térmica reportadas entre grupos para variações entre pontos (Q1) e entre segmentos (Q2). No entanto, houve diferenças significativas para variações de datas, ou seja, as condições térmicas de cada campanha se mostraram mais relevantes do que as características individuais de cada ponto/segmento.

Em relação a Q3 e Q4, observaram-se diferenças significativas de respostas de acessibilidade nos segmentos e nos cruzamentos independentemente dos dois grupos (repouso e movimento), enquanto que apenas a interação entre grupos e datas nos segmentos (Q3) mostrou significância estatística. Desta forma, percebe-se que a acessibilidade foi compreendida da mesma forma pelos dois grupos em função do segmento e do cruzamento.

Conclusões

O método de análise adotado na pesquisa se mostrou eficaz para a avaliação integrada dos fatores ambientais e físicos que influenciam no conforto térmico e na acessibilidade de um trajeto urbano. A partir do trabalho de campo realizado, conclui-se que, em relação ao conforto térmico, há diferença na sensação térmica entre dois grupos em condições de esforço físico diferentes, em um mesmo percurso e sob as mesmas condições térmicas. Neste caso, as pessoas em movimento tendem a sentir mais calor do que as que permaneceram em repouso. Porém, a falta de contrastes significativos entre resultados pode ser explicada pelo número reduzido da amostra, combinado às condições climáticas amenas das datas de coleta de dados. Por se tratar de uma pesquisa em andamento, pretende-se ampliar a amostra, e espera-se obter maior variação de respostas durante o período do verão, em situações de maior estresse térmico por calor.

Na avaliação da acessibilidade, ambos os grupos de participantes manifestaram insatisfação significativa nas respostas, evidenciando que há falha nas condições de acessibilidade das

calçadas, mesmo em um percurso reduzido de 1km. Tal resultado ressalta a necessidade de criar espaços públicos mais acessíveis, inclusivos e adaptáveis às condições climáticas, priorizando a mobilidade ativa e a qualidade ambiental.

Referências

Albala, Paula Lelis Rabelo. **Percursos de pedestres: caminhabilidade, conforto ambiental e planejamento estratégico.** 2022. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050:2020: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Versão corrigida: 2021. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

Gehl, Jan. **Cidades para pessoas.** São Paulo: Perspectiva, 2013.

Ihlenfeld, Walter. **Desenvolvimento de equipamento de baixo custo para condução de pesquisa de campo dinâmica em conforto ambiental em espaços abertos**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

IPCC. **Summary for policymakers.** In: CLIMATE CHANGE 2023: SYNTHESIS REPORT. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. H. Lee; J. Romero (orgs.). Ginebra: IPCC, 2023.

Jia, Siqi; Wang, Yuhong. Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: a case study in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 201, 2021.

Lefebvre, Henri. **O direito à cidade.** Paris: Antropos, 1968.

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

Oke, Timothy R. **Boundary layer climates.** London: Routledge, 2002.

Rothfusz, Lans P. **The Heat Index equation.** National Weather Service (NWS) Technical Attachment SR 90-23, 1990.