ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise de associação entre o ambiente sonoro e a percepção térmica de pedestres

Association analysis of the sound environment on the pedestrians' thermal perception

Eduardo Leite Krüger
UTFPR | Curitiba | Brasil | ekruger@utfpr.edu.br
Ivan Julio Apolonio Callejas
UFMT | Cuiabá | Brasil | Ivan.callejas@ufmt.br
Walter Ihlenfeld
UTFPR | Curitiba | Brasil | walterihlenfeld@yahoo.com
Solange Maria Leder
UFPB | João Pessoa | Brasil | solangeleder@yahoo.com.br

Resumo

A poluição sonora é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde como um problema de saúde pública, sendo que o tráfego de veículos se configura como uma das principais fontes sonoras existentes nas cidades. Pesquisas recentes têm apontado a possibilidade de existência de interação entre fatores ambientais e o conforto térmico. Esta pesquisa objetiva investigar se existe associação entre o nível de incômodo com o ambiente sonoro e a percepção térmica de pessoas que caminham a céu aberto. Voluntários percorreram um circuito no qual pontos de interesse foram monitorados dinamicamente visando determinar os diferentes níveis de exposição ao ruído e ao estresse térmico, ao mesmo tempo em que o nível de incômodo com o ruído e satisfação com o ambiente térmico eram investigados por meio de análise de percepção ambiental com aplicação de questionários. Por meio de análise de correlação, evidenciou-se que nos pontos pesquisados o nível de ruído diminuiu com o nível de exposição solar. Os dados subjetivos evidenciaram associação não linear entre as médias de voto de incômodo com o ruído à medida que ocorre elevação do voto de percepção térmica, comportamento inverso ao delineado pelas medições objetivas. Os resultados apontaram para possível associação entre os estímulos térmico e auditivo, em pessoas que caminham a céu aberto.

Palavras-chave: Ruído urbano. Conforto térmico a céu aberto. Influência multissensorial.

Abstract

Noise pollution is recognized by the World Health Organization as a public health problem, with vehicle traffic being one of the main noise sources in cities. Recent research has highlighted the possibility of an interaction between environmental factors and thermal comfort. This research aims to investigate whether there is an association between the level of discomfort with the sound environment and the thermal perception of people walking outdoors. Volunteers walked

Como citar:
KRÜGER, E. L. et al. Análise de associação entre o ambiente sonoro e a percepção térmica de pedestres. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

a circuit in which of interest were dynamically monitored in order to determine the different levels of exposure to noise and thermal stress, at the same time that the level of noise annoyance and satisfaction with the thermal environment were investigated through analysis of environmental perception using questionnaires. Through correlation analysis, it was evidenced that in the researched points the noise level decreased with the level of sun exposure. The subjective data show a non-linear association between the average votes for annoyance with noise as the thermal perception increases, an opposite behavior to that outlined by objective measurements. The results pointed to a possible association between thermal and auditory stimuli in people walking in the open air.

Keywords: Urban noise. Urban noise. Outdoor thermal comfort. Multisensory influence.

INTRODUÇÃO

Devido ao acelerado processo de urbanização ocorrido nas cidades no último século, vários problemas ambientais foram desencadeados, como, por exemplo, elevação da densidade populacional, geração de resíduos sólidos, poluição do solo, ilha de calor urbana, bem como geração de elevados níveis sonoros [1]. Em relação a este último, destaca-se que exposição ao ruído urbano impacta a saúde humana, induzindo perda auditiva, perturbações do sono e distúrbios cardiovasculares e de saúde mental [2].

A paisagem sonora se refere à combinação de todos os elementos sonoros dentro de uma área específica, que reflete as características culturais, sociais e ecológicas dessa área, podendo impactar o comportamento emocional e o estado de saúde dos indivíduos, ensejando, portanto, medidas adequadas de controle [3]. Pesquisas têm indicado que o ambiente térmico pode influenciar na avaliação da paisagem sonora, ou vice-versa. Fatores microclimáticos como temperatura, umidade e velocidade do ar, bem como nível de iluminação e alterações visuais e auditivas podem afetar a avaliação da paisagem sonora, sendo os fatores ambientais os mais proeminentes [4, 5]. De fato, Zhou et al. [6], por meio de pesquisa laboratorial, evidenciaram que a exposição à temperatura, ruído e vibração afetou significativamente a satisfação geral dos participantes do estudo, com altos níveis de ruído e vibração causando sensações térmicas mais quentes. Similarmente, Nitidara et al. [7], em pesquisa conduzida em ambientes abertos localizados em clima tropical, observaram relação multissensorial entre fatores auditivos e térmicos, indicando que sensação auditiva aumenta com o aumento da sensação térmica e do nível de ruído. Apesar do avanço na temática, pesquisas voltadas para a avaliação subjetiva de pedestres sob diferentes condições termoacústicas em ambientes urbanos ainda são incipientes.

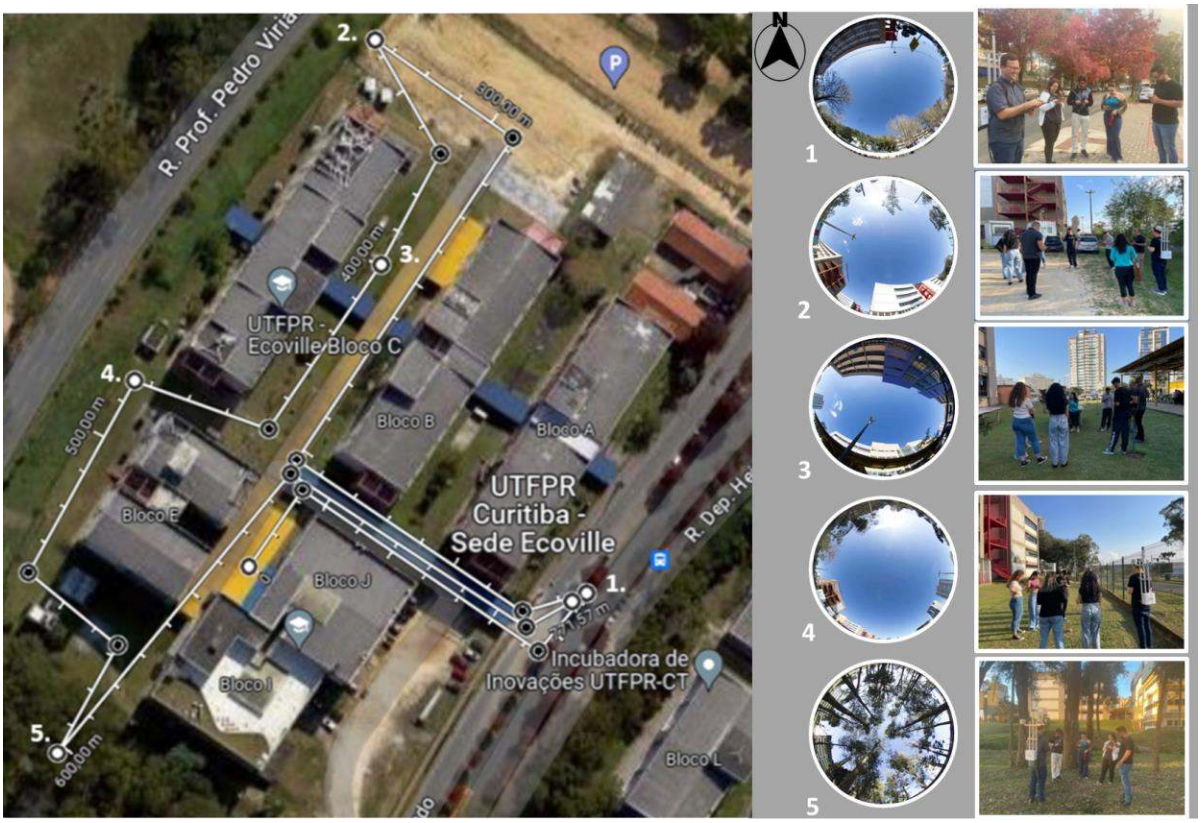
Assim, considerando a necessidade de melhorar o ambiente térmico e acústico das cidades, essa pesquisa tem por objetivo investigar se o nível de incômodo com o ambiente sonoro é um fator capaz de influenciar a percepção térmica de pessoas que caminham a céu aberto. A pesquisa contribui para aprofundamento dos estudos sobre o tema, bem como fornece subsídios para estudos futuros que pretendam incorporar uma relação entre a forma urbana e o clima local.

METODOLOGIA

LOCAL DA PESQUISASEÇÕES E SUBSEÇÕES

A pesquisa se desenvolve na cidade de Curitiba, PR, caracterizada por clima do tipo subtropical úmido (Cfb - Köppen-Geiger) [8], na qual se conduziram campanhas exploratórias de monitoramento ambiental em um circuito no campus da UTFPR, sede Ecoville, durante as estações de outono e inverno de 2023 (Figura 1).

Figura 1: Circuito realizado no campus da UTFPR, sede Ecoville



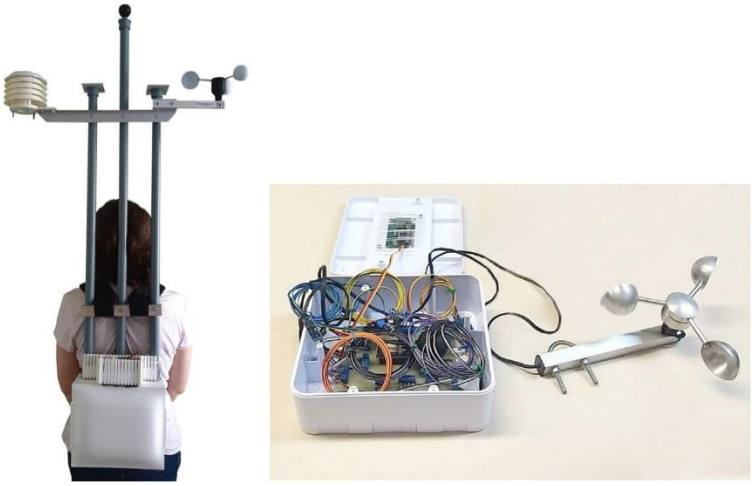
Fonte: os autores.

Quanto à natureza da pesquisa desenvolvida, esta se classifica como experimental e aplicada, uma vez que contribuir para fins práticos, buscando solucionar problemas existentes. Mas também exploratória, dado que visa proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de construir hipóteses. Quanto a forma de intervenção em relação ao fenômeno é observacional, pois coletam-se dados e extrai-se informações sem influenciar a evolução do objeto de estudo [9].

O monitoramento ambiental foi conduzido a partir de caminhadas, fazendo-se uso de uma mochila PLEMS acoplada às costas do pesquisador [10]. A mochila PLEMS, além de medir variáveis convencionalmente necessárias nas pesquisas de conforto térmico (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e temperatura radiante), acopla sensores que possibilitam medir concomitantemente a qualidade do ar (concentração de CO_2), os níveis de iluminância e de ruído ambiental a que estão expostas as pessoas. Uma vez que as medições não ocorrem em um ponto fixo, a mochila PLEMS dispõe ainda de Sistema de Posicionamento Global (GPS), visando facilitar a localização

geográfica dos pontos de interesse durante as campanhas de medição. Nessa pesquisa, focou-se nas variáveis térmicas e nos níveis de pressão sonora medidos nos pontoes de interesse. Integra o sistema, ainda, um conjunto de componentes para tornar o equipamento um registrador de dados automático, como um relógio de tempo real e um módulo de cartão de memória portátil (Figura 2).

Figura 2: Ilustração da configuração estrutural (à esquerda) e (b) sensores embarcados (à direita) na Mochila PLEMS.

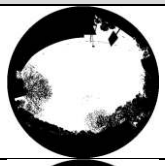
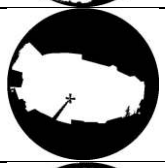
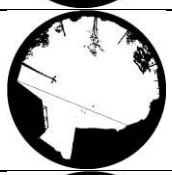


Fonte: Os autores

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS PONTOS INVESTIGADOS

O ponto 1 se localiza na calçada de entrada do campus, em avenida que permite acesso aos blocos da UTFPR, na proximidade de um ponto de ônibus. As superfícies do piso são revestidas por concreto e asfalto, com presença de arborização implantada em canteiro central. O ponto 2 situa-se na extremidade noroeste do campus, em área de estacionamento não pavimentada, sobre solo nu aparente. Adjacente à noroeste está implantada uma avenida com grande fluxo de veículos, enquanto ao sul, um bloco do campus circunvizinha o ponto. O ponto 3 se insere no interior de um cânion formado por dois blocos do campus. As superfícies são revestidas por grama e concreto. No local, são encontrados equipamentos destinados a lazer e descanso. O ponto 4 está posicionado a noroeste, fora do perímetro de acesso às dependências do campus, em região revestida por grama. À noroeste localiza-se a mesma avenida descrita no ponto 2 e a sul um bloco do campus também circunvizinha este ponto. O ponto 5 está localizado na extremidade sul do campus, em área de preservação ambiental, sob copas de árvores. O solo é revestido por arbustos e gramíneas. À noroeste, localiza-se a mesma avenida de tráfego intenso que circunvizinha os pontos 2 e 4, enquanto ao sul há uma via local implantada adjacente ao campus. Detalhes do circuito e sequência de coleta de dados podem ser visualizados na Figura 1. A Tabela 1 apresenta a máscara de sombra, índice de fator de visão do céu (FVC) e as características morfológicas dos pontos (altura média dos edilícios ou árvores, revestimento do piso, permeabilidade da superfície e sombreamento).

Tabela 1: Características morfológicas dos pontos do circuito.

Ponto	Máscara de sombra	FVC	Altura média dos edifícios e/ou árvores	Revestimento do piso	Permeabilidade da superfície	Sombreamento
1		0,542	Edifícios: 15m Arborização: < 5m	Pavimento de concreto / asfalto	Impermeável	Projeção dos edifícios
2		0,706	Edifícios: 15m Arborização: > 30m	Solo exposto	Permeável	Arborização ao norte e edifícios ao sul
3		0,424	Edifícios: 15m Arborização: não há	Grama / Pavimento de concreto	Parcialmente permeável	Projeção de edifícios
4		0,643	Edifícios: 15m Arborização: > 30m	Grama	Permeável	Arborização ao norte e edifícios ao sul
5		0,177	Edifícios: Não há Arborização: > 30m	Solo exposto /Vegetação rasteira	Permeável	Arborização

Fonte: Os autores.

AVALIAÇÃO SUBJETIVA DOS PONTOS INVESTIGADOS

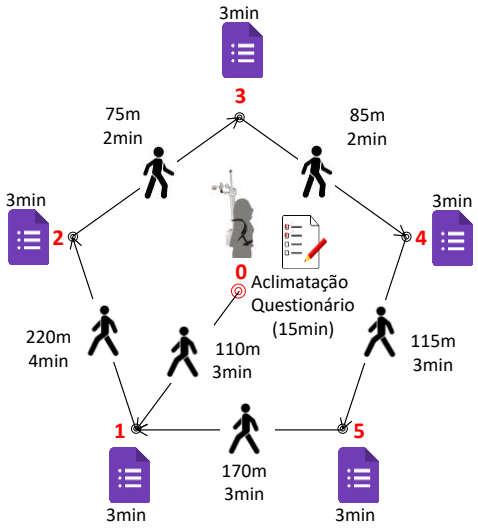
Idealizou-se um experimento de percepção multissensorial dos pontos pesquisados com participação voluntária de graduandos, que percorreram o circuito descrito concomitantemente à mensuração das variáveis ambientais. Nessa pesquisa, foca-se em avaliar se existe uma possível interferência do ambiente sonoro no ambiente térmico, investigando tanto as variáveis dinâmicas captadas nos pontos quanto às respostas subjetivas dos voluntários. A pesquisa utiliza técnica de amostragem por conveniência e não-aleatória, e foi aprovada pelo Comitê de Ética (CAAE 34913620.8.0000.5188, parecer n° 6.018.641).

Padronizou-se as condições de tempo atmosférico, cobrindo-se o circuito sob céu claro e com baixa velocidade do ar, uma vez que a passagem de nuvens e rajadas de vento abruptas durante o percurso poderia confundir e/ou impactar a percepção dos entrevistados. Previamente ao início da caminhada, considerou-se a necessidade de aclimatação dos entrevistados por cerca de 15 minutos em local aberto, tempo também utilizado para inicialização da mochila PLEMS, coleta de dados pessoais (biometria, vestimenta, aclimatação de longo prazo) e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Em cada ponto, o pesquisador, portador da mochila PLEMS, se posicionou, de forma padronizada, estaticamente no ponto de coleta, com a mochila PLEMS voltada para o

norte verdadeiro. Com intuito de padronizar a taxa metabólica dos entrevistados, o deslocamento entre os pontos diversos ocorreu a uma marcha controlada, com velocidade média de 4 km/h (2,3 MET). O tempo de permanência em cada ponto foi definido em 3 minutos visando estabilização dos sensores e maior tempo de ambientação no entorno pelos participantes para aplicação das entrevistas de percepção. As variáveis ambientais foram registradas a cada minuto, sendo calculada posteriormente a média dos 3 minutos. Definiu-se um número máximo de oito voluntários por campanha. Como foram aplicados questionários de avaliação de percepção ambiental entre os pontos, adotou-se o ponto 1 para início e fechamento do circuito. O deslocamento de, aproximadamente 800 m do circuito, foi realizado num tempo médio aproximado de 50 minutos. A Figura 3 ilustra a linha do tempo, com as distâncias e o tempo médio aproximado percorrido entre os pontos.

Figura 3: Processo de medição dos dados microclimáticos por meio da mochila PLEMS, concomitantemente à aplicação de questionário de percepção ambiental



Fonte: Os autores.

Adicionalmente às questões de avaliação de percepção térmica dos entrevistados adaptadas da ISO 10551 [11], os questionários, aplicados no período da tarde devido à disponibilidade dos estudantes voluntários, abarcaram a avaliação da percepção ambiental de forma mais ampla, envolvendo a percepção quanto ao nível de ruído, de iluminação, e da qualidade do ar, permitindo assim uma avaliação multissensorial [6, 12]. Os dados subjetivos foram coletados por formulários estruturados no Google Forms (Tabela 2), acessados por meio de QRcode via smartphone em cada ponto pré-definido.

A amostra obtida nas campanhas de outono e inverno foi de 25 graduandos (em 7 campanhas) e 38 graduandos (em 5 campanhas), respectivamente, perfazendo uma amostragem de 63 questionários aplicados em cada ponto (ou n=378, para o circuito completo). Esta pesquisa foca na análise objetiva dos dados microclimáticos (expresso por meio do índice UTCI) e subjetiva do conforto térmico dos entrevistados relacionada a como eles sentiam o ambiente térmico (questão a da Tabela 2) e como eles percebiam o ruído expresso por meio do nível de incômodo ao ruído (NIR) (questão e da Tabela 2) em cada um dos pontos pesquisados.

Tabela 2: Questionário de Conforto Ambiental.

a) Como você está se sentindo em relação ao ambiente térmico?						
Escala de Intensidade da resposta						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Muito Frio	Frio	Pouco de Frio	Neutro	Pouco de Calor	Calor	Muito Calor

b) Em relação ao microclima deste local, como você está se sentindo?			
0	1	2	3
Confortável	Um pouco desconfortável	Desconfortável	Muito desconfortável

c) Nesse momento, em relação ao microclima deste local, como você preferiria que estivesse?						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Muito mais Frio	Mais Frio	Um pouco mais de frio	Sem mudanças	Um pouco mais quente	Mais quente	Muito mais quente

d) Em relação à intensidade de luz neste ponto, como você se sente?				
-2	-1	0	+1	+2
Muito insatisfeito	Insatisfeito	Indiferente	Satisfeito	Muito satisfeito

e) Em relação ao nível de ruído neste ponto, como você se sente?			
0	1	2	3
Sem incômodo	Um pouco incomodado	Muito incomodado	Extremamente incomodado

f) Em relação à qualidade do ar neste ponto, como você se sente?			
0	1	2	3
Sem incômodo	Um pouco incomodado	Muito incomodado	Extremamente incomodado

Fonte: Os autores.

AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DOS PONTOS INVESTIGADOS

De modo a relacionar a percepção térmica reportada durante as entrevistas pelos participantes com os efeitos termofisiológicos desencadeados pelas variáveis ambientais (Ta, °C; UR, %; v, m/s; e, Trm, °C) registradas em cada ponto, adotou-se o Índice UTCI (Universal Thermal Climate Index) [13]. O UTCI foi calculado por meio do software BioKlima v.2.6 [14], a partir das variáveis microclimáticas registradas em cada ponto no momento das entrevistas. Quantificou-se os níveis de estresse determinado pelo índice UTCI através das classes propostas por Bröde et al. [13]: 9 a 26°C - sem estresse térmico; 26 a 32°C - moderado estresse térmico ao calor; 32 a 38°C - forte estresse térmico ao calor; e, acima de 38°C - muito forte estresse térmico ao calor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características antropométricas (Quadro 1) indicam proporção equilibrada para o sexo biológico, e maior presença de jovens de até 25 anos, como esperado, uma vez que as pesquisas ocorreram dentro de um campus universitário. Com base nos parâmetros estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a análise do Índice de Massa Corporal - IMC revela que, embora a maioria dos participantes voluntários esteja dentro dos limites do IMC saudável, há um grande número de pessoas com excesso de peso, tendência já relatada para a população brasileira [15]. O isolamento das roupas apresentou alguma variabilidade entre os participantes, com

os entrevistados usando roupas típicas de verão nos dias mais quentes (média de 0,26 Clo) e roupas típicas de inverno (média de 1,12 Clo), especialmente em dias frios.

Quadro 1: Dados antropométricos das campanhas de outono-inverno

Parâmetro	Categoria	Número de respondentes	Porcentagem (%)
Sexo Biológico	Masculino	32	50,8%
	Feminino	31	49,2%
Idade	Até 25 anos (jovem)	49	77,8%
	De 25 e 64 anos (adulto)	13	20,6%
	Acima 64 anos (idoso)	1	1,6%
Índice de Massa Corpórea (IMC = peso/altura^2)	Abaixo do peso	1	1,6%
	Saudável	37	58,7%
	Sobrepeso	18	28,6%
	Obeso	7	11,1%

Fonte: os autores.

Os dados medidos para as variáveis ambientais nos cinco locais visitados, incluindo o local de partida/chegada (Ponto 1) estão representados na Quadro 2. É possível verificar que o maior estresse térmico foi encontrado no meio do inverno, quando uma série de ondas de calor ocorreu e persistiu durante a primavera de 2023, como resultado das mudanças climáticas e da influência do El Niño, tornando o inverno de 2023 no mais quente desde 1961 (https ://portal.inmet.gov.br/).

Quadro 2: Características gerais dos dados medidos pelo mochila PLEMS durante as campanhas

Variáveis	Outono			Inverno		
	Min	Max	Média	Min	Max	Média
Temperatura do ar (°C)	17,6	22,4	20,2	20,7	28,6	24,4
Umidade Relativa (%)	42	70	53	37	77	54
Temperatura de globo (°C)	16,7	25,6	20,2	21,1	36,5	27,4
Temperatura média radiante (°C)	8,0	48,5	21,8	21,0	68,3	33,7
Velocidade do ar (m/s)	0,0	4,45	0,62	0,0	1,88	0,44
Concentração de CO_2 (ppm)	444	481	464	420	453	440
Nível de Iluminância (lux)	102	8496	1998	37	41032	12822
Nível máximo de pressão sonora, ponderado em A (dB)	50	60	56	52	63	55

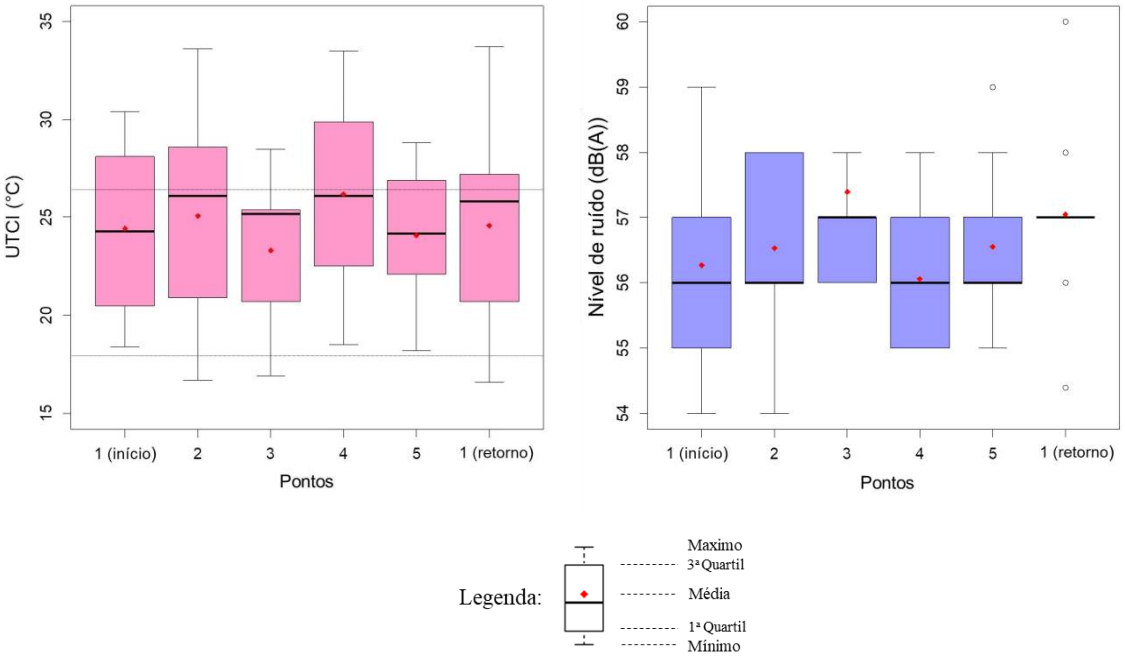
Fonte: os autores.

A Figura 4 (à esquerda) apresenta as condições de conforto térmico a partir dos dados UTCI pós-processados usando os dados microclimáticos coletados. Os níveis de estresse variaram de nenhum estresse térmico (principalmente, dentro da Zona de Conforto Térmico ZCT– 18 a 26°C) até forte estresse térmico (32 a 38°C) nos pontos monitorados. O ponto 4 impõe maior nível de estresse devido à sua exposição solar, seguido pelo ponto 2, que apresentou maior variabilidade devido a momentos com insolação e sombra, dependendo dos horários da campanha. Este comportamento também é observado no Ponto 1 (início/ término). O ponto 3 oferece os níveis mais baixos de condições de exposição solar, pois fica constantemente sombreado durante as campanhas em razão do cânion que se forma entre os edifícios da Sede Ecoville, seguido do ponto 5, que permanece sempre parcialmente sombreado pela copa das árvores (bosque remanescente). Associa-se esse comportamento ao fator de visão do céu nos pontos pesquisados, como o que ocorre naqueles com elevado FVS (Pontos 3 e 4) que estiveram sujeitos aos maiores níveis de exposição solar. Por sua vez, aqueles

com baixo FVS como o que ocorre nos Pontos 3 e 5, apresentaram comportamento oposto.

Em relação ao nível de ruído nos pontos (Figura 4, à direita), nota-se que estes são dependentes das fontes sonoras, resultantes principalmente do tráfego de veículos próximo aos pontos de medição, uma vez que foi solicitado aos voluntários que não conversassem entre si durante as entrevistas. Portanto, em geral, são percebidos níveis de ruído mais elevados em pontos adjacentes às avenidas. Uma exceção ocorre no Ponto 3, que apesar de não ser muito afetado pelo ruído do trânsito, apresentou o maior nível de ruído entre os pontos medidos. Provavelmente isso se deve ao fato do Ponto 3 estar localizado próximo ao restaurante e a cafeteria do campus, que é utilizados pelos estudantes universitários como área de descanso e lazer. O Ponto 5, localizado dentro do bosque, apresentou alto nível de ruído devido à sua localização entre duas avenidas.

Figura 4: Boxplot do índice UTCI e nível de ruído nos pontos de monitoramento do circuito (as linhas tracejadas nos boxplots do UTCI representam a ZCT)

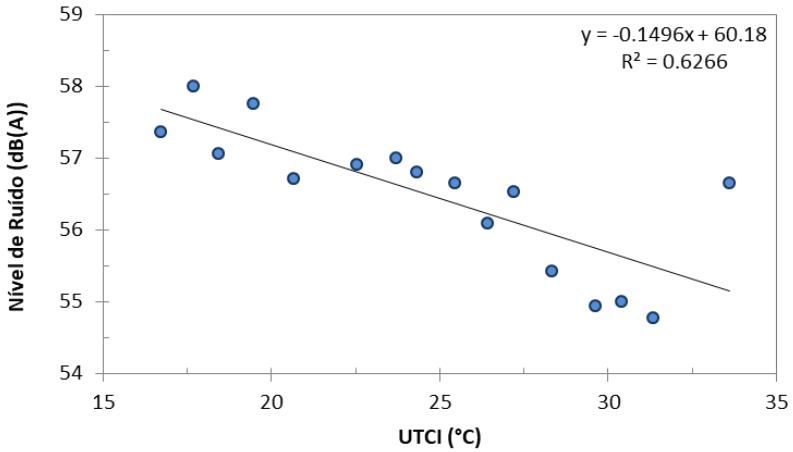


Fonte: Os autores.

Com vistas a expressar relação entre o índice UTCI e o nível de ruído em cada um dos pontos pesquisados, dados destas variáveis foram correlacionados, derivando-se curva de ajuste de regressão linear entre eles. No gráfico da Figura 5, os dados do UTCI foram agrupados para cada variação de 1°C deste índice. É possível observar que os níveis de ruído diminuem à medida que o nível de estresse térmico se eleva nos pontos pesquisados, o que sugere que os pontos com maiores níveis de ruído não estavam necessariamente mais próximos da via de elevado fluxo de veículos, uma vez que estas apresentam FVS elevados, com maior potencial de apresentar elevados níveis de estresse térmico durante o dia. Na realidade, os maiores níveis de ruído foram observados em locais com menores níveis de estresse térmico (locais menos expostos

a radiação solar, mas com trânsito de veículos, como o Ponto 1, onde ônibus circulam de forma intermitente, ou no Ponto 3, próximo ao restaurante do Campus).

Figura 5: Correlações entre o índice UTCI e o nível de ruído registrado durante as campanhas.



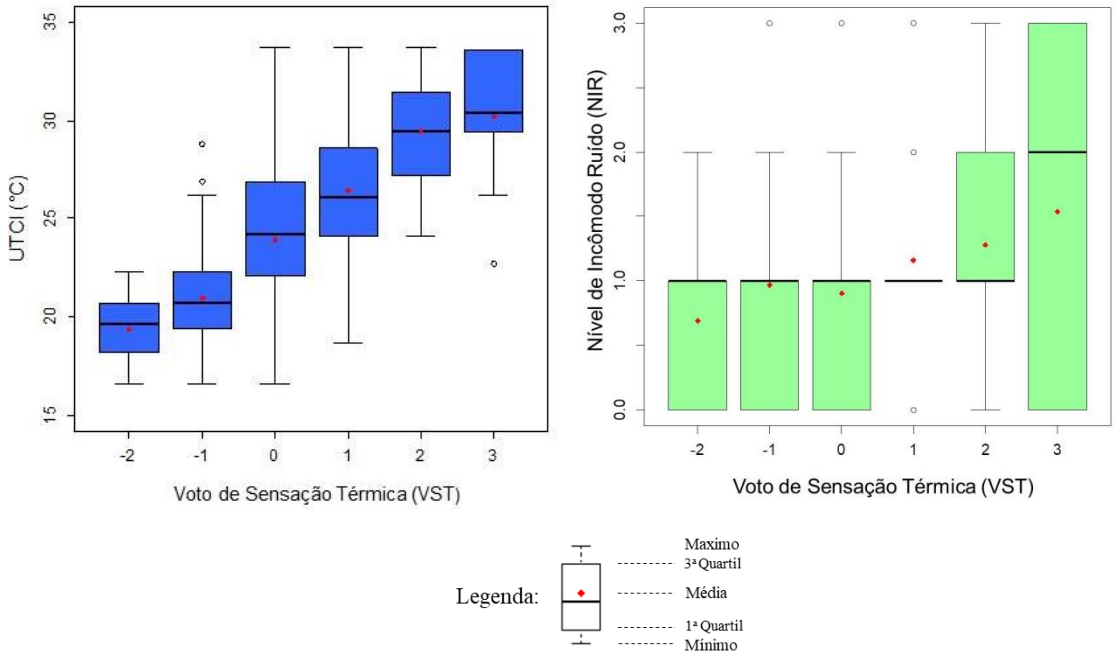
Fonte: os autores.

A Figura 6 ilustra a associação entre votos subjetivos de sensação térmica (Voto de Sensação Térmica 'VST', item “a” do Questionário de Percepção Ambiental) com o nível de incômodo ao ruído ‘NIR’ registrado nas campanhas. Nota-se que existe relação direta entre o nível de estresse imposto pelo ambiente e a percepção térmica declarada pelos voluntários (Figura 6, à esquerda). Pelos quantis, observa-se certa elasticidade na condição de aceitabilidade quanto neutralidade térmica (TSV=0) em relação as condições térmicas do ambiente. Também é perceptível por meio da análise das médias dos votos de percepção térmica que os voluntários são influenciados à medida que o nível de estresse nos pontos se eleva.

Por sua vez, nota-se clara associação não linear entre a elevação do nível de incômodo (NIR) com o voto de percepção térmica (TSV) (Figura 6, à direita). Curiosamente, a relação para as respostas subjetivas é inversa daquela verificada nas medições objetivas, onde os níveis de ruído caem à medida que os níveis de estresse térmico se elevam. As respostas quanto ao incômodo nas categorias de menores níveis de percepção térmica não se diferenciam muito entre si (VST -2, -1,0, +1), porém à medida que o nível de percepção térmica se eleva (VST +2 e +3), existe a tendência do nível do incômodo se elevar, o que pode significar que elevados níveis de estresse térmico podem se configurar como um dos principais impulsionadores da avaliação ambiental quanto ao quesito ruído. De fato, pelas respostas subjetivas, nota-se que a média e a mediana do NIR se elevam à medida que a percepção térmica ao calor se eleva, com maior propagação nas respostas quando os indivíduos sentem mais calor (VST +3). Zhou et al. [6] também evidenciaram que exposição a elevados níveis de ruído e vibração desencadearam sensações térmicas mais quentes. Apesar dos avanços verificados nos últimos anos, ainda há escassez de estudos que olhem para os fatores externos que interagem com a percepção térmica dentro do campo do conforto térmico humano [16].

Assim, baseado nessa associação indesejável entre estresse térmico e nível de ruído, aponta-se para a necessidade de aperfeiçoamento microclimático de áreas frequentadas por pedestres que se configuram como sendo muito ruidosa, situação que ocorre em várias regiões das grandes cidades devido à presença de tráfego intenso.

Figura 6: Associação entre os dados de percepção térmica e nível de incomodo com o ruído com o nível de estresse térmico registrados nas campanhas.



Fonte: Os autores.

CONCLUSÃO

Por meio de monitoramento e aplicação de questionário de percepção ambiental, buscou-se investigar se existe associação entre o nível de incômodo com o ambiente sonoro e a percepção térmica em pessoas que caminham a céu aberto.

Em relação aos dados microclimáticos coletados nos pontos de interesse durante o circuito, observou-se haver tendência do nível de ruído se reduzir nos pontos com maiores níveis de estresse térmico. Este comportamento está associado à distribuição dos pontos do experimento, com aqueles com maiores fatores de visão de céu localizando-se próximos a avenidas de intenso fluxo de veículos, principalmente os Pontos 1, 2 e 4. O ponto 3, afastado das avenidas, está inserido em região dentro do campus destinada a alimentação e lazer, o que influenciou de forma significativa o nível de ruído durante as medições. Por sua vez, a vegetação arbórea dentro do bosque pouco impactou os níveis de ruído no Ponto 5, devido a sua proximidade a uma avenida e a uma rua que contornam a quadra do campus.

Em relação à avaliação subjetiva de percepção térmica, evidenciou-se que esta é impactada pelas condições microclimáticas, elevando-se à medida que o nível de estresse expresso pelo índice UTCI se eleva nos pontos pesquisados. Por sua vez, a

avaliação subjetiva do ambiente acústico indica que existe associação não linear entre a elevação do nível de incômodo (NIR) com o voto de percepção térmica (TSV), inversa àquela observada nas medições objetivas. Enquanto o nível de incômodo (NIR) tende a se reduzir em ambientes termicamente mais frios (-2), em direção oposta, esta variável tende a se elevar em condições de extremo calor (+3).

Como principal contribuição, além de desenvolvimento de pesquisas que aprofundem as associações multissensoriais no campo do conforto térmico, indica-se a necessidade de aperfeiçoamento microclimático de regiões dentro das cidades que apresentem ambientes sonoros muito ruidosos uma vez que se evidenciou uma indesejável associação entre nível de incômodo ao ruído com o nível de estresse.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

[1] SAKAI, O. A., WEDEKIND, J. R., GORLA, G. C. DOS S. L., LEOPOLD, G. L., & BERTINOTI, G. K. Urban noise: prospects and diagnosis. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, 20586–20596, 2019. https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-243.

[2] DANIEL, S.; DAVID, W.; DIRKS, K.N.; RENATA, M. Exploring the relationship between noise sensitivity, annoyance and Health-Related quality of life in a sample of adults exposed to environmental noise. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v.7, 3579, 2010.

[3] CHEN, Y.; LIU, F.; LIN, X.; LIU, J.; CHEN, Z.; SHI, K.; LI, J.; DONG, J. Combined Effects of the Thermal-Acoustic Environment on Subjective Evaluations in Urban Park Based on Sensory-Walking. **Forests**, v. 14, 1161, 2023. https://doi.org/10.3390/f1406116

[4] MEI, Z.; JIAN, K. Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces. **Environ. Plan. B Plan. Des**. V. 34, p.68–86, 2007.

[5] YU, L.; KANG, J. Modeling subjective evaluation of soundscape quality in urban open spaces: An artificial neural network approach. **J. Acoust. Soc. Am**., v. 126, p.1163–1174, 2009.

[6] ZHOU, X.; LIU, Y.; LUO, M.; ZHENG, S.; ZHANG, X. Overall and thermal comfort under different temperature, noise, and vibration exposures. Indoor Air, 32, e12915, 2021.

[7] NITIDARA, N. P. A.; SARWONO, J.; SUPRIJANTO, S.; NUGROHO SOELAMI, F.X. The multisensory interaction between auditory, visual, and thermal to the overall comfort in public open space: A study in a tropical climate. **Sustainable Cities and Society**, v.78, 103622, 2022. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103622.

[8] DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, 37, 2018. https://doi.org/10.4000/confins.15738

[9] BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica**. 2. Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

[10] IHLENFELD, W.; KRÜGER, E. L.; LEDER, S. M.; QUADROS, B. M. de; LIMA , L. de C.. Prototipação de sistema portátil de monitoramento ambiental de baixo custo para estudos de conforto ambiental em espaços abertos. **In:** ENCONTRO NACIONAL DE

CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2023. Anais [...]. [S. l.], 2023. p. 1–10. DOI: 10.46421/encac.v17i1.3844.

[11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 10551:** Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genève: ISSO, 1995.

[12] LAM, C. K. C., YANG, H., YANG, X., LIU, J., OU, C., CUI, S., & HANG, J. Cross-modal effects of thermal and visual conditions on outdoor thermal and visual comfort perception. **Building and Environment**, v. 186, 107297, 2020. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107297.

[13] BRÖDE, P., FIALA, D., BŁAŻEJCZYK, K., HOLMER, I., JENDRITZKY, G., KAMPMMANN, B., TINZ, B., & HAVENITH, G. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n.3, p. 481-494, 2012.

[14] IGiPZ PAN –Instytut Geografii I Przestrzennego Zagospodarowania - PAN. **BioKlima - Universal tool for bioclimatic and thermophysiological studies**. Recuperado em 20 de maio de 2024, de www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html.

[15] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigitel Brasil 2016:** Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Estimativas sobre frequência e distribuição sócio-demográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2016. Brasília: Ministério da Saúde. 2016.

[16] CANDAS, V., & DUFOUR, A. Thermal comfort: multisensory interactions? **Journal of physiological anthropology and applied human science**, v. 24, n.1, p.33-36, 2005. https://doi.org/10.2114/jpa.24.33.