

**Relações entre conforto acústico e térmico em espaços urbanos abertos  
da cidade de São Paulo**

**Leonardo Marques Monteiro**

Professor Associado, USP, Brasil  
leo4mm@usp.br

## RESUMO

Os problemas relacionados ao ambiente urbano são variados, dentre os quais podemos destacar, em termos de experiências sensoriais, as questões térmica e acústica. O objetivo desta pesquisa é determinar o impacto simultâneo dos ambientes térmico e acústico na percepção térmica e sonora dos usuários de espaços urbanos abertos. Ressalta-se a originalidade e relevância científica do trabalho na medida em que pesquisas específicas de quantificação de conforto relacionando-se simultaneamente variáveis urbanas do ambiente térmico e acústico em espaços abertos são incipientes. O método utilizado é indutivo experimental, por meio de levantamentos em campo das variáveis do ambiente térmico e sonoro e variáveis subjetivas, apoiado por método dedutivo computacional, realizando-se simulações de modelos preditivos, por meio de índices de conforto. Os levantamentos foram realizados junto a populações heterogêneas em diferentes situações urbanas reais na cidade de São Paulo, abrangendo diferentes condições térmicas e acústicas em vinte locais de oito regiões distintas em diferentes dias representativos de verão e inverno, totalizando a aplicação de aproximadamente 6500 questionários válidos. Os resultados apontam para a relação entre temperatura equivalente percebida, nível de pressão sonora equivalente e porcentagem de pessoas em conforto. Foram estabelecidas, assim, faixas de intervalos das duas primeiras variáveis em relação às porcentagens da terceira, permitindo-se verificar as situações em que se proporciona conforto térmico e acústico de forma integrada nos espaços abertos da cidade de São Paulo.

**PALAVRAS-CHAVE:** conforto acústico, conforto térmico, espaços urbanos abertos.

## INTRODUÇÃO

Grande parte dos trabalhos de pesquisa de modelagem teórica e verificação experimental de conforto ambiental objetiva aplicações para ambientes fechados. As condições ambientais internas são mais controladas e passíveis de intervenções com usuais sistemas passivos e ativos de condicionamento. Já nos espaços abertos as variáveis ambientais são também passíveis de condicionamento, mas o controle é substancialmente menor, devido à ausência, parcial ou total, de confinamento (HÖPPE, 2002). À especificidade de ausência de confinamento ambiental, acrescentam-se outras dos ambientes externos, como as atividades realizadas e as diferentes expectativas e tolerâncias dos usuários (MONTEIRO, 2018).

Considerando-se que a qualidade de vida urbana se pauta em grande medida pelas características do ambiente construído e sua infraestrutura, proporcionar melhores condições de uso dos espaços urbanos abertos, seja para atividades cotidianas de passagem como para as atividades de permanência ligadas ao lazer, enriquece a experiência da vida nas cidades, aumentando as possibilidades de sociabilização e efetiva utilização dos espaços públicos urbanos (BLAZEJCZYK, 2001).

Ao mesmo tempo, a dinâmica dos grandes centros urbanos tem apontado para as cidades como representantes da crise ambiental. Os problemas relacionados ao ambiente urbano são variados, dentre os quais podemos destacar, em termos de experiências sensoriais, as questões térmica e acústica. A primeira tende a se recrudescer nos trópicos devido ao panorama futuro previsto pelos cenários de mudança climática (IPCC, 2021). Em relação à segunda, a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2018) coloca que atualmente a poluição sonora é, depois da poluição da água, o problema ambiental que afeta a saúde do maior número de pessoas nas cidades.

A complexidade das questões térmicas e acústicas não se limita à compreensão dos mecanismos fisiológicos do corpo humano (AUERBACH, 2007), mas também compreende questões comportamentais subjetivas em termos de expectativa, percepção e apropriação dos

ambientes externos urbanos, que podem levar a diferentes formas de adaptação, conforme colocado por Monteiro e Alucci (2012). Para possibilitar oportunidades adaptativas nos espaços abertos urbanos, é necessário que esses ambientes sejam projetados para múltiplas situações de apropriação do espaço, com adequadas soluções arquitetônico-paisagísticas. Para tanto, é preciso que se verifique não apenas as condições térmicas e acústicas desses ambientes, mas também qual o efeito cruzado dessas variáveis na sensação térmica e sonora e, conseqüentemente, na sensação de conforto ambiental.

Há uma série de trabalhos voltados para a relação entre ambiente térmico urbano e sensações térmicas e outra para as respectivas relações acústicas. Assim, tem-se diversos trabalhos específicos considerando o conforto térmico em espaços urbanos abertos (PICKUP E DE DEAR, 2000; NIKOLOPOULOU *et al.*, 2004; JENDRITZKY E DE DEAR, 2009; MONTEIRO E ALLUCI, 2011; JENDRITZKY *et al.*, 2012; LAM *et al.*, 2016; KRÜEGER *et al.*, 2017; LENZHOLZER *et al.*, 2018) e outros tantos considerando o conforto acústico nessa mesma tipologia de espaços (PEREIRA, 2003; KANG *et al.*, 2004; YANG E KANG, 2005; IRVINE *et al.*, 2009; YU E KANG, 2010; KANG E ZHANG, 2010; GOZALO *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2019).

Observa-se, inclusive, que alguns trabalhos de maior abrangência, como por exemplo os de Nikolopoulou (2004), avaliam diferentes ambiências, verificando questões térmicas, sonoras e luminosas em espaços abertos sem, contudo, correlacioná-las. Tem-se ainda trabalhos brasileiros, como o de Spignardi e Monteiro (2018), que aponta a relação entre variáveis microclimáticas e de mobilidade urbana, ou o de Monteiro (2018), que verificou a influência de alguns aspectos acústicos na percepção térmica em espaços urbanos abertos, explorando as ambiências térmica e acústica por meio de um modelo participativo de aquisição de repostas (MONTEIRO *et al.*, 2017).

Há também trabalhos internacionais de pesquisa que começam a esboçar relações mais efetivas entre aspectos acústicos e térmicos. Larriva e Higueiras (2020) colocam que os idosos podem estar em risco devido ao estresse térmico e aos altos níveis de ruído nas cidades, apontando que faltam índices térmicos e acústicos para a população urbana de idosos. Indicam que o conforto térmico em espaços abertos para adultos com mais idade em Madrid é entre 15,9 °C e 21,9 °C, apontando para alguma relação qualitativa entre a percepção térmica e acústica dos idosos. Lau e Choi (2021) colocam que a qualidade ambiental percebida tem uma influência considerável na percepção térmica, estando a sensação térmica negativamente associada à acústica. Indicam ainda que as pessoas se sentem mais confortáveis termicamente se estiverem satisfeitas com a acústica e, portanto, em um ambiente tranquilo parecem demonstrar maior tolerância e menor sensibilidade às questões térmicas.

No panorama brasileiro, Valques *et al.* (2007) levantam uma série de variáveis relacionadas ao conforto ambiental em espaços urbanos abertos, mas também não as correlacionaram, propondo um índice diretamente a partir da sensação dos usuários. Hirashima (2014) e Hirashima *et al.* (2013) analisam, com base em dados coletados em duas praças de Belo Horizonte durante o verão, a resposta dos usuários de espaços urbanos abertos com relação à percepção sonora e térmica, esta realizada com base em Hirashima *et al.* (2011) e aquela realizada com proposição relacionada aos aspectos da paisagem sonora local. Monteiro *et al.* (2014) e Novaes e Monteiro (2015) apresentam resultados que indicam que o conforto do pedestre é definido tanto pelo conforto térmico quanto pelo acústico, que parecem interferir

na percepção um do outro. No caso específico dos levantamentos realizados em São Paulo, os autores colocam que o conforto do pedestre é mais caracterizado pela ambiência térmica, sendo que o conforto acústico sofre maior influência do conforto térmico do que o inverso, indicando, principalmente, que o desconforto térmico leva à menor tolerância aos ruídos.

Considerando a interseção dos ambientes sonoro e térmico na percepção do conforto, estes conjuntos de trabalhos parecem ser os primeiros nacionais a considerar, de forma concomitante, as questões térmica e acústica em espaços urbanos abertos. A revisão da literatura científica, assim, não apontou outros estudos que focassem especificamente na interação do conforto térmico e acústico em espaços abertos urbanos com outros aspectos relacionados à percepção ambiental, ainda que vários dos autores citados, atuantes na área de pesquisa do ambiente construído, apontem para a necessidade de estudos nesse sentido.

Por outro lado, foram observados internacionalmente estudos específicos para ambientes fechados que chegam à proposição de índices, havendo algumas pesquisas que correlacionam variáveis da ambiência térmica e sonora ao conforto dos usuários. Pellerin e Candas (2003) consideram o efeito combinado da temperatura e do ruído para verificar o nível de desconforto humano. Para a realização desta pesquisa, foi utilizada câmara climatizada em que os indivíduos eram expostos a condições de frio (14 a 19 °C) ou calor (29 a 34 °C) e diferentes condições de ruído (35 a 85 dB). As conclusões do trabalho indicam que o ruído altera o conforto em condições mais quentes. Nagano e Horikoshi (2005; 2011) propõem um novo índice de conforto combinando condições ambientais de temperatura baixa (quatro valores para temperatura operativa) e ruído de trânsito (cinco níveis sonoros), simulados em uma câmara de teste configurada com a disposição de um pequeno escritório. Os dados foram tratados estatisticamente e propostas isolinhas, considerando temperaturas operativas e níveis sonoros equivalentes para leitura do índice de conforto.

Ao contrário dessas pesquisas, voltadas para ambientes fechados e realizadas de modo laboratorial (em câmaras específicas que simulam ambientes), a presente pesquisa tem como objetivo a verificação da correlação entre resultados de avaliações térmicas e acústicas, obtidos por meio de levantamentos de campo com populações heterogêneas em situações urbanas reais, na cidade de São Paulo, desenvolvendo-se uma proposição com recorte ainda não adequadamente explorado, abarcando diferentes condições ambientais, térmicas e acústicas, do meio urbano.

## **OBJETIVO**

O objetivo desta pesquisa é determinar o impacto simultâneo dos ambientes térmico e acústico na percepção térmica e sonora dos usuários de espaços urbanos abertos da cidade de São Paulo.

## **METODOLOGIA**

O método utilizado é indutivo experimental, por meio de levantamentos em campo das variáveis do ambiente térmico, do ambiente acústico e subjetivas, apoiado por método dedutivo computacional, realizando-se simulações de modelos preditivos, por meio de índices de conforto. Os resultados do estudo experimental e computacional fornecem subsídios para

verificações comparativas em termos de sensação térmica e acústica por meio de método correlativo. Os levantamentos foram realizados junto a populações heterogêneas em diferentes situações urbanas reais na cidade de São Paulo, abrangendo diferentes condições térmicas e acústicas em nove localidades em diferentes dias ao longo de cinco anos, totalizando a aplicação de aproximadamente 3400 questionários.

A Figura 1 traz a região metropolitana de São Paulo e, em destaque, a área em que foram realizados os levantamentos. A Figura 2 traz a localização das oito regiões que foram levantadas empiricamente na cidade de São Paulo.

Figura 1: Região Metropolitana de São Paulo com destaque para área dos levantamentos

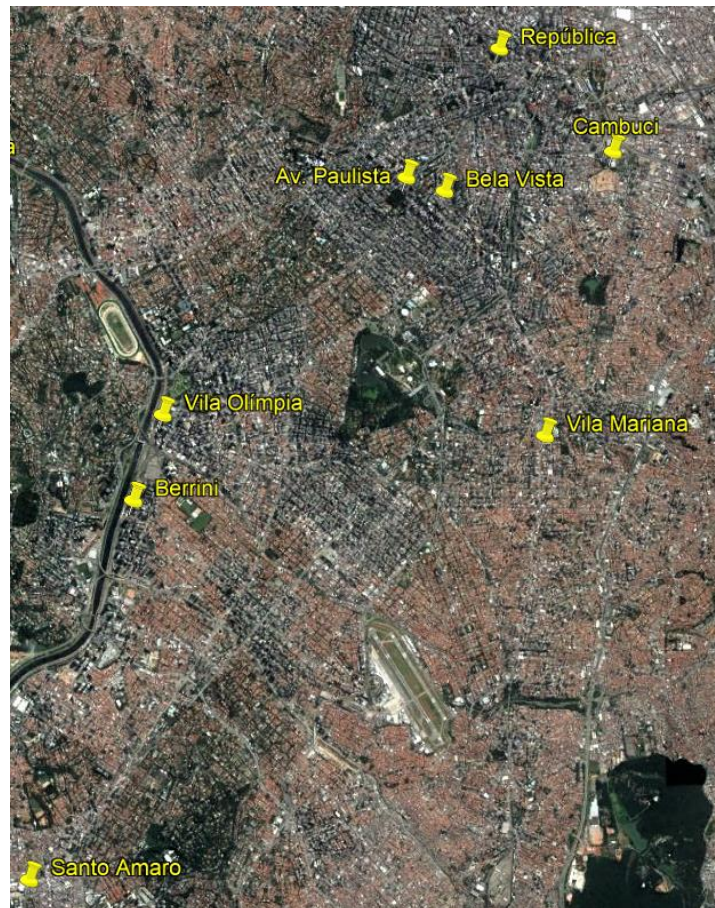


O Quadro 1 traz essas mesmas regiões levantadas empiricamente, com os ambientes tipológicos distintos levantados em cada uma, os usos predominantes e os períodos em que os levantamentos foram realizados (verão e/ou inverno).

Quadro 1: Locais levantados empiricamente na cidade de São Paulo

região	tipologia	uso predominante	levantamentos
Cambuci	calçada, em dois locais	passagem	pré-teste
Bela Vista	calçada, em dois locais	passagem	verão
Vila Mariana	calçada, em dois locais	passagem	inverno
Vila Olímpia	calçada, em três locais	passagem	verão e inverno
Berrini	calçada, em três locais	passagem	verão e inverno
Santo Amaro	calçada, em três locais	passagem	verão e inverno
Av. Paulista	calçada, em dois locais, e pátio	passagem e permanência	verão e inverno
República	calçada, em dois locais, e praça	passagem e permanência	verão e inverno

Figura 2: Regiões levantadas empiricamente na cidade de São Paulo



As variáveis ambientais consideradas nesta pesquisa foram microclimáticas e acústicas, sendo: temperatura do ar ( $t_{ar}$ ), umidade relativa ( $ur$ ), velocidade do ar ( $v_{ar}$ ), temperatura radiante média ( $t_{rm}$ ) e nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq,1 \text{ min}}$ ).

O levantamento das variáveis microclimáticas se deu de acordo com a ISO 7726 (1998), seguindo as recomendações de Monteiro e Alucci (2005). Para acústica, foram seguidas as recomendações da norma NBR 10151, da ABNT (2000), seguindo as recomendações de Hirashima *et al.* (2013).

As medições de acústica foram realizadas por meio de leituras do nível de pressão sonora ponderado pelo filtro (A), a 1,2 m do solo, em tempo de resposta rápida (*fast*), com uso de medidor de nível de pressão sonora Bruel & Kjaer 2232, tipo I, com dispositivo de proteção contra o vento. O instrumento apresenta faixa de medição de 34 a 130 dB, precisão de 0,3 dB e resolução de 0,1 dB. O nível de pressão sonora equivalente foi então calculado conforme a norma NBR 10151, da ABNT (2000), seguindo a Equação 1.

**Equação 1**  $L_{Aeq} = 10 \log [ (1/n) \sum 10^{(L_i/10)} ]$

onde:

$L_{Aeq}$  = nível de pressão sonora equivalente, em dB(A);

$L_i$  = nível de pressão sonora instantânea, em dB(A);

$n$  = número de medições instantâneas, com  $\sum$  de  $i = 1$  até  $i = n$ , com  $n=60$ .

As medições de térmica utilizaram sensores de temperatura do ar de termorresistores de platina, com faixa de leitura de 40 °C a +60 °C, resolução de 0,1 °C, precisão de ± 0,2 °C a 20 °C, ± 0,4 °C a -20 °C/ 60 °C e ± 0,5 a -40 °C e tempo de resposta de 0,15 °C/s.

Os sensores de umidade relativa são capacitivos, com faixa de leitura de 0% a 100% (sem condensação), resolução de 0,1%, precisão de ± 2% (a 20 °C, entre 0% e 90%) e ± 3% (a 20 °C, entre 90% e 100%), e tempo de resposta de 15 segundos, a 20 °C, para mudança de 90%.

O sensor de velocidade do vento é ultrassônico bidimensional, com faixa de leitura de 0 a 60,0 m/s, resolução de 0,01 m/s, precisão de ± 2%, a 12m/s, e tempo de resposta de 0,25s.

O sensor de radiação solar é de termopilha, com faixa de operação de -40 °C a +80 °C, sensibilidade de 200 a 2800 nm, irradiância máxima de 2000 W/m<sup>2</sup> e precisão de ± 2,5%, de 0 a 1000 W/m<sup>2</sup>.

Com relação à temperatura radiante média, essa foi estimada a partir de medições de temperatura de globo, tendo sido utilizados globos de 10 ou 17 cm de diâmetro, conforme o levantamento, cinza médio fosco, com emissividade de aproximadamente 0,9. Para determinação da temperatura do ar no centro do globo, foram utilizados sensores do tipo semicondutor, com faixa de leitura de -20 °C a +60 °C, resolução de 0,1 °C, precisão de ± 0,4 °C e tempo de resposta de 0,1 °C/s. Com relação ao desempenho do sistema, segundo a ISO 7726 (1998), o tempo de resposta de um termômetro de globo é de 20 a 30 minutos, dependendo das características do globo e do ambiente.

A partir da temperatura do ar e da umidade relativa, obtém-se a pressão parcial de vapor. Para o cálculo da mesma, as seguintes definições e conseqüentes formulações foram adotadas: a umidade relativa caracteriza a quantidade de vapor de água no ar em relação à máxima quantidade que pode ser mantida, em uma dada temperatura; a pressão parcial de vapor de água do ar úmido é a pressão que o vapor exerceria se sozinho ocupasse o volume ocupado pelo ar úmido na mesma temperatura; e a umidade absoluta caracteriza a quantidade de vapor de água no ar.

Desta forma, determina-se a pressão parcial de vapor a partir da umidade relativa e da temperatura do ar, conforme equações de 2 a 6.

<b>Equação 2</b>	$ur = 100 \cdot p_v / p_{v,s}$
<b>Equação 3</b>	$p_{v,s} = 0,611 \cdot \exp [17,27 \cdot t_{ar} / (t_{ar} + 237,3)]$
<b>Equação 4</b>	$p_v = [(p_{atm} / 0,622) / \omega_{ar}] + 1$
<b>Equação 5</b>	$\omega_{ar} = m_v / m_a$
<b>Equação 6</b>	$p_v = 6,11 \cdot 10^{-3} \cdot ur \cdot \exp [17,27 \cdot t_{ar} / (t_{ar} + 237,3)]$

onde:

ur = umidade relativa do ar, em %;  
p<sub>v</sub> = pressão parcial do vapor de água, em kPa;  
p<sub>v,s</sub> = pressão de saturação do vapor de água, em kPa;  
t<sub>ar</sub> = temperatura do ar, em °C;  
p<sub>atm</sub> = pressão atmosférica total, em kPa;  
ω<sub>ar</sub> = umidade absoluta, em kg de água / kg de ar seco;  
m<sub>v</sub> = massa do vapor de água, em kg;  
m<sub>ar</sub> = massa do ar seco, em kg.

Para se considerar a flutuação da velocidade do vento, determinou-se o desvio padrão da amostra, calculando-se então a intensidade da turbulência (it), em porcentagem, conforme equações 7 e 8.

**Equação 7**  $dp = [1 / (n-1)]^{1/2} \cdot \Sigma (v_{ar,i} - v_{ar})^2$

**Equação 8**  $it = 100 \cdot dp/v_{ar}$

onde:

dp = desvio padrão;

n = número de medições instantâneas, com  $\Sigma$  de  $i = 1$  até  $i = n$ ;

it = intensidade de turbulência, em %.

Para o cálculo da temperatura radiante média, realizou-se o balanço das trocas térmicas entre o globo e o ambiente em questão, considerando-se a temperatura do ar no centro do globo, a temperatura do ar e a velocidade do ar no ambiente.

Como resultado, têm-se as formulações, respectivamente para convecção natural e convecção forçada, apresentadas nas equações 9 e 10.

**Equação 9**  $t_{rm} = \{(t_g + 273)^4 + [(0,25 \cdot 10^8) / \epsilon_g] \cdot (|t_g - t_{ar}| / D)^{1/4} \cdot (t_g - t_{ar})\}^{1/4} - 273$

**Equação 10**  $t_{rm} = \{(t_g + 273)^4 + [(1,1 \cdot 10^8 \cdot v_{ar}^{0,6}) / (\epsilon_g \cdot D^{0,4})] \cdot (t_g - t_{ar})\}^{1/4} - 273$

onde:

$t_{rm}$  = temperatura radiante média, em °C;

$t_g$  = temperatura de globo, em °C;

$\epsilon_g$  = emissividade do globo, adimensional;

D = diâmetro do globo, em m;

$v_{ar}$  = velocidade do ar, em m/s.

O questionário para levantamento das respostas subjetivas de acústica foi realizado a partir de Fields *et al.* (2001), que relatam os trabalhos da Comissão Internacional para os efeitos biológicos do ruído e da ISO 15666 (2003), que especifica método para medir o incômodo causado pelo ruído por meio de pesquisas socioacústicas.

Para a parte de térmica, foi realizado a partir da adaptação dos questionários utilizados nos levantamentos empíricos de Monteiro (2008), que se baseou nos princípios estabelecidos pela norma ISO 10551 (1995), que trata especificamente de método para aquisição de respostas subjetivas relativas ao ambiente térmico.

Ressalta-se que, com relação às questões, eram alternadamente realizadas primeiro as específicas de acústica ou de térmica, para então realizar o outro conjunto de específicas e por fim as de caracterização pessoal (local de origem e tempo vivendo em São Paulo). Eram ainda anotadas, por observação, o isolamento térmico da roupa ( $I_{clo}$ ), a cor predominante (clara, média ou escura), a idade aproximada, o sexo, o tipo de atividade (sentado, parado em pé, andando, fazendo exercícios) e o horário da entrevista.

A Figura 3 apresenta os itens presentes nos questionários que são considerados neste trabalho.



Figura 3: Questionário de percepção e preferência de sensação acústica e térmica

- 
1. Neste exato momento, estar neste ambiente é:  
 confortável                       desconfortável
  2. Neste exato momento, estar neste ambiente é:  
 tolerável                               intolerável
  3. Neste exato momento, o ruído está:  
 muito baixo       baixo               pouco baixo       normal               pouco alto               alto               muito alto
  4. Neste exato momento, com relação ao ruído, eu estou:  
 confortável                       desconfortável
  5. Neste exato momento, eu preferiria que o ruído estivesse:  
 muito mais baixo       mais baixo               um pouco mais baixo       sem mudanças               um pouco mais alto               mais alto               muito mais alto
  6. Neste exato momento, com relação ao ruído, em minha opinião estar neste local é:  
 tolerável                               intolerável
  7. Neste exato momento, o ambiente está:  
 muito frio               frio                       pouco frio               neutro                       pouco quente               quente                       muito quente
  8. Neste exato momento, com relação ao frio/calor, eu estou:  
 confortável                       desconfortável
  9. Neste exato momento, eu preferiria que o ambiente estivesse:  
 muito mais frio       mais frio               um pouco mais frio       sem mudanças               um pouco mais quente               mais quente               muito mais quente
  10. Neste exato momento, com relação ao frio/calor, em minha opinião estar neste local é:  
 tolerável                               intolerável
- 

Os dados levantados foram tratados da seguinte forma. Para avaliação das condições acústicas dos ambientes, foi considerado o nível sonoro equivalente ponderado pelo filtro A ( $L_{Aeq}$ ), conforme já apresentado na Equação 1. Para avaliação das condições térmicas dos ambientes, as variáveis relativas a essa ambiência foram consideradas em conjunto por meio da temperatura equivalente percebida (TEP), proposta originalmente por Monteiro (2008), considerando especificamente dados levantados empiricamente na cidade de São Paulo, seguindo a Equação 11.

**Equação 11**                       $TEP = -3,777 + 0,4828 \cdot t_{ar} + 0,5172 \cdot t_{rm} + 0,0802 \cdot ur - 2,322 \cdot v_{ar}$

onde:

TEP = temperatura equivalente percebida, em °C;  
 $t_{ar}$  = temperatura do ar, em °C;  
 $t_{rm}$  = temperatura radiante média, em °C;  
ur = umidade relativa do ar, em %;  
 $v_{ar}$  = velocidade do ar, em m/s.

Na sequência são considerados os resultados encontrados para a percepção da ambiência acústica e térmica, realizando-se análise e discussão.

## RESULTADOS

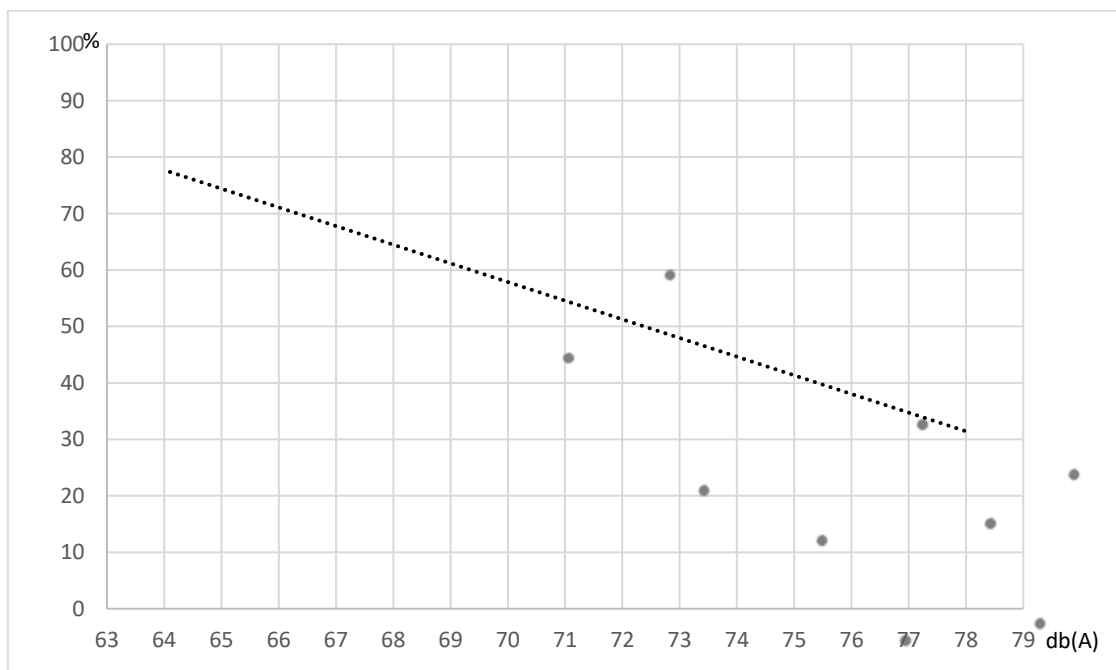
Os resultados consideram 102 situações ambientais distintas. Os levantamentos dos dois locais do Cambuci foram utilizados como pré-teste e descartados.

Foram levantados e utilizados os dados de dois locais na Bela Vista em situação de verão e outros dois na Vila Mariana em situação de inverno, cada um deles em três horários ao longo do dia (manhã, almoço e tarde), perfazendo 6 situações ambientais distintas em cada região. Em relação à Vila Olímpia, Berrini, Santo Amaro, Av. Paulista e República, foram levantados e usados dados de três locais de cada em situação de verão e inverno em três horários ao longo do dia (manhã, almoço e tarde), perfazendo 18 situações ambientais distintas em cada região.

Os horários da manhã, almoço e tarde referem-se, respectivamente, a levantamentos nos intervalos de aproximadamente 8-10h, 12-14h e 16-18h. Para cada uma das 102 situações ambientais distintas, foram aplicados em média 64,41 questionários válidos, totalizando 6.570.

A Figura 4 apresenta a relação entre o nível sonoro equivalente ponderado pelo filtro A ( $L_{Aeq}$ ) e a porcentagem de pessoas que declarou estar em conforto acústico.

Figura 4: Nível sonoro equivalente, em dB(A), e pessoas em conforto acústico, em %



A linha de tendência apresentada na Figura 4 pode ser representada pela Equação 12.

**Equação 12**       $\%CA = -3,305 L_{Aeq} + 289,22$

com  $r^2 = 0,37$ ;  $p < 0,05$

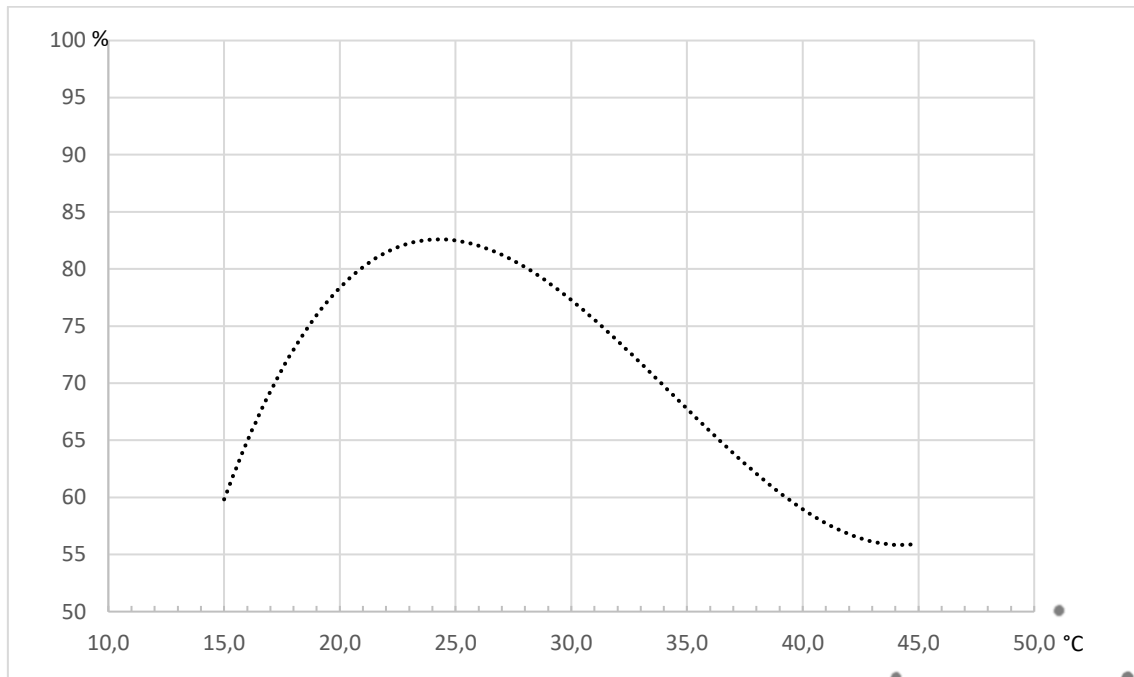
onde:

%CA = quantidade de pessoas em conforto acústico, em %;

$L_{Aeq}$  = nível sonoro equivalente, em db(A);

A Figura 5 apresenta a relação entre a temperatura equivalente percebida (TEP), calculada a partir das variáveis microclimáticas levantadas empiricamente, e a porcentagem de pessoas que declarou estar em conforto térmico.

Figura 5: Temperatura equivalente percebida (TEP), em °C, e pessoas em conforto térmico, em %



A linha de tendência apresentada na Figura 5 pode ser representada pela Equação 13.

**Equação 13**  $\%CT = 0,0067 TEP^3 - 0,6915 TEP^2 + 21,69 TEP - 132,64$

com  $r^2 = 0,75$ ;  $p < 0,05$

onde:

%CT = quantidade de pessoas em conforto térmico, em %;

TEP = temperatura equivalente percebida, em °C;

Verificando, na Figura 4, os diferentes níveis de pressão sonora equivalente, observa-se que a variação percentual de pessoas em conforto acústico para níveis sonoros próximos é considerável. Ressalta-se que os levantamentos consideraram apenas valores de níveis sonoros entre aproximadamente 64 e 78 dB(A), níveis que são comumente encontrados em espaços urbanos abertos de locais com vitalidade urbana na cidade de São Paulo. De qualquer forma, ainda que estudos com faixa de valores mais ampla sejam necessários, pode-se tecer algumas considerações acerca da tendência encontrada, que apresenta uma baixa correlação significativa linear entre a amostra de situações ambientais e as porcentagens de pessoas em conforto acústico em cada situação.

Observa-se que acima de 66 dB(A) já se tem menos de 70% de pessoas em conforto acústico, ainda que claramente muitas situações observadas com maior nível sonoro tenham propiciado porcentagens mais altas de conforto acústico, principalmente entre 80 e 90% até situações com níveis de 70 dB(A). Verifica-se também que a partir de 78 dB(A) menos de 30% das pessoas estão em conforto acústico. Aqui nota-se que a partir de 73 dB(A) já são encontradas situações em que se tem menos de 30% de pessoas em conforto acústico, contudo em torno desse nível sonoro também se verifica ocorrências entre 60 e 70%.

Observa-se, na Figura 5, que a tendência encontrada para as ambiências térmicas apresenta média/alta correlação significativa polinomial de terceiro grau. Observando os valores de TEP, verifica-se que entre 21 °C e 28 °C tem-se a tendência de se ter mais de 80% de pessoas em conforto térmico. Ressalta-se que entre o intervalo mais restrito de 23 °C e 25 °C observam-se situações específicas em que se tem diversas ocorrências de mais de 85% de pessoas em conforto térmico.

Verifica-se pela linha de tendência que não há uma distribuição normal na amostra utilizada, possivelmente explicada pelo fato de que as situações ambientais mais frias na cidade de São Paulo não causam o mesmo desconforto do que as situações ambientais mais quentes. Observa-se que para valores de TEP inferiores a 15°C, tem-se a tendência de se ter menos de 60% de pessoas em conforto térmico. A mesma porcentagem é encontrada para valores superiores a 39 °C. Observa-se ainda que a partir de 44 °C tem-se a tendência a se manter aproximadamente 55% de pessoas em conforto térmico. A partir dessas observações constata-se que, a partir da faixa de maior neutralidade, a tolerância ao frio é menor, caindo mais rapidamente a porcentagem de pessoas em conforto do que nos casos de calor, em que se tem um decaimento mais suave, ou seja, com maior tolerância a situações quentes.

Conforme se observa comparativamente, o conforto térmico considerado em função do TEP assume uma variação pequena de valores, com flutuações menores do que no caso do conforto acústico, indicando baixo desvio padrão e alto índice de correlação, conforme já verificado. Já o conforto acústico considerado em função do  $L_{Aeq}$  apresenta maiores variações, indicando desvio padrão mais alto e baixa correlação, conforme também já verificado.

Assim, pode-se afirmar que as variáveis ambientais térmicas, consideradas conjuntamente por meio do TEP, determinam melhor, quantitativamente, a predição do conforto térmico quando em comparação com o nível de pressão sonora na predição do conforto acústico. Ou seja, pode-se levantar a possibilidade de que o conforto térmico sofre menos influência de outras condicionantes ambientais, enquanto que o conforto acústico parece ser mais influenciado por outras condicionantes ou mesmo por condicionantes ambientais acústicas, de caráter qualitativo.

Esta pesquisa chegou a levantar, por meio do questionário subjetivo, quais sons eram considerados agradáveis ou desagradáveis, mas não foram verificadas correlações significativas, provavelmente porque os poucos sons agradáveis citados não contribuíam significativamente para os níveis de pressão sonora obtidos. Desta forma, entende-se que possivelmente as variações das porcentagens de pessoas em conforto acústico nos levantamentos em questão se dão devido ou à própria natureza do som incômodo, que podem levar a graus distintos de insatisfação, questão essa que não foi levantada por esta pesquisa, ou a variáveis ambientais não acústicas. De toda forma, para situações em geral, acredita-se que a grande variabilidade

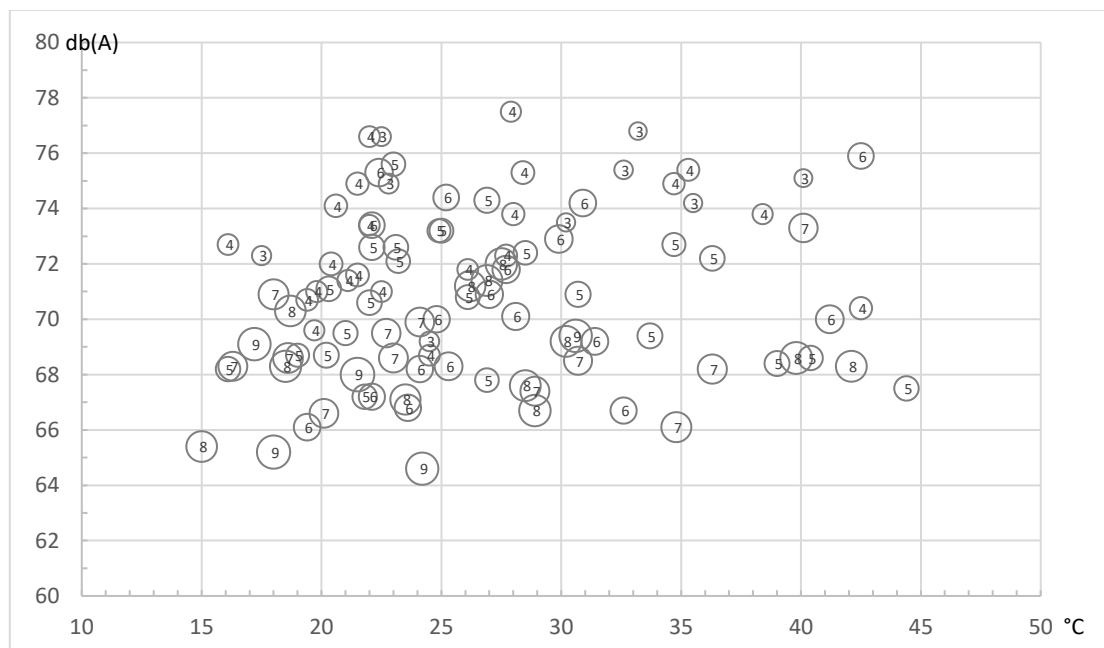
possivelmente pode ser explicada pelo fato de que não basta o nível sonoro para identificar o desconforto acústico, sendo necessária uma adequada qualificação do som para se obter melhores correlações.

Na sequência, será verificada a influência cruzada da ambiência acústica e térmica no conforto das pessoas, considerando-se as relações conjuntas de TEP e  $L_{Aeq}$  com as porcentagens de pessoas que declarou estar em conforto térmico, acústico e com o ambiente todo.

As figuras 6 a 8 apresentam o nível de pressão sonora ( $L_{Aeq}$ ) em função da temperatura equivalente percebida (TEP). As diversas combinações de situações ambientais acústicas e térmicas levantadas podem assim ser determinadas pela dispersão dos pontos encontrados e a quantidade de pessoas em conforto é determinada pelo raio do círculo com centro em cada ponto, sendo que raios maiores indicam maiores quantidades. Ressalta-se que a distribuição nos três casos é a mesma, o que varia é a quantidade de pessoas de acordo com o critério adotado.

Os números em cada círculo apontam para a quantidade de pessoas, a cada 10, que estariam em conforto naquela situação termoacústica. Assim, a escala de 0 a 10 dá a magnitude do conforto, onde 0 equivale a 0% de pessoas em conforto e 10 equivale a 100%. A Figura 6 traz os valores de conforto acústico, a Figura 7, de conforto térmico e a Figura 8 de conforto com o ambiente como um todo.

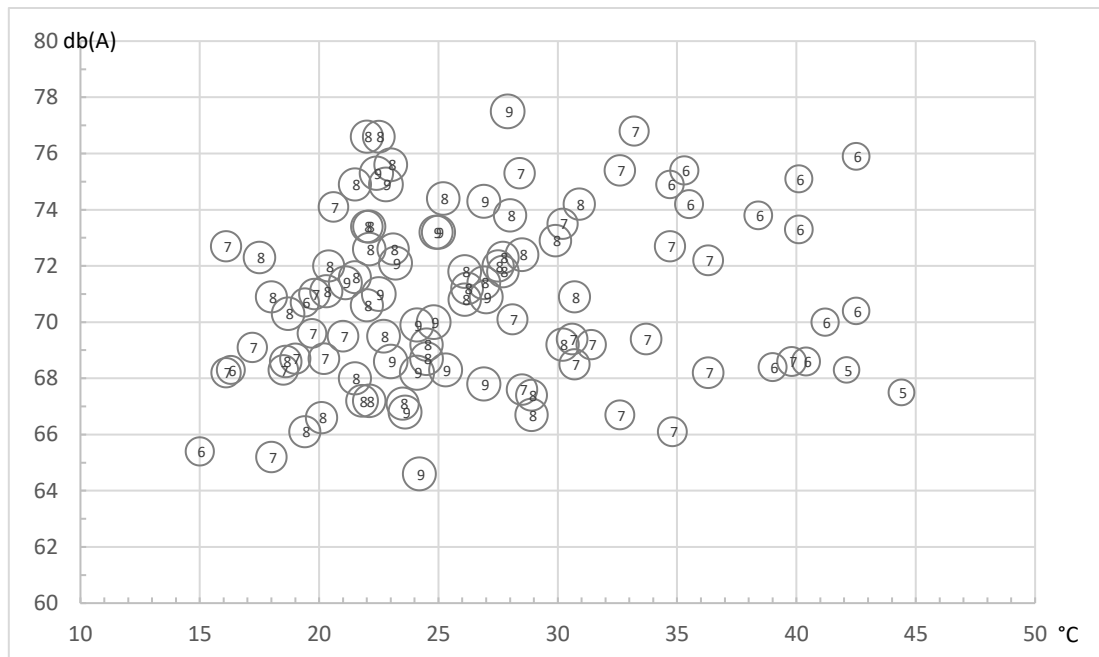
Figura 6:  $L_{Aeq}$ , em dB(A), em função de TEP, em °C; pessoas em conforto acústico/10



Observando a Figura 6, que mostra a porcentagem de pessoas em conforto acústico para as diversas situações termoacústicas levantadas, verifica-se que, de modo geral, as maiores porcentagens se encontram não apenas em valores mais baixos de nível de pressão sonora equivalente, mas também principalmente em valores mais baixos de temperatura equivalente percebida. Pode-se depreender que possivelmente valores mais altos de TEP levem a uma menor tolerância com níveis sonoros mais altos. Essa questão deve ser verificada mais atentamente, mas se for confirmada, poderia indicar a possibilidade de interferência da percepção da ambiência térmica na percepção da ambiência acústica. Neste trabalho não se

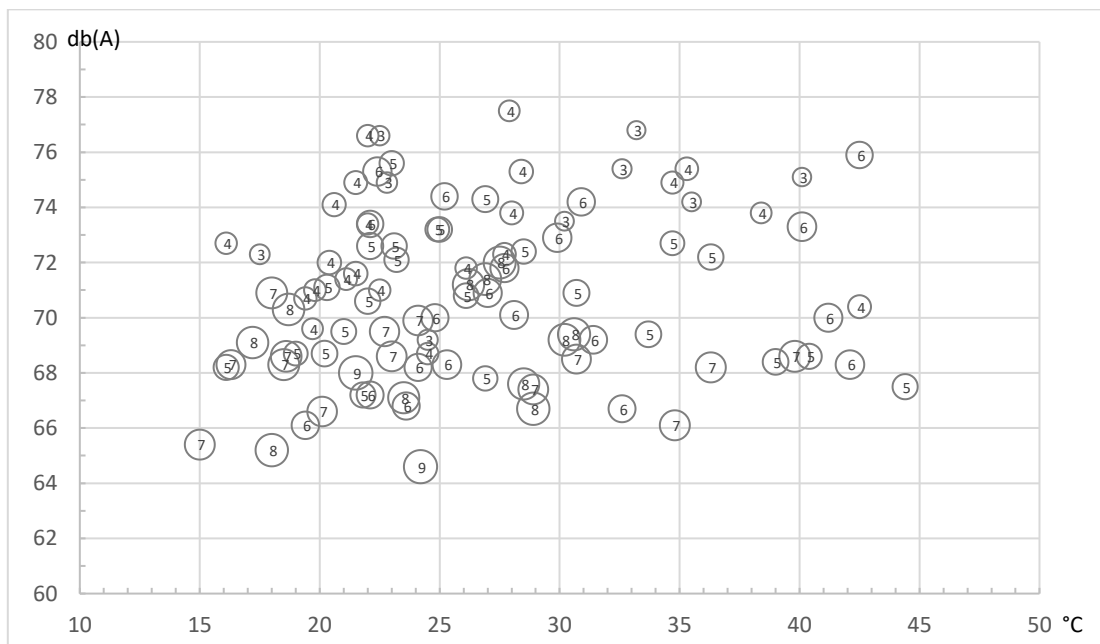
conseguiu estabelecer correlação nesse sentido, dado que, conforme observado em relação à Figura 4, há grande dispersão dos pontos para o caso do ambiente acústico.

Figura 7:  $L_{Aeq}$ , em dB(A), em função de TEP, em °C; pessoas em conforto térmico/10



A Figura 7 traz a porcentagem de pessoas em conforto térmico, para as mesmas situações termoacústicas levantadas, onde observa-se que valores mais altos de níveis de pressão sonora parecem não impactar na porcentagem de pessoas em conforto térmico, conforme pode-se depreender pelos resultados de conforto térmico na distribuição das situações levantadas. Dessa forma, pode-se afirmar que a percepção da ambiência acústica possivelmente não interfere significativamente na percepção da ambiência térmica.

Figura 8:  $L_{Aeq}$ , em dB(A), em função de TEP, em °C; pessoas em conforto/10



Para se reconsiderar em conjunto as observações feitas em relação às figuras 6 e 7, a Figura 8 traz novamente o nível de pressão sonora em função da temperatura equivalente percebida, mas agora apresentando a porcentagem de pessoas simultaneamente em conforto acústico e térmico, considerando-se assim, dentro dos limites desta pesquisa, o conforto com o ambiente como um todo.

Verifica-se, na Figura 8, que quando são mais altos os valores de temperatura equivalente percebida, tem-se uma tendência geral para a diminuição da quantidade de pessoas em conforto ambiental como um todo. Já valores mais altos de nível de pressão sonora equivalente levam a porcentagens mais baixas de pessoas em conforto ambiental, mas não de maneira tão acentuada. Assim, fica evidenciado que a ambiência térmica acaba por ter um peso maior na percepção do conforto ambiental como um todo do que a ambiência acústica, com esta apresentando uma tendência de porcentagens de conforto acústico consideravelmente menores do que aquela em relação a tendência de porcentagens de conforto térmico, conforme pode ser observado nas Figuras 4 e 5.

O conforto acústico parece, portanto, sofrer uma maior influência do conforto térmico, mas principalmente em relação às situações mais quentes, não se verificando a mesma magnitude em situações mais frias. Ao mesmo tempo entre 21 °C e 28 °C, faixa com mais de 80% de pessoas em conforto térmico, há uma tendência de se ter também conforto acústico. O mesmo não ocorre inversamente, uma vez que observando níveis sonoros abaixo de 68 dB (A), que proporcionam 70% de pessoas em conforto acústico, não se verifica influência aparente na quantidade de pessoas em conforto térmico. Assim, o impacto do conforto acústico sobre o conforto térmico parece não ser relevante. De modo qualitativo, esse fato talvez possa ser explicado pelo caráter conformista que parte significativa da população paulistana assume perante o intenso ruído urbano, considerando-o como algo inerente e integrante do seu cotidiano nos espaços urbanos abertos.

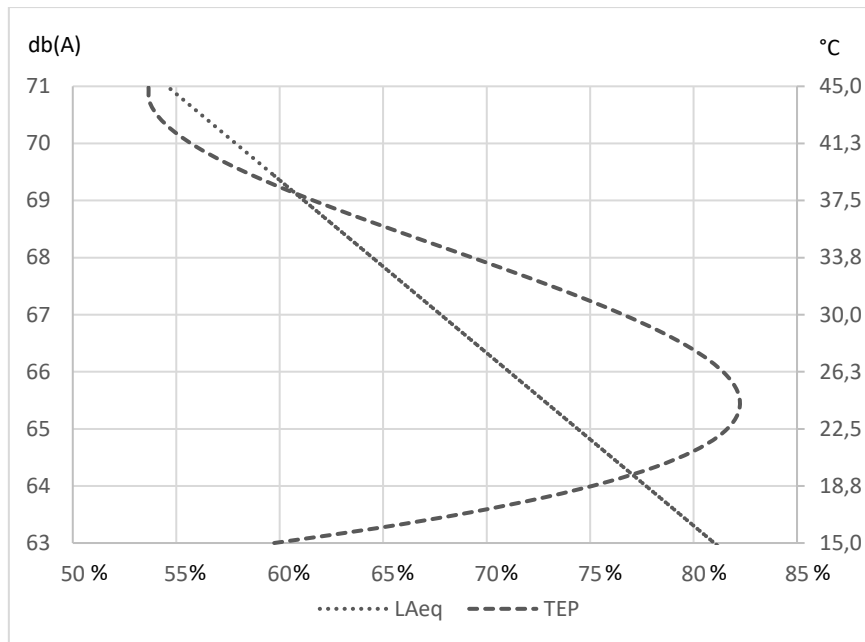
Por fim, apresenta-se uma síntese dos resultados na Tabela 1 e na Figura 9. Na referida tabela apresenta-se um resumo dos valores de temperatura equivalente percebida (TEP) e nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) que indicam as porcentagens de pessoas simultaneamente em conforto térmico e acústico, obtidos a partir das equações 12 e 13. Assim, as relações foram estabelecidas em termos de faixas de intervalos das duas primeiras variáveis em relação às porcentagens da terceira variável, de modo que se possa verificar as situações de conforto termoacústico de forma integrada.

**Tabela 1: Intervalos de TEP e  $L_{Aeq}$  para quantidade de pessoas em conforto, em %**

TEP	$L_{Aeq}$	conforto
15,0 ~ 17,0 °C	≤ 69 db(A)	≥ 60%
17,0 ~ 21,0 °C	≤ 66 db(A)	≥ 70%
21,0 ~ 28,0 °C	≤ 63 db(A)	≥ 80%
28,0 ~ 33,5 °C	≤ 66 db(A)	≥ 70%
33,5 ~ 38,5 °C	≤ 69 db(A)	≥ 60%
38,5 ~ 45,0 °C	≤ 72 db(A)	≥ 50%

A Figura 9 apresenta os dados da Tabela 1 permitindo a leitura dos valores de temperatura equivalente percebida (TEP) e nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) para qualquer porcentagem de pessoas simultaneamente em conforto térmico e acústico.

Figura 9:  $L_{Aeq}$ , em dB(A), e TEP, em °C; em função da porcentagem de pessoas em conforto



Em suma, na Tabela 1 e na Figura 9, tem-se os valores TEP e  $L_{Aeq}$  que proporcionam diferentes porcentagens de pessoas em conforto, resumindo os resultados encontrados para espaços urbanos abertos da cidade de São Paulo, em função da alteração conjunta dos valores dessas variáveis.

## CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve por objetivo determinar o impacto simultâneo dos ambientes térmico e acústico na percepção térmica e sonora dos usuários de espaços urbanos abertos da cidade de São Paulo.

Foram verificadas as relações entre o nível sonoro equivalente e a porcentagem de pessoas em conforto acústico e entre a temperatura equivalente percebida e a porcentagem de pessoas em conforto térmico, gerando duas equações preditivas com base nas tendências verificadas. A correlação para a ambiência térmica foi consideravelmente mais alta do que para a ambiência acústica. Observou-se que, em termos de tendência, as porcentagens de conforto acústico são menores (35~75%) do que as de conforto térmico (55~82%). Os resultados apontam maior tolerância às situações ambientais quentes do que às frias. Apontam ainda para uma maior influência do conforto térmico no acústico do que do acústico no térmico. Isso ocorre especialmente nas situações ambientais mais quentes, quando se tem mais desconforto



acústico mesmo com níveis sonoros mais baixos. Os melhores resultados, em termos de conforto termoacústico, apontam para situações ambientais com, simultaneamente, faixa de temperatura equivalente percebida de 21 a 28 °C e nível sonoro equivalente inferior a 63 db(A), proporcionando mais de 80% de pessoas em conforto.

Conforme se verifica, foi possível determinar o impacto simultâneo dos ambientes térmico e acústico na percepção térmica e sonora, possibilitando-se indicar, com base nos resultados encontrados, os valores de temperatura equivalente percebida e de nível sonoro equivalente para melhores condições de conforto dos usuários de espaços urbanos abertos da cidade de São Paulo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro à pesquisa e pela bolsa de produtividade em pesquisa. A todos os pesquisadores do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) que participaram dos levantamentos empíricos.

## REFERÊNCIAS

- AUERBACH, P. S. Thermoregulation: Important modifications of thermoregulatory responses. In: **Wilderness Medicine**. 5th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2007.
- BAQUERO, M. T.; HIGUERAS, E. L. Health risk for older adults in Madrid, by outdoor thermal and acoustic comfort. **Urban Climate**, 34, 2020, 100724.
- BLAZEJCZYK, K. Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CLIMATE, TOURISM AND RECREATION, 1, 2001, Halkidiki, Greece. **Proceedings...** Halkidiki, International Society of Biometeorology, p. 133-152, 2001.
- FIELDS, J. M.; DE JONG, R. G.; GJESTLAND, T.; FLINDELL, I. H.; JOB, R. S.; KURRA, S.; LERCHER, P.; VALLET, M.; YANO, T.; GUSKI, R.; FELSCHER-SUHR, U.; SCHUMER, R. Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. **Journal of Sound and Vibration**, 242, 4, p. 641-679, 2001.
- GOZALO, G.R. ; MIGUEL, J. ; MORILLAS, B.; MONTES, D.; ATANASIO P. Relationships among satisfaction, noise perception, and use of urban green spaces. **Science of the Total Environment**, 624, 2018, pp. 438-450.
- HIRASHIMA, S. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte - MG, Brasil**. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2014.
- HIRASHIMA, S.; ALUCCI, M. P.; MONTEIRO, L. M. Percepção sonora e térmica em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte - MG. In: ENCAC/ELACAC 2013 - XII ENCONTRO NACIONAL / VIII ENCONTRO LATINO-AMERICANO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: ANTAC, 2013.
- HIRASHIMA, S.; ASSIS, E. S.; FERREIRA, D. G. Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG. In: XI ENCONTRO NACIONAL / VII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Búzios, 2011.
- HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. **Energy and Building**, 34, 6, 2002, pp. 661-665.

- IPCC (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021**
- IRVINE, K.N. ; DEVINE-WRIGHT, P. ; PAYNE, S.R. ; FULLER, R.A.; PAINTER, B.; GASTON, K.J. Green space, soundscape and urban sustainability: an interdisciplinary, empirical study. **Local Environment**, 14, 2009, pp. 155-172.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION). ISO 10551. **Ergonomics of the thermal environment: assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales**. Geneva: ISO, 1995.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION). ISO 15666. **Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys**. Geneva: ISO, 2003.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION). ISO 7726. **Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities**. Geneva: ISO, 1998.
- JENDRITZKY, G.; DE DEAR, R. Adaptation and Thermal Environment. In: EBI, K. L.; BURTON, I.; MCGREGOR, G. (eds). **Biometeorology for Adaptation to Climate Variability and Change**. Springer, 2009.
- JENDRITZKY, G.; DE DEAR, R.; HAVENITH, G. UTCI - why another thermal index? **International Journal of Biometeorology**, 56, 3, p. 421-428, 2012.
- KANG, J.; ZHANG, M. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. **Building and Environment**, 45, 1, p. 150-157, 2010.
- KANG, J; YANG, W.; ZHANG, M. Sound environment and acoustic comfort in urban spaces. In: NIKOLOPOULOU; M. **Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach**. Atenas: CRES, 2004.
- KRÜGER, E.L.; TAMURA, C.A.; BRÖDE, P.; SCHWEIKER, M.; WAGNER, A. Short- and long-term acclimatization in outdoor spaces: exposure time, seasonal and heatwave adaptation effects. **Building and Environment**, 116, 2017, pp. 17-29.
- LAM, C.; LOUGHNAN, M.; TAPPER, N. Visitors' perception of thermal comfort during extreme heat events at the Royal Botanic Garden, Melbourne. **International Journal of Biometeorology**, 62, 2016, pp. 97-112.
- LAU, K. K.; CHOI, C. Y. The influence of perceived aesthetic and acoustic quality on outdoor thermal comfort in urban environment. **Building and Environment**, 206, 2021, 108333.
- LENZHOLZER, S.; KLEMM, W.; VASILIKOU, C. Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces. **Urban Climate**, 23, 2018, pp. 231-249.
- LIU, J.; WANG, Y.; ZIMMER, C.; KANG, J.; YU, T. Factors associated with soundscape experiences in urban green spaces : a case study in Rostock, Germany. **Urban Forestry & Urban Greening**, 37, 2019, pp. 135-146
- MONTEIRO, L. M. **Conforto térmico em espaços urbanos abertos: verificações modelares como aportes à exploração de abordagens**. 520p. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos**. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, SP, 2008.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelo adaptativo de conforto para avaliação in loco de espaços urbanos abertos. **Ambiente Construído** (Online), 12, p. 61-79, 2012.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Procedimentos para quantificação de variáveis para análise termofisiológica em espaços abertos. In: VIII ENCONTRO NACIONAL / IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió. **Anais...** ANTAC, 2005.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Proposal of an outdoor thermal comfort index: empirical verification in the subtropical climate. In: PLEA 2011 - THE 27TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2011, Louvain-la-Neuve. **Proceedings...** Louvain-la-Neuve: PLEA, 2011. 1. p. 462.
- MONTEIRO, L. M.; NOVAES, G.; IWAI, D. N. Avaliação empírico-preditiva em espaços urbanos: correlações entre sensação térmica e sonora. In: ENTAC 2014 - XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014.
- MONTEIRO, L. M.; OKAMOTO, J.; PRATA-SHIMOMURA, A. P. Assessment of outdoor comfort conditions based on the application of a participative model in open urban spaces. In: SSUC SYMPOSIUM, São Paulo, 2017. **Proceedings...** São Paulo, 2017.

- NAGANO, K.; HORIKOSHI, T. Development of outdoor thermal index indicating universal and separate effects on human thermal comfort. **International Journal of Biometeorology**, 55, 2, p. 19-227, 2011.
- NAGANO, K.; HORIKOSHI, T. New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. **Energy and Buildings**, 37, p. 287-294, 2005.
- NIKOLOPOULOU, M. (org). **Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach**. Atenas: CRES, 2004.
- NIKOLOPOULOU, M.; LYKODIS S.; KIKIRA, M. Thermal comfort models for open urban spaces. In: NIKOLOPOULOU, M. **Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach**. CRES, 2004.
- NOVAES, G.; MONTEIRO, L. M. Estresse e conforto urbano em São Paulo. In: XIII ENCONTRO NACIONAL / IX ENCONTRO LATINO-AMERICANO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2015, Campinas. **Anais...** Campinas, 2015.
- PELLERIN, N.; CANDAS, V. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. **Physiology & Behavior**, 78, p. 99-106, 2003.
- PEREIRA, M. Percepção Sonora no espaço público: indicadores de tolerância ao ruído na cidade do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC- COTEDI, Curitiba, 2003, **Anais...** Curitiba, ENCAC 2003.
- PICKUP, J.; DE DEAR, R. An outdoor thermal comfort index (OUT-SET\*). Part I: the model and its assumptions. In: DE DEAR, R.; KALMA, J.; OKE, T.; AULICIEMS, A. (eds). **Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium**. Geneva, WMO/WCASP, 50, p. 279-283, 2000.
- SPIGNARDI, M. C. M.; MONTEIRO, L. M. A influência das variáveis microclimáticas na decisão pelo uso da bicicleta em centros urbanos: uma revisão bibliográfica. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, no prelo, 2018.
- VALQUES, I.; LISOT, A.; TAMANINI, C.; SOARES, P. O estresse urbano no conforto ambiental. In: VIII ENCONTRO NACIONAL / V ENCONTRO LATINO-AMERICANO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. **Anais...** ANTAC, Ouro Preto, 2007.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Environmental Noise Guidelines for the European Region**. 2018. Disponível em: <[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf)>. Acesso em 31/03/21.
- YANG, W.; KANG J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. **Applied Acoustics**, 66, p. 211-229, 2005.
- YU, L.; KANG, J. Factors influencing the sound preference in urban open spaces. **Applied Acoustics**, 71, 7, p. 622-633, 2010.