

# Impactos do uso de climatização artificial na percepção térmica em espaços abertos no centro do Rio de Janeiro

*Impacts of air conditioning use on thermal perception in open spaces in downtown Rio de Janeiro*

Eduardo Leite Krüger  
Patricia Regina Chaves Drach

## Resumo

**E**studos de percepção térmica em espaços abertos são fundamentais para um planejamento urbano climaticamente orientado. O presente artigo investiga a percepção térmica de usuários de espaços abertos no Centro da cidade do Rio de Janeiro, com o objetivo de analisar o impacto do uso prolongado de ar-condicionado nos votos de sensação e preferência térmicas. As respostas obtidas por meio de entrevistas estruturadas são comparadas a índices de conforto em espaços abertos (PET e UTCI), agrupando-se as respostas segundo a utilização ou não de climatização artificial, conforme reportado pelos entrevistados. As campanhas de monitoramento foram realizadas em períodos de verão entre 2012 e 2015. A organização semiexperimental da pesquisa envolveu a permanência dos equipamentos e pesquisadores em um único ponto por campanha, durante o período de 10 às 15 horas. Uma estação meteorológica Davis Vantage Pro2 foi utilizada para a coleta de dados concomitantemente à aplicação de questionários estruturados segundo a ISO 10551, aos quais incluíram-se questões acerca do uso de ar-condicionado no local de trabalho e no ambiente doméstico. Dos resultados obtidos, notou-se que o uso frequente de ar-condicionado impacta a percepção térmica dos usuários, e influencia na definição de limites de conforto em espaços abertos, para os índices PET e UTCI avaliados.

**Palavras-chave:** Clima urbano. Histórico térmico. Percepção térmica em espaços abertos. Índices de conforto térmico. Uso de climatização artificial.

## Abstract

*Studies on thermal perception in outdoor spaces are crucial for climate-responsive urban planning. This paper evaluates the thermal perception of users in outdoor spaces in downtown Rio de Janeiro, with the aim of analysing the impact of long-term use of air-conditioning on thermal sensation and thermal preference votes. Thermal votes from structured interviews are compared to standard thermal indices for outdoor spaces (PET and UTCI), by grouping responses in terms of reported air-conditioning usage. The monitoring campaigns were carried out during summer periods between 2012 and 2015. The semi-experimental set-up involved the permanence of equipment and researchers at a single point per campaign during a period of time spanning 10am to 3pm. A Davis Vantage Pro2 weather station was used for monitoring along with the administration of standard comfort questionnaires as in ISO 10551, with additional questions as regards air-conditioning usage at work and/or at home. Results suggest that the frequent usage of air-conditioning affects thermal perception and is a confounding factor in the definition of comfort limits for the evaluated indices PET and UTCI.*

**Keywords:** Urban climate. Thermal history. Thermal perception in outdoor spaces. Thermal comfort indices. Air-conditioning use.

Eduardo Leite Krüger  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Curitiba - PR - Brasil

Patricia Regina Chaves Drach  
Universidade Federal do Rio de  
Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Recebido em 13/04/15  
Aceito em 26/07/15

## Introdução

Os centros urbanos no Brasil, em sua maior parte caracterizados pela presença de clima tropical-úmido, apresentam grandes concentrações de edifícios com superfícies absorvedoras da radiação solar, o que facilita o surgimento, juntamente com a poluição, das ilhas de calor, perceptíveis principalmente à noite, quando os materiais construtivos dos edifícios dissipam o calor armazenado durante o dia. A formação desses verdadeiros “bolsões” de calor tem reflexos negativos, que vão desde o desconforto ambiental ao aumento do consumo de energia em climatização artificial, com decorrentes custos financeiros e ambientais. Nesse contexto, a energia térmica vertida para o espaço externo pelo equipamento de climatização retroalimenta o fenômeno, produzindo, por sua vez, maior consumo de energia elétrica.

O interesse teórico e prático nesse assunto vem da necessidade de definir quais estratégias de desenho urbano climaticamente orientado devem ser almejadas para uma região específica, de forma a mitigar o aumento da temperatura no meio urbano. Para tanto, a partir de dados medidos, é fundamental o entendimento de quais configurações urbanas, associadas às respostas dos usuários dos espaços acerca da sensação térmica e de seus hábitos em relação ao uso de climatização artificial, poderiam ser responsáveis por maior ou menor grau de conforto. Estudos realizados para a cidade do Rio de Janeiro vêm apontando a possibilidade de interferir na sensação térmica dos usuários dos espaços abertos, através de alterações na morfologia urbana, tais como a modificação da forma, da posição, dos materiais etc. (BARBOSA; DRACH; CORBELLA, 2010a, 2010b; DRACH; CORBELLA, 2010). Assim, a introdução ou retirada de elementos do meio urbano e a troca de materiais de cobertura podem ser intervenções passíveis de minimizar o problema do sobreaquecimento urbano.

Nesse contexto, a determinação de zonas de conforto a partir de dados de percepção térmica de usuários de espaços abertos é uma tarefa que envolve tanto aspectos fisiológicos da sensação térmica quanto fatores psicológicos e subjetivos, os quais desafiam o pesquisador na definição de limites de estresse térmico. Um aspecto que traz complexidade a essa definição é o histórico térmico dos indivíduos aos quais são aplicados os questionários de percepção térmica. Um artigo seminal nesse sentido mostra a influência do histórico térmico em grupos de indivíduos que frequentavam ambientes climatizados ou ambientes naturalmente ventilados em situação de

calor na Tailândia (BUSCH, 1992). As diferenças observadas no limite superior de conforto, expresso em termos de temperatura do ar, chegaram a 3 °C entre ambos os grupos, com os indivíduos sujeitos à climatização artificial mostrando menor tolerância ao calor.

Embora haja tendência contrária à proliferação de equipamentos de climatização artificial, notadamente nos esforços por uma abordagem adaptativa na área de conforto, uma vez instaurado o mercado e criada a necessidade de climatizar ambientes por razões as mais diversas, torna-se um grande desafio convencer o usuário a abdicar de níveis elevados de “conforto” proporcionados pela climatização. Cândido *et al.* (2010) se referem, nesse contexto, ao usuário viciado por ambientes termicamente estáticos e ressaltam a importância de se analisar seu histórico térmico em estudos de conforto.

Chun *et al.* (2008) utilizaram-se de câmara climática para avaliar a percepção térmica de indivíduos (n=52) com diferentes históricos térmicos num horizonte de 24 h anteriores ao experimento. Tais autores advertem para a importância crítica de se conhecer o histórico térmico na situação típica avaliada em estudos de conforto térmico. Em estudos de campo em ambientes externos, por exemplo, consideram-se as respostas térmicas de indivíduos em determinado momento específico no tempo, no qual são monitoradas condições ambientais no ponto selecionado, em geral sem se terem informações quanto a seu histórico térmico. Na consideração do histórico térmico dos participantes, Chun *et al.* verificaram, para idênticas condições experimentais, haver diferença na percepção térmica do grupo anteriormente exposto ao uso doméstico de ar-condicionado em relação ao grupo que não tinha acesso a ar-condicionado, com leve aumento no voto de sensação térmica para o primeiro grupo.

Similarmente ao estudo de Chun *et al.* (2008), Cândido *et al.* (2010) compararam dois grupos de indivíduos (n=975) com diferentes históricos térmicos. Nesse estudo, o local do experimento foi um ambiente interno naturalmente ventilado. Observaram que, enquanto os votos de sensação térmica não diferiam significativamente, os votos de preferência mostraram notáveis diferenças: o grupo cujo histórico térmico vinha de ambiente climatizado teve maior concentração de votos pelo resfriamento do ambiente quando a temperatura operativa era superior a 27,5 °C, enquanto o grupo de pessoas que vinha de ambientes de trabalho sem climatização artificial mantinha com maior

frequência seu voto pela manutenção das condições térmicas. Como explicação para esses resultados, os autores sugerem menor tolerância e menor adaptabilidade de pessoas que usualmente frequentam ambientes climatizados a ambientes termicamente transientes.

Chun *et al.* (2008), Cândido *et al.* (2010) e Fadeyi (2014) realizaram pesquisas independentes com grupos de indivíduos os quais apresentavam diferentes históricos térmicos. Tais autores apontaram para menor tolerância ao calor de pessoas que usualmente frequentam ambientes climatizados. Em ambientes internos climatizados, tal redução na tolerância térmica é paga com maior consumo de energia em climatização. Por outro lado, em espaços externos, a consequência é o aumento do estresse térmico por calor no verão, acarretando aumento na pressão por parte de usuários dos espaços externos por projetos urbanísticos de mitigação do calor.

Tendo como foco a análise da relação entre o histórico térmico dos entrevistados e sua percepção térmica (votos de sensação térmica), o presente trabalho faz parte de uma pesquisa mais abrangente, que envolve o estudo do conforto térmico em espaços abertos na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados apresentados provêm de uma pesquisa de campo realizada em ruas para pedestres (ou de uso restrito de veículos automotores) do Centro do Rio de Janeiro, com foco na percepção térmica de usuários desses espaços. Os pontos selecionados para coleta de dados foram visitados individualmente em cada campanha, e os equipamentos e pesquisadores permaneceram no local por intervalo de 5 h, durante o qual foram aplicadas entrevistas estruturadas de acordo com a ISO 10551 (INTERNATIONAL..., 1995), o que resultou em uma amostra total de 1.328 entrevistados, incluindo um período de inverno. Neste artigo, porém, são analisados apenas os dados de verão, com 985 respostas. A escolha dos dias para cada campanha de monitoramento deu-se pela previsão do tempo; no caso, previsão de dias de céu claro sem chuvas.

O objetivo deste artigo é quantificar a influência, quando existente, da exposição prévia a ambientes condicionados artificialmente na sensação térmica conforme reportada por usuários de espaços abertos, assim como seu impacto na definição de limites de conforto para os índices PET e UTCI avaliados para a cidade do Rio de Janeiro.

## Método

A metodologia da pesquisa envolve uma pesquisa de campo quanto à sensação e preferência térmicas

de usuários de espaços abertos, com concomitante coleta de dados meteorológicos. Pode-se, sucintamente, dividi-la em quatro etapas principais:

(a) definição dos pontos fixos de medição no Centro da cidade do Rio de Janeiro: critérios de seleção dos pontos, avaliação *in situ* de cada ponto, coleta de imagens com objetiva *Fisheye* (SIGMA 4.5 mm f 2.8 EX), processamento das imagens para cálculo de fator de visão do céu (FVC) e da trajetória solar (as análises do efeito do ponto de monitoramento, do FVC e da trajetória solar não são contempladas no presente trabalho);

(b) pesquisa de campo com medição de dados meteorológicos utilizando uma miniestação meteorológica e aplicação simultânea de questionário acerca da percepção térmica (sensação e preferência). As campanhas de coleta de dados envolvem a permanência dos equipamentos em cada ponto de monitoramento por campanha de medição durante o período das 10h às 15h, após a estabilização dos sensores utilizados (em geral, 15 min antes do início de aplicação dos questionários). Observou-se a hora local (horário de verão, quando fosse o caso);

(c) análises da relação entre sensação térmica declarada (voto de sensação térmica) e uso reportado de ar-condicionado em situação casa e/ou trabalho; e

(d) comparação entre sensação térmica declarada (voto de sensação térmica) e resultados de modelos de conforto térmico (PET e UTCI) no espaço aberto para subgrupos que reportaram utilizar ou não equipamentos de ar-condicionado em situação casa e/ou trabalho.

O levantamento de dados foi realizado a partir de questionários estruturados de acordo com a ISO 10551 (INTERNATIONAL..., 1995) acerca da percepção térmica ao ar livre, administrados à população local. A população de estudo foi definida como sendo aquela que trabalha e circula no Centro da cidade do Rio de Janeiro e reside na área do Grande Rio e Grande Niterói, dadas as semelhanças climáticas das duas regiões. Os questionários foram aplicados concomitantemente às medições microclimáticas em áreas de pedestre (utilização de estação meteorológica completa Davis Vantage Pro2, acrescida de um termômetro de globo, para o cálculo da temperatura radiante média, segundo procedimento e equacionamento constantes da norma ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998), para convecção forçada). Para transporte e fixação da estação meteorológica durante a coleta de dados foi utilizado um suporte para os equipamentos, o qual

garantiu uma altura padronizada para as medições a cada ponto, conforme tratado mais adiante.

A análise dos dados se utiliza de estatística descritiva, análise de regressão e correlacional. As diferenças entre séries de dados foram verificadas adicionalmente quanto o seu significado estatístico por meio dos testes F e t.

### Área de estudo e locação dos pontos de medição

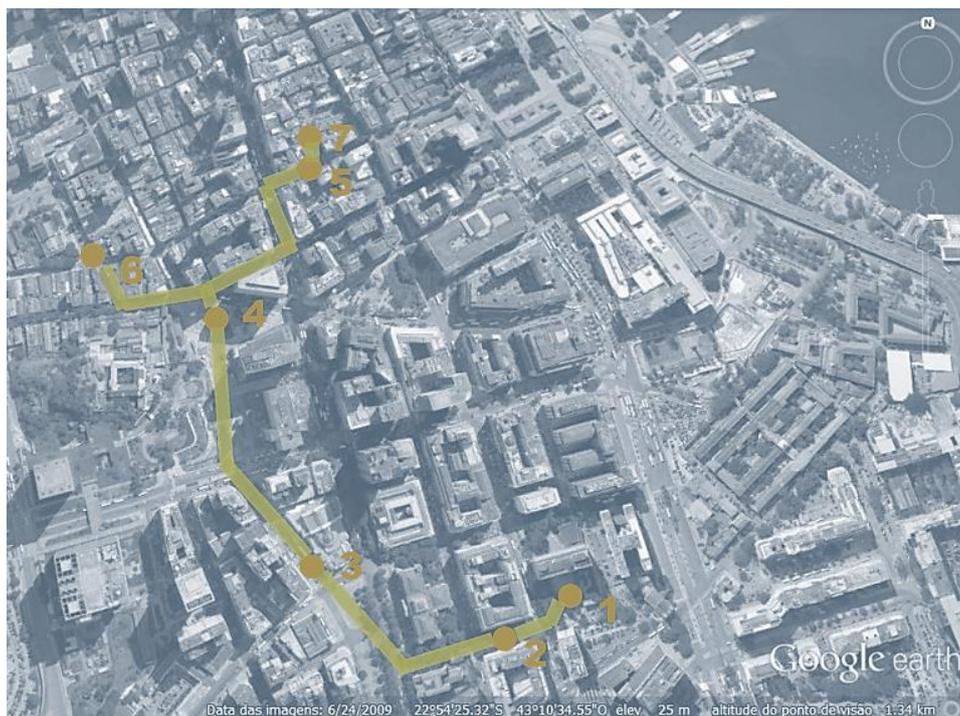
De acordo com a classificação de Koeppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), a cidade do Rio de Janeiro (22° 54' 10" S, 43° 12' 27" W) é caracterizada por um clima tropical com chuvas de verão (Aw). O bairro do Centro possui uma área total de 572,31 ha (em 2003) e uma população total de 41.142 (censo de 2010), segundo dados do IBGE (INSTITUTO..., 2016) e é limitado pelos bairros de Catumbi, Cidade Nova, Estácio, Gamboa, Glória, Praça da Bandeira, Santo Cristo e Saúde.

Apesar de uma pequena população residente, se comparada a outros bairros da cidade, a região se caracteriza por ter grande população diurna, envolvida com as atividades de negócios e comércio, e, ainda, por apresentar grande quantidade de pessoas que circulam pela região, de passagem para outros bairros. Para uma amostra de pessoas de tamanho considerável (no Rio de Janeiro, cerca de 16 milhões de residentes, em 2010, segundo dados do IBGE), considerando um erro amostral de 5% e um nível de confiança de 95%, chega-se a um total de 400 pessoas. Almejou-se a coleta de uma amostra superior a esse número no total, porém distribuída em pontos físicos diversos e ao longo de campanhas de monitoramento em dias e condições de tempo diferenciados.

Todos os pontos selecionados, nos quais foram efetuadas as medições e entrevistas a transeuntes, se localizam em ruas de pedestre com acesso a veículos permitido apenas para serviços (entregas e retiradas de mercadorias e outras atividades relacionadas à manutenção do comércio, escritórios, empresas etc.). Os pontos estão localizados nas proximidades de áreas emblemáticas do Centro do Rio de Janeiro, ou seja, em seu entorno se fazem presentes pontos simbólicos da história ou da cultura da cidade. Possuem também uma paisagem do entorno agradável, não tendo sido detectadas regiões que despertassem, por si só, uma predisposição ao desconforto. A seleção dos pontos levou em conta o fato de os locais serem representativos para as avaliações, com diferenças na morfologia urbana capazes de representar a variedade observada em um centro urbano. Buscou-se, portanto, variar a orientação do eixo das vias, situação em cânion urbano e em áreas abertas como cruzamentos e praças, e, ainda, que apresentassem diferenças na cobertura vegetal.

Para a identificação do entorno de cada ponto de medição, foram tomadas imagens fotográficas em 360°. Foram feitas também exposições voltadas para o céu, para determinação do fator de visão do céu (FVC). Para cada ponto, com a câmera nivelada e a uma altura padronizada de 1,10 m, foram feitas fotografias com objetiva *Fisheye*, para as quais foi calculado o respectivo FVC com a utilização da ferramenta RayMan Pro (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER, 2010). A partir das observações *in loco* e do fator de visão do céu (FVC) foram selecionados sete pontos de monitoramento e aplicados questionários a transeuntes, englobando trechos do centro antigo e trechos mais modernos, com edifícios altos (Figura 1).

Figura 1 - Mapa com o trecho de pedestres analisado e os sete pontos de medição



Fonte: Google Earth, gerado a partir de imagem de 06/04/2009.

Na Tabela 1 são apresentadas características gerais dos pontos analisados, com as imagens das máscaras de obstrução do entorno e o valor do FVC para cada um dos sete pontos monitorados. Observa-se que o FVC engloba edifícios e vegetação, uma vez que o monitoramento ocorreu sob as árvores, conforme a situação, fato que influencia a quantidade de radiação recebida diretamente pelo pedestre/equipamento de medição, afetando a sensação térmica do pedestre. Note-se, porém, que, para o objetivo deste artigo, a influência da geometria urbana na percepção térmica ao nível do pedestre não é considerada. Analisam-se os dados microclimáticos, resultantes do efeito da geometria urbana (incluindo o FVC), para grupos de entrevistados que reportaram uso frequente ou não de ambientes condicionados artificialmente, na sensação térmica nos diversos pontos monitorados, conforme o objetivo.

### Pesquisa de campo: medição de dados meteorológicos e aplicação de questionários

A coleta de dados foi realizada com uma estação meteorológica Davis Vantage Pro2, equipamento *wireless* constituído por duas partes: conjunto de sensores; e console digital (*datalogger*) responsável pelo armazenamento de dados. O conjunto de sensores é composto de sensor de temperatura e umidade do ar ( $T_a/UR$ ), anemômetro

de copo com pá de vento (medição da velocidade do ar,  $v$ ), piranômetro de silício e coletor de água de chuva. Para a obtenção da temperatura radiante média, adotou-se uma esfera de PVC com diâmetro aproximado de 110 mm, pintada na cor cinza-médio, na qual se inseriu um medidor de temperatura (Tinytag TGP-4500). As características do conjunto de sensores utilizados estão indicadas na Tabela 2.

O posicionamento do conjunto de sensores atendeu às recomendações da ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998). Utilizaram-se sensores de temperatura do ar e de umidade relativa, e o termômetro de globo, fixados à altura de 1,10 m. O piranômetro foi fixado a 1,40 m, e o anemômetro, a 1,50 m, de modo que os dados coletados estivessem o mais próximo possível do nível do pedestre/entrevistado. A temperatura radiante média ( $T_{mrt}$ ) foi calculada a partir dos dados de temperatura (sensor encapsulado), temperatura do ar e da velocidade do ar medidos em cada ponto, sendo utilizada a equação para convecção forçada, de acordo com a ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998). A emissividade da esfera de PVC cinza foi assumida como 0,95. A gravação dos dados ocorreu a cada 5 s, sendo a média composta para cada minuto. Os dias foram de céu claro a parcialmente claro, com variações de exposição ao sol ao longo do período de monitoramento.

Tabela 1 - Características dos pontos e máscaras de obstrução do entorno e FVC de cada ponto

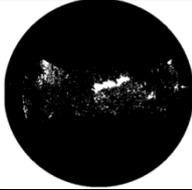
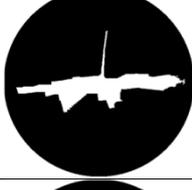
Campanhas	Ponto monitorado	Número de entrevistados	FVC	Máscara de obstrução da abóbada	Descrição da área
4, 15	Ponto 1	134	0,27		Pouco vegetada
3, 9, 18	Ponto 2	178	0,03		Densamente vegetada
5, 8, 10, 17	Ponto 3	213	0,27		Pouco vegetada
6, 13, 16	Ponto 4	161	0,45		Pouco vegetada
1, 11	Ponto 5	112	0,11		Sem vegetação
7, 12, 14	Ponto 6	156	0,25		Pouco vegetada
2	Ponto 7	31	0,04		Sem vegetação

Tabela 2 - Características dos sensores utilizados nas medições

Sensor	Resolução por unidade de medida	Intervalo de medição	Precisão
Temperatura do ar	0,1 °C ou 1 °C ( <i>opção do usuário</i> )	-40 °C a +65 °C	±0,5 °C acima de 20 °F (-7 °C)
Umidade do ar	1%	1% a 100%	±3% (0-90%), ±4% (90-100%)
Velocidade do ar	0,4 m/s	1 a 80 m/s	±1 m/s
Direção do vento	22,5°	0 - 360°	±3°
Radiação solar	1 W/m <sup>2</sup>	0 a 1.800 W/m <sup>2</sup>	±5%
Temperatura do ar (no centro do globo / temperatura de globo) (Tinytag TGP-4500)	0,01 °C	-25 °C a +85 °C	±0,45 °C

O monitoramento das variáveis microclimáticas foi realizado no período diurno (das 10h às 15h), com aplicação simultânea de questionários de sensação e preferência térmicas. Os dados climáticos foram registrados na estação meteorológica, sendo posteriormente associados aos momentos de cada entrevista. O questionário foi definido a partir da ISO 10551 (INTERNATIONAL..., 1995), e entre as perguntas estão incluídos os dados demográficos, questões relacionadas ao processo de aclimação (tempo de residência no Rio de Janeiro ou imediações, uso ou não de ar-condicionado em casa ou no trabalho, e bairro de origem do entrevistado) e informações acerca da vestimenta utilizada, adotando-se uma tabela-resumo de trajes típicos, conforme apresentada no Anexo A da ISO 9920 (INTERNATIONAL..., 2007).

Para avaliar a percepção térmica (sensação e preferência) foi utilizada a escala simétrica de sete pontos. No caso da sensação térmica (“Como você se sente neste preciso momento?”), as respostas foram categorizadas em:

- (-3) “muito frio”;
- (-2) “frio”;
- (-1) “pouco frio”;
- (0) “neutro”;
- (+1) “pouco calor”;
- (+2) “calor”;
- (+3) “muito calor”.

Em relação à preferência térmica (“Por favor relate como você preferiria estar se sentindo”), as respostas foram:

- (+3) “muito mais calor”;
- (+2) “mais calor”;

- (+1) “um pouco mais de calor”;
- (0) “sem mudanças”;
- (-1) “um pouco mais de frio”;
- (-2) “mais frio”;
- (-3) “muito mais frio”.

No caso da taxa metabólica, foi assumido um valor fixo de 2,3 Met, o que corresponde a pessoa caminhando a uma velocidade de 4 km/h<sup>1</sup>, situação típica no caso de passantes.

As variáveis tempo de residência e tempo de permanência no espaço aberto foram consideradas como critério de exclusão, quando inferiores a 6 meses e 15 min respectivamente. O limite de 15 min foi apropriado do mínimo recomendado pela ANSI/ASHRAE 55 (AMERICAN..., 2004) para estudos de conforto em espaços internos. Foram excluídas ainda pessoas com pesos extremos (máximo e mínimo) e crianças.

A amostra foi de 985 indivíduos, sendo 61% entrevistados do sexo masculino e 39% do sexo feminino, com idade variando entre 13 e 87 anos. Quanto às variações climáticas encontradas ao longo dos diversos dias de medição, a Tabela 3 mostra as faixas de variação das variáveis monitoradas.

Neste artigo, a análise aborda os seguintes conjuntos de dados: sensação térmica, dados meteorológicos monitorados *in loco* e quanto ao uso de ar-condicionado em casa e no trabalho. Para efeito de comparação entre variáveis meteorológicas e dados de sensação térmica são adotados dois índices de conforto em espaços abertos (PET e UTCI), brevemente descritos a seguir.

<sup>1</sup>Segundo a norma internacional ISO 8996 (INTERNATIONAL..., 2004), Tabela B.3.

Tabela 3 - Faixas de variação dos dias monitorados (verão)

	Temperatura do ar ( $T_a$ em °C)	Umidade relativa (UR em %)	Velocidade do ar (v em m/s)	Irradiância solar global e refletida ( $I_g$ em $W/m^2$ )	$T_{mrt}$ - Temperatura Radiante média (TRM em °C)
Faixa de variação	24,9-36,8	37-82	0-2,7	21-1218	13,1-76,4

## Índices térmicos adotados

A utilização de índices térmicos em espaços abertos se justifica, uma vez que tais índices integram as variáveis microclimáticas medidas nos diversos pontos de monitoramento simultaneamente à aplicação dos questionários. Adotaram-se dois índices de uso corrente nos campos da climatologia urbana e biometeorologia humana, o PET e o UTCI.

O índice de conforto em espaços abertos denominado temperatura fisiológica equivalente (*Physiological Equivalent Temperature* – PET), baseado no MEMI (*Munich Energy-balance Model for Individuals*) é expresso em graus Celsius e é definido por Höppe (1999) como a temperatura fisiológica equivalente em determinado ambiente (interno ou externo) à temperatura do ar de um ambiente interno de referência, no qual o balanço térmico humano é mantido com temperatura da pele e do centro do corpo iguais àquelas das condições em avaliação. O PET é um dos métodos recomendados pela regulamentação alemã para planejamento urbano e regional (VEREIN..., 1998) e vem sendo utilizado com frequência em estudos em climatologia urbana, inclusive para cidades brasileiras (ABREU; LABAKI, 2010; HIRASHIMA, 2010; MONTEIRO; ALUCCI, 2010, 2013). As variáveis consideradas para sua obtenção ( $T_a$ , UR, v e  $T_{mrt}$ ) foram efetivamente medidas, a taxa metabólica foi assumida como invariável (2,3 Met), e a resistência térmica da vestimenta foi levantada durante a aplicação do questionário, conforme descrito.

O *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) foi elaborado com base no modelo termorregulatório multinodal desenvolvido por Fiala *et al.* (2012) e é também baseado em uma temperatura equivalente em ambiente de referência. Difere do PET por estimar uma resposta fisiológica dinâmica multidimensional (temperatura corporal, taxa de sudorese, temperatura da pele etc. em diferentes tempos de exposição) para dada combinação das variáveis climáticas (vento, radiação, umidade e temperatura do ar). As variáveis de entrada praticamente coincidem com as do índice PET, a taxa metabólica adotada para os passantes corresponde à utilizada pelo índice no cálculo do UTCI, sendo a resistência da roupa estimada pelo

próprio UTCI a partir do modelo de vestimenta que compõe esse índice.

Como o dado de vestimenta, estimado para cada entrevistado segundo tabela de trajes típicos (conf. Método), foi utilizado como *input* no cálculo do PET, e como no UTCI a vestimenta é estimada segundo modelo embutido no próprio índice, destaca-se que variações na vestimenta foram devidamente consideradas na comparação entre votos declarados e predição de sensação térmica (índices PET e UTCI, ver Discussão).

No Brasil já há alguns trabalhos que utilizam o índice UTCI para a predição da sensação térmica no espaço aberto (ROSSI; KRÜGER; BRÖDE, 2012; MONTEIRO; ALUCCI, 2012; NINCE *et al.*, 2013).

## Resultados encontrados

Os votos de sensação térmica declarados pelos transeuntes se encontram, em sua maior parte, em situação de desconforto térmico por calor (votos de 1 a 3), totalizando 74% dos votos totais (Figura 2). O fator vestimenta foi considerado como de baixo impacto na sensação térmica, uma vez que a variação verificada em termos de isolamento térmico foi de 0,2-0,7 clo (0,03-0,11  $m^2.K/W$ ), o que corresponde a vestimentas leves de verão.

## Efeitos do uso de ar-condicionado na sensação térmica

A questão do questionário aplicado referente à utilização de equipamentos de condicionamento de ar em casa ou no ambiente de trabalho permite a análise de seus reflexos nos votos de sensação térmica informados pelos entrevistados. Embora a comparação seja por agrupamento de situações, e não pela exposição dos indivíduos a condições diversas de permanência em ambientes climatizados (em um estudo experimental, por exemplo), pode-se notar uma tendência a um maior desconforto térmico por calor nos grupos de entrevistados que reportaram ter acesso a ambientes climatizados. A Tabela 4 apresenta o valor médio obtido por grupo para a sensação térmica, seu correspondente desvio padrão (com o coeficiente de variação CV = desvio padrão/média, em percentual) e as diferenças relativas para a

situação-base, sem uso de ar-condicionado (dados da segunda coluna).

A diferença em termos de aumento do desconforto por calor chega a 0,4 voto de sensação térmica. O impacto do uso do ar-condicionado mostra-se de forma consistente nos resultados encontrados: quanto mais frequente o uso (ou disponibilidade) de climatização artificial, conforme reportado pelo entrevistado, maior o desconforto por calor no espaço aberto, com exceção da situação do uso de ar-condicionado no ambiente de trabalho, a qual não trouxe diferença significativa.

Embora tenha sido verificado que a utilização de climatização artificial no ambiente de trabalho tenha contribuição menor no aumento do desconforto por calor, o que parece incongruente com a faixa horária na qual se realizaram as

entrevistas (efeito de aclimatação de curto prazo), o uso doméstico e/ou a disponibilidade de ar-condicionado em casa parece ser determinante para o aumento desse desconforto. Tal fato pode estar relacionado às condições socioeconômicas dos entrevistados. A maior parte das diferenças é estatisticamente significativa (utilizou-se o teste F para se determinarem diferenças ou não na variância de pares de séries, seguidamente do teste t para se determinar a significância estatística das diferenças encontradas – a referência adotada foi o caso-base sem uso de ar-condicionado). Note-se que há diferenças no tamanho das amostras. Por fim, o coeficiente de variação mostra haver grande diversidade de respostas, porém com desvio padrão dentro de uma faixa de variação de pouco mais de uma categoria de conforto/desconforto.

Figura 2 - Distribuição das respostas por categorias de conforto/desconforto

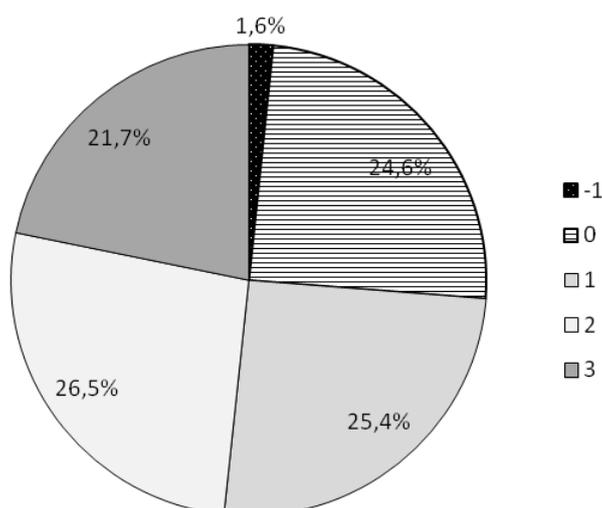


Tabela 4 - Comparações agrupadas de votos de sensação térmica (do total de 985 entrevistados) vis-à-vis uso de equipamento de ar condicionado em casa e no trabalho

	Sem AC	AC em casa OU no trabalho	AC em casa	AC no trabalho	AC em casa E no trabalho
<i>Sensação térmica (média dos votos)</i>	1,2	1,4	1,6	1,3	1,6
<i>Sensação térmica (desvio padrão dp)</i>	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1
<i>Sensação térmica (coef. de variação CV)</i>	93%	79%	74%	83%	68%
<i>Quantidade de entrevistados (n)</i>	282	387	164	223	316
<i>Diferenças (sensação térmica)</i>	-	0,2	0,3	0,1*	0,4

**Notas:**

AC = ar condicionado

\* Diferença não significativa para um nível de confiança de 95%, verificada pela aplicação dos testes estatísticos F e t.

## Índices de conforto em espaços abertos *versus* sensação de conforto/desconforto declarada pelos transeuntes

Os resultados obtidos em termos de sensação térmica são aqui comparados aos valores calculados na escala PET com o modelo RayMan Pro (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER, 2010) a partir dos dados meteorológicos, para duas condições: para o grupo de pessoas que utilizam constantemente ar-condicionado (em casa e/ou no trabalho) e para aqueles que não o utilizam. Adotou-se o agrupamento de respostas de sensação térmica para cada variação de um grau na escala PET, conforme procedimento sugerido por Dear e Fountain (1994) e utilizado em estudos semelhantes (DEUBLE; DE DEAR, 2012; KRÜGER *et al.*, 2012; LIN; LIN; HWANG, 2013; NDETTO; MATZARAKIS, 2013; DE DEAR *et al.*, 2014; NDETTO; MATZARAKIS, 2015). A partir dos dados agrupados, gerou-se uma linha de tendência linear para cada série (Figura 3).

Observa-se que, como se pretende representar dados para uma mesma faixa de variação, 23-48 °C na escala PET, a amostra para ambos os casos foi reduzida (n=270 e n=305, grupos sem uso e com uso prolongado de ar-condicionado respectivamente – desconsiderando-se os “bins”, que representam a média dos votos de menos de 5 entrevistados). Dessa forma, tem-se uma comparação entre grupos de indivíduos para cada grau de variação na escala adotada, ou seja, para

semelhantes condições microclimáticas, em termos de voto médio de sensação térmica. Tal procedimento diminui a variação de respostas térmicas, variabilidade inerente a estudos de avaliação subjetiva do ambiente térmico. As duas equações de regressão para a obtenção da sensação térmica estimada a partir de valores na escala PET apresentam altos coeficientes de correlação relativamente aos dados de campo (dados *bin*). A partir das equações de regressão no gráfico, atribuindo-se o valor 0 ao voto de sensação térmica (VST), pode-se determinar a temperatura neutra nos dois casos, quais sejam: 17,0 °C e 10,1 °C (escala PET) para as situações sem uso e com uso de ar-condicionado respectivamente. Ou seja, uma redução de 6,9 °C (escala PET) é exigida relativamente ao caso-base, devido à maior demanda por conforto dos indivíduos que ocupam prolongadamente ambientes condicionados.

Para a situação de calor, cuja equivalência em voto de sensação térmica se inicia com (+1) “pouco calor”, as temperaturas na escala PET diferem em menor proporção, já que não há paralelismo exato entre as curvas de tendência, e são, para os grupos sem uso e com uso frequente de ar-condicionado, conforme reportado pelos transeuntes, de, respectivamente, 31,2 °C e 25,5 °C.

O índice UTCI foi calculado utilizando-se o software BioKlima v. 2.6, desenvolvido por Blazejczyk (INSTITUTE..., 2016) fazendo-se a devida correção dos dados de vento para 10 m de altura, conforme recomendam os desenvolvedores do índice (BRÖDE *et al.*, 2012) (Figura 4).

Figura 3 - Sensação térmica média *versus* valores encontrados na escala PET (valores agrupados a cada grau na escala PET) - comparação entre grupo que usa ar-condicionado e grupo que não o utiliza, conforme reportado pelos transeuntes

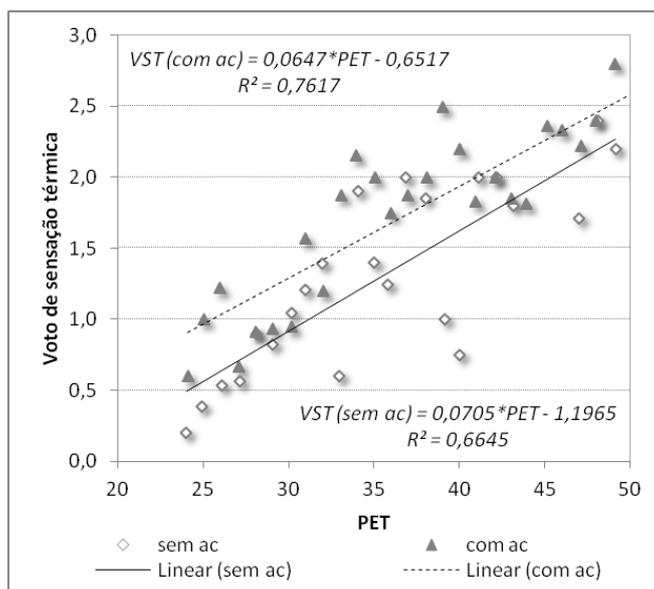
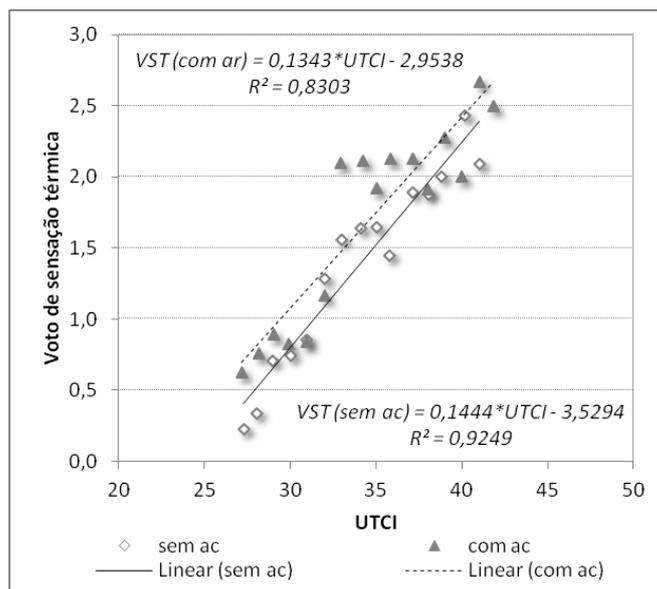


Figura 4 - Sensação térmica média *versus* valores encontrados na escala UTCI (valores agrupados a cada grau na escala UTCI) - comparação entre grupo que usa ar-condicionado e grupo que não o utiliza, conforme reportado pelos transeuntes



De forma semelhante ao procedimento adotado para o índice PET, foram geradas duas equações de regressão para a obtenção da sensação térmica estimada a partir de valores na escala UTCI, para ambos os grupos. A correlação encontrada foi superior à obtida pelo índice PET, mostrando a maior aplicabilidade do índice UTCI. Os dados de campo (agrupados em *bins*) sofreram cortes ( $n=276$  e  $n=301$ , grupos sem uso e com uso mais frequente de ar-condicionado respectivamente) para que cada *bin* contivesse a média de no mínimo 5 votos de sensação térmica. A faixa de variação de temperatura na escala UTCI foi de 27-42 °C. A temperatura neutra encontrada nos dois casos foi de 24,4 °C e 22,0 °C (escala UTCI) para a situação neutra (voto 0) sem uso e com uso de ar-condicionado respectivamente. Existe novamente uma semelhança, embora em menor grau, nos coeficientes angulares das equações de tendência. Nota-se a necessidade de se reduzir o valor UTCI em 2,4 °C para garantia de conforto, relativamente ao caso-base, quando há uso frequente de ar-condicionado.

Para a situação inicial de calor, (+1) “pouco calor”, as temperaturas na escala UTCI diferem em cerca de 2,0 °C na escala UTCI, sendo 31,4 °C e 29,4 °C para os grupos sem uso e com uso frequente de ar-condicionado respectivamente.

## Discussão dos resultados

Os resultados apresentados assumem relevância ao se considerar a tendência crescente por ambientes climatizados sob condições de calor, tanto pelo

barateamento dos custos de aquisição de equipamentos de ar-condicionado e variedade de modelos disponíveis no mercado quanto pela necessidade imposta pelo processo de urbanização por maior qualidade do ar interno com redução do ruído, aliado ao controle ambiental das edificações. Some-se a isso a necessidade de mitigar efeitos da ilha de calor no ambiente construído (KOLOKOTRONI *et al.*, 2012).

Enquanto o estudo de Cândido *et al.* (2010) e o de Chun *et al.* (2008), citados anteriormente, foram realizados em ambiente internos – o primeiro em ambiente naturalmente ventilado, o segundo em câmara climática –, o presente estudo investiga a relação do histórico térmico com a percepção térmica no espaço aberto. Na revisão de 26 estudos na área de conforto em espaços abertos, entre 2001 e 2012, realizada por Johansson *et al.* (2014), não foi mencionado nenhum que incluísse questões referentes ao histórico térmico do entrevistado, exceto em situações nas quais havia questionamento sobre o histórico térmico mais imediato, ou seja, até meia hora antes da aplicação do questionário de conforto. A inclusão da questão sobre uso de ar-condicionado no dia a dia, embora não se configure exatamente como um diário térmico do entrevistado, foi considerada relevante pelos pesquisadores em se tratando de situações de calor, tipicamente observadas no Rio de Janeiro, sob as quais o uso de climatização é uma prática corrente.

As diferenças encontradas para os indivíduos usuários de ambientes climatizados em termos de sensação térmica foram da ordem de 0,30-0,40

(voto de sensação térmica). Embora essa diferença seja inferior a uma mudança na categoria de conforto (na escala de 7 pontos, segundo a ISO 7730 (INTERNATIONAL..., 2005), ela equivale à mudança de classe de ambiente, quando se trata de espaços internos. A ISO 7730 (INTERNATIONAL..., 2005) define as categorias de ambiente térmico por diferenças discretas de mesma ordem de grandeza que as observadas no presente estudo: ambientes classe A diferem de ambientes classe B por 0,30 (voto de sensação térmica); e ambientes classe B diferem de ambientes classe C em 0,20.

Os resultados encontrados sugerem que, para o planejamento urbano climaticamente orientado, uma dificuldade a se considerar é quais são as condições de conforto a atingir em ambientes externos para que sejam melhorados via desenho urbano: atender às expectativas de pessoas habituadas a condições naturalmente ventiladas; ou trabalhar para o atendimento das exigências de indivíduos que frequentam habitualmente ambientes climatizados?

Um impacto prático a partir dos resultados obtidos é a calibração dos dois índices de conforto térmico em espaços abertos analisados. A faixa de neutralidade térmica na escala PET, segundo Matzarakis, Mayer e Iziomon (1999), se situa entre 18 °C e 23 °C PET, que corresponde à escala de sensação térmica -0,5 a +0,5 (escala de sensação térmica ou do índice PMV); para o índice UTCI, a faixa de ausência de estresse térmico, conforme apresentada pelos desenvolvedores (BRÖDE; KRÜGER; FIALA, 2013), é 9-26 °C UTCI. Utilizando-se as equações de regressão das Figuras 3 e 4 e usando-se como voto de sensação térmica  $VST=+0,5^2$ , chega-se a diferentes limites superiores da zona de neutralidade térmica, conforme a Tabela 5, abaixo.

Os dados encontrados mostram um valor-limite para a zona de neutralidade térmica pela escala UTCI levemente superior ao da escala sugerida pelos desenvolvedores do PET, no caso do grupo com histórico térmico em situação não climatizada. O valor encontrado para o grupo que usa habitualmente ar-condicionado se encontra dentro da faixa original para o índice PET, porém se aproxima ao valor estimado para tal situação para Glasgow, Reino Unido, local de clima temperado cuja temperatura máxima anual média é de cerca de 13 °C (METOFFICE, 2016), contra os 27 °C do Rio de Janeiro (INSTITUTO..., 2016). Utilizando a equação de regressão encontrada para dados de campo, segundo o mesmo procedimento do presente artigo, para a equação obtida para a variação de um grau na escala PET (conforme apresentada por KRÜGER *et al.*, 2012), chega-se a 19,1 °C para as condições climáticas do *Central Belt* escocês. O limite superior para a escala PET para o Rio de Janeiro nos parece, dessa forma, ser mais adequado.

Para o UTCI, a situação não climatizada se adequa aos limites estipulados, porém haveria de se considerar o aspecto da aclimação de longo prazo. Uma aplicação do índice UTCI a um estudo de campo em Curitiba, PR, cujas condições climáticas diferem notadamente das cariocas quanto à presença de calor, propõe uma extensão do limite superior da zona de conforto para 27 °C UTCI (ROSSI; KRÜGER; BRÖDE, 2012). Considerando a aclimação da população analisada, reportadamente moradores da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a extensão do limite superior da zona de neutralidade térmica do índice UTCI para o valor encontrado no grupo que não reportou uso de ar-condicionado parece ser razoável.

Tabela 5 - Limite superior para a faixa de neutralidade térmica para os índices PET e UTCI

<i>Grupos</i>	<i>Limite superior (escala PET) para VST=0,5, em °C</i>	<i>Limite superior (escala UTCI) para VST=0,5, em °C</i>
<i>Grupo que não utiliza reportadamente ar-condicionado</i>	24,1	27,9
<i>Grupo que utiliza reportadamente ar-condicionado</i>	17,8	25,7

<sup>2</sup>A faixa de -0,5 e +0,5 define o intervalo de conforto, seguindo o procedimento adotado pela norma ISO 7730 (ISO, 2005) (categoria B).

Ao se adotarem distintamente os limites obtidos para ambos os casos, chega-se a diferentes conclusões sobre exposição ao calor no ambiente externo. Utilizando os dados meteorológicos medidos durante o monitoramento de verão (n=985) como exemplo, para os limites na escala PET de ambos os grupos, a diferença entre grupos em percentual de tempo exposto ao calor é de 2,8%; para o índice UTCI, a diferença é de um aumento de 4,8% das horas em situações classificadas como de calor para aqueles que reportaram uso mais frequente do ar-condicionado. Embora a definição por um ou outro índice de conforto em espaços abertos não seja assunto deste artigo, assumindo-se que o índice UTCI teve mais alta correlação com os dados de campo (*vide* coeficientes de determinação nas Figuras 3 e 4), as consequências de se considerarem usuários de ambientes climatizados para o entendimento da relação entre microclima e conforto em espaços pode afetar os resultados em termos de definição dos limites da zona de neutralidade térmica. Tal fato pode conseqüentemente interferir no delineamento de projetos de intervenção no microclima urbano. Fadeyi (2014), em pesquisa com participantes cujo histórico térmico foi monitorado por 48 h antecedentes à aplicação do questionário de conforto em edifícios climatizados, comenta sobre o potencial de diferenças no histórico térmico interferirem na avaliação de percepção térmica dos participantes.

## Considerações finais

Dos resultados apresentados observa-se que o uso prolongado de ar-condicionado impacta a percepção térmica dos usuários dos espaços públicos, mesmo quando estes não se encontram no momento em ambiente climatizado. Verificou-se que a influência do uso doméstico de ar-condicionado é mais evidente que no uso do ar-condicionado em ambiente de trabalho. Alerta-se, contudo, que, como não se trata de um estudo experimental, o grau de influência do histórico térmico para as condições cariocas de calor só pode ser inferido; fica como recomendação um estudo transversal mais aprofundado dessa questão.

Deve-se reconhecer que, sob as condições de verão no Rio de Janeiro, o uso do ar-condicionado é em muitos casos inevitável, sendo uma das estratégias de redução do desconforto por calor para essa cidade: cerca de 3% das horas anuais, a partir de dados do ano climático, plotados no software Analysis Bio. Entretanto, o *setpoint* adotado para a temperatura operativa deveria ser mais bem compreendido e especificado, uma vez que é essa temperatura que influirá no histórico e percepção

térmica do usuário. Halawa e van Hoof (2012), em uma revisão crítica sobre modelos adaptativos, recomendam iniciativas de otimização de modelos de conforto como o PMV, porém incluindo variáveis como expectativa térmica, condições ambientais externas vigentes etc. Um aprimoramento desses modelos poderia nortear a utilização desses aparelhos com maior atenção às condições climáticas vigentes, suavizando o gradiente térmico entre clima interno e externo às edificações.

Para a biometeorologia e para o planejamento urbano climaticamente orientado, é de suma importância a definição de modelos, índices e limites que possam servir de diretrizes para planejamento. Para estudos do impacto de futuros cenários climáticos, é importante que os limites fixados não sejam distanciados da realidade da população envolvida, já que a utilização prolongada de ar-condicionado é um fator que interfere na definição de tais limites.

A partir dos resultados encontrados, recomendamos para o desenvolvimento da área de conforto em espaços abertos no Brasil (cuja maior parte do território apresenta média das temperaturas máximas anuais semelhante ou até mesmo superior às da cidade do Rio de Janeiro e onde o uso de ar-condicionado é frequente), no que tange a levantamentos de percepção térmica junto à população, a introdução do questionamento acerca do uso de ar-condicionado no levantamento de campo. O tratamento dos dados, diante dos resultados apresentados no presente estudo, deve ser realizado a partir disso, por grupos claramente diferenciados por uso ou não da climatização artificial.

## Referências

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto Térmico Propiciado Por Algumas Espécies Arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2010.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING; AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.

- BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R. C.; CORBELLA, O. D. Um Estudo Comparativo de Regiões Espreadas e Compactas: caminho para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, Porto Alegre: 2010. **Anais...** Porto Alegre, 2010b.
- BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R. C.; CORBELLA, O. D. A Comparative Study of Sprawling and Compact Areas in Hot and Cold Regions. In: WORLD RENEWABLE ENERGY CONGRESS, 11., Abu Dhabi, 2010. **Proceedings...** Abu Dhabi, 2010a.
- BRÖDE P.; KRÜGER E. L.; FIALA, D. UTCI: validation and practical application to the assessment of urban outdoor thermal comfort. **Geographia Polonica**, v. 86, n. 1, p. 11-20, 2013.
- BRÖDE, P. *et al.* Deriving the Operational Procedure for the Universal Thermal Climate Index UTCI. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 3, p. 481-494, 2012.
- BUSCH, J. F. A Tale of Two Populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 3, p. 235-249, 1992.
- CÂNDIDO, C. M. *et al.* Cooling exposure in hot humid climates: are occupants “addicted”? **Architectural Science Review**, v. 53, p. 59-64, 2010.
- CHUN, C. *et al.* Thermal Diary: connecting temperature history to indoor comfort. **Building and Environment**, v. 43, n. 5, p. 877-885, 2008.
- DE DEAR, R. J.; FOUNTAIN, M. E. Cover Feature: thermal comfort in air-conditioned office buildings in the tropics. **Journal of the Australian Institute of Refrigerating, Air-Conditioning and Heating**, v. 48, n. 9, p. 14-30, 1994.
- DE DEAR, R. *et al.* Summertime Thermal Comfort in Australian School Classrooms. In: WINDSOR CONFERENCE: COUNTING THE COST OF COMFORT IN A CHANGING WORLD, 8., Cumberland Lodge, 2014. **Proceedings...** Cumberland Lodge, 2014.
- DEUBLE, M. P.; DE DEAR, R. Mixed-Mode Buildings: a double standard in occupants' comfort expectations Related. **Building and Environment**, v. 54, n. 8, p. 53-60, 2012.
- DRACH, P. R. C.; CORBELLA, O. D. Estudo das Alterações na Dinâmica da Ventilação e da Temperatura na Região Central do Rio de Janeiro: mudanças na ocupação do solo urbano. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 4., Faro, 2010. **Anais...** Faro: PLURIS, 2010.
- FADEYI, M. O. Initial Study on the Impact of Thermal History on Building Occupants' Thermal Assessments in Actual Air-Conditioned Office Buildings. **Building and Environment**, v. 80, p. 36-47, 2014.
- FIALA, D. *et al.* UTCI-Fiala Multi-Node Model of Human Heat Transfer and Temperature Regulation. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 3, p. 429-441, 2012.
- HALAWA, E.; VAN HOOFF, J. The Adaptive Approach to Thermal Comfort: a critical overview. **Energy and Buildings**, v. 51, n. 1, p. 101-110, 2012.
- HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do Índice de Conforto Térmicotemperatura Fisiológica Equivalente (PET) Para Espaços Abertos do Município de Belo Horizonte, MG.** Belo Horizonte, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- HÖPPE, P. The Physiological Equivalent Temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, n. 2, p. 71-75, 1999.
- INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION. [News]. Disponível em: <<https://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010.** Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726:** ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genebra, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:** ergonomics of the thermal environments: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996**: ergonomics of the thermal environment: determination of metabolic rate. Genebra, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920**: ergonomics of the thermal environment: estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genebra, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551**: ergonomics of the thermal environment: assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genebra, 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. [Rio de Janeiro]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

JOHANSSON, E. *et al.* Instruments and Methods in Outdoor Thermal Comfort Studies: the need for standardization. **Urban Climate**, v. 10, n. P2, p. 346-366, Jan. 2014.

KOLOKOTRONI, M. *et al.* London's Urban Heat Island: impact on current and future energy consumption in office buildings. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 301-11, 2012.

KRÜGER, E. L. *et al.* Estudo de Conforto em Espaços Abertos em Região de Clima Temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 7-25, jan./mar. 2012.

LIN, C.; LIN, T. P.; HWANG, R. L. Thermal Comfort for Urban Parks in Subtropics: understanding visitor's perceptions, behavior and attendance. **Advances in Meteorology**, v. 2013.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modelling Radiation Fluxes in Simple and Complex Environments: basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 2, p. 131-139, 2010.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a Universal Thermal Index: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 43, p. 76-84, 1999.

MET OFFICE. [Weather Map]. Disponível em: <<http://www.metoffice.gov.uk/>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Comparação Cruzada Entre Pesquisas Laboratoriais e de Campo em Conforto Térmico em Espaços Abertos Urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 79-101, out./dez. 2010.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Índices de Conforto Térmico em Espaços Urbanos Abertos. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelo Adaptativo de Conforto Para Avaliação *in loco* de Espaços Urbanos Abertos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 61-79, jan./mar. 2012.

NDETTO, E. L.; MATZARAKIS, A. Basic Analysis of Climate and Urban Bioclimate of Dar es Salaam, Tanzania. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 114, n. 1/2, p. 213-226, 2013.

NDETTO, E. L.; MATZARAKIS, A. Urban Atmospheric Environment and Human Biometeorological Studies in Dar es Salaam, Tanzania. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 8, n. 2, p. 175-191, 2015.

NINCE, P. C. *et al.* Usos dos Índices PET e UTCI na Avaliação do Conforto Termal no Campus da UFMT em Cuiabá-MT. **Revista Elettônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 2026-2036, 2013.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 4, n. 2, p. 439-473, 2007.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. Definição de Faixas de Conforto e Desconforto Térmico Para Espaços Abertos em Curitiba, PR, Com o Índice UTCI. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, jan./mar. 2012.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI**: methods for the human-biometeorological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning: part I: climate, VDI guideline 3787. Parte 2. Beuthen, Berlin, 1998.

## Agradecimentos

Às agências brasileiras de fomento à pesquisa CNPq e CAPES.

**Eduardo Leite Krüger**

Programa de Pós Graduação em Tecnologia | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Avenida Sete de Setembro, 3165, Rebouças | Curitiba - PR - Brasil | CEP 80230-901 | Tel.: (41) 3310-4725 | E-mail: ekruger@utfpr.edu.br

**Patricia Regina Chaves Drach**

Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Av. Reitor Pedro Calmon, 500, Prédio da FAU, sala 521, Ilha do Fundão | Rio de Janeiro - RJ - Brasil | CEP 21941-590 | Tel.: (21) 2598-1990 Ramal 1978 | E-mail: patricia.drach@gmail.com

***Revista Ambiente Construído***

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído  
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro  
Porto Alegre - RS - Brasil  
CEP 90035-190  
Telefone: +55 (51) 3308-4084  
Fax: +55 (51) 3308-4054  
[www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido](http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido)  
E-mail: [ambienteconstruido@ufrgs.br](mailto:ambienteconstruido@ufrgs.br)