XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

DEFINIÇÃO DE ZONA DE CONFORTO TÉRMICO PARA ÁREAS EXTERNAS UTILIZANDO O ÍNDICE PET PARA PELOTAS - RS

Luísa Alcantara Rosa (1); Eduardo L. Krüger (2); Lisandra Fachinello Krebs (3); Erik Johansson (4); Maurício Balboni (5); Eduardo Grala da Cunha (6)

(1) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, luisa.alcantara.rosa@gmail.com, Rua Benjamin Constant, 1359, Centro, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil - CEP 96010-020, +55 53 3284-5500

(2) Engenheiro Civil, Dr., Professor do Departamento Acadêmico de Construção Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ekruger@utfpr.edu.br, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000, Curitiba, Paraná, Brasil – CEP 81280-340 - +55 41 3279-6821

(3) Arquiteta e Urbanista, Dra., Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, lisandra.krebs@ufpel.edu.br

(4) Engenheiro Civil, Dr., Housing Development & Management, Lund University, erik.johansson@hdm.lth.se, P.O. Box 118 SE-221 00, Lund, Sweden, +46 46 222 42 63

(5) Graduando no Curso de Ciências da Computação na Universidade Federal de Pelotas, mdcbalboni@inf.ufpel.edu.br

(6) Arquiteto e Urbanista, Dr., Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, eduardo.gralal@ufpel.edu.br

RESUMO

Métodos de levantamento para determinação de níveis de conforto térmico em áreas externas ainda não seguem diretrizes já estabelecidas por normas como nos estudos existentes em ambientes internos. Variações morfológicas no espaço externo afetam seu microclima local, o que interfere na satisfação de seus usuários quanto ao ambiente térmico. Estudos que utilizam índices de conforto térmico juntamente com levantamentos do tipo "*survey*" para áreas externas permitem determinar zonas de conforto térmico. Neste artigo, o índice temperatura fisiológica equivalente (PET) foi aplicado a dados coletados em Pelotas - RS durante os meses de agosto e outubro (período no qual foram realizadas campanhas de monitoramento e entrevistas junto à população residente). Duzentos e trinta questionários foram aplicados a transeuntes a fim de analisar a percepção térmica em espaços abertos. Para o registro dos dados, foi utilizado o equipamento TGD-400, que registra dados de temperatura do globo; temperatura de bulbo seco; temperatura de bulbo úmido; IBUTG; índice de aquecimento; fluxo de ar e velocidade do ar. Os valores de temperatura radiante média (T_{RM}) e PET foram também obtidos, possibilitando uma definição preliminar de zona de conforto térmico para Pelotas. Para os meses estudados, conclui-se que a neutralidade térmica é obtida quando o valor de PET é de 20,73°C. Os limites inferior e superior para a zona de conforto são, respectivamente, 16,30°C e 25,15°C, em unidades de PET.

Palavras-chave: Conforto térmico, clima urbano, índice de conforto térmico, índice PET.

ABSTRACT

Survey methods for the definition of thermal comfort ranges in outdoor areas still do not follow guidelines as established by existing standards in indoor spaces. Morphological variations in outdoor areas affect microclimate, which interferes in the satisfaction of its users regarding thermal perception. Studies that use thermal comfort indices together with surveys with locals in outdoor areas allow a definition of thermal comfort zones. In this article, the physiological equivalent temperature (PET) index was applied to data collected in Pelotas - RS during the months of August and October (during which monitoring campaigns with concurrent interviews with the resident population were carried out). Two hundred and thirty questionnaires were applied to passers-by in order to analyze thermal perception in open areas. Data gathering was undertaken with a TGD-400, which records global temperature data; dry bulb temperature;

wet bulb temperature; WBGT; heating rate; air flow and air velocity. Mean radiant temperature (T_{MRT}) and PET values were calculated, enabling a preliminary definition of an outdoor thermal comfort zone for Pelotas. For the months studied, thermal neutrality is obtained when the PET value is 20.73°C. The lower and upper limits for the comfort zone are, respectively, 16.30°C and 25.15°C, in PET units.
Keywords: Thermal comfort, urban climate, thermal comfort index, PET index.

1. INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente vem acontecendo de modo progressivo, no âmbito global e local. A busca por ações que visem mitigar as mudanças climáticas, que impactam, do ambiente físico até a saúde pública, são crescentes. A fim de analisar e propor respostas a essas alterações climatológicas é importante o estudo do conforto térmico em áreas externas.

Segundo a ISO 7730 (*International Organization for Standardization*, 2005), com base nas pesquisas desenvolvidas por Ole Fanger, um ambiente é considerado em condições de conforto térmico quando, no máximo, 10% do total de ocupantes se sentem nele desconfortáveis. São crescentes as pesquisas a respeito do conforto higrotérmico em ambientes abertos, especialmente a partir da última década (JOHANSSON, 2016). O indicador de conforto térmico humano mais comumente utilizado é a temperatura do ar. Esta variável, no entanto, não é um índice preciso (BARAKAT *et al.*, 2017). A complexidade de variáveis que influenciam o conforto térmico em ambientes abertos é maior que aquela existente em ambientes internos. Dentre as variáveis envolvidas na avaliação do conforto térmico humano em espaços abertos destaca-se a temperatura radiante média (T_{RM}). Esta variável considera os fluxos de radiação de onda curta e longa na troca de calor radiante entre o corpo humano e o meio no qual este está inserido, através das parcelas de radiação solar direta, difusa ou refletida, radiação infravermelha do céu, dentre outras (HUANG *et al.*, 2014). Em espaços abertos, a sensação térmica é pouco correlacionada com a temperatura do ar. Por essa razão, em diversos índices de conforto térmico é necessário calcular uma temperatura equivalente.

Além do PET, também outros índices são utilizados para compreender a percepção térmica em espaços abertos, como o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) e o *Perceived Temperature* (PT_J). O PET, índice de conforto térmico objeto deste estudo, é recomendado pela Associação Alemã de Engenheiros (*Verein Deutscher Ingenieure*), que compõe os regulamentos destinados ao planejamento em âmbito urbano e regional sensíveis ao clima (KRÜGER *et al.*, 2017).

O PET aponta os impactos causados pelo ambiente térmico quanto ao estresse térmico, para frio, calor e conforto, através do balanço térmico do corpo. O MEMI (*Munich Energy-balance Model for Individuals*) é a referência quanto aos dados termofisiológicos, para a definição do modelo do PET. O balanço energético de um indivíduo é a base do MEMI (MAYER & HÖPPE, 1987). Os fluxos de calor são calculados separadamente para as porções vestidas e despidas da superfície do corpo. Quanto ao cálculo do metabolismo e da taxa de suor, são consideradas as informações de idade e sexo biológico do indivíduo. No MEMI, além da equação do balanço de energia, existem as equações do fluxo de calor do interior do corpo para a pele (GAGGE *et al.*, 1972) e do fluxo de calor da pele para a superfície externa do vestuário, através das camadas de roupa, semelhante ao modelo de Fanger (MAYER & HÖPPE, 1987).

A temperatura fisiológica equivalente, expressa em graus Celsius (°C), corresponde à temperatura do ar para um ambiente interno típico, seja o ambiente original interno ou externo. A quantidade de calor no corpo humano é balanceada de maneira que a temperatura da pele e do corpo seja a mesma presente nas condições externas (HÖPPE, 1999).

O balanço energético humano é influenciado por parâmetros meteorológicos, como a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar de ondas curtas e longas. Estas variáveis estão representadas nos valores de PET, que também considera a produção de calor interna e a resistência à transferência de calor (MATZARAKIS *et al.*, 1999). As variáveis climáticas utilizadas para a obtenção dos valores de PET são as mesmas empregadas para o cálculo de outros índices de conforto, o que possibilita que sejam realizadas análises comparativas (KRÜGER *et al.*, 2018).

O índice PET é utilizado em estudos sobre a influência do desenho urbano na percepção térmica dos indivíduos (JOHANSSON; EMMANUEL, 2006; LIN; MATZARAKIS, 2008; HIRASHIMA, 2014; JOHANSSON *et al*., 2018). Outros trabalhos abordam a calibração do índice em si (MONTEIRO; ALUCCI, 2006; LUCCHESE *et al*., 2016; KRÜGER *et al*., 2017; KRÜGER *et al*., 2018). A determinação das temperaturas de neutralidade térmica e dos limites inferior e superior da zona de conforto térmico para o índice PET é subsídio importante para a concepção de projetos urbanos e paisagísticos voltados a uma visão bioclimática, e auxilia na compreensão do contexto no qual o projeto está inserido. Até o momento, não há registro de uma avaliação do conforto térmico em ambientes abertos para a cidade de Pelotas - RS. Este

artigo apresenta o método adotado e resultados parciais para os meses durante os quais os levantamentos (entrevistas e medições) em Pelotas já foram realizados: agosto e outubro de 2018. A continuação deste estudo se dará para outros períodos, a fim de determinar a zona de conforto no decorrer do ano em ambientes abertos em Pelotas.

2. OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo a caracterização de uma zona de conforto térmico para ambientes externos no município de Pelotas - RS, através do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). Até o presente momento foram analisados os meses de agosto e outubro.

3. MÉTODO

O método utilizado nesta pesquisa abrange trabalho de campo, no qual é analisada a percepção térmica dos transeuntes nos pontos de coleta e, simultaneamente, ocorre o registro de dados climatológicos. As etapas que constituem este trabalho estão descritas abaixo:

1. Caracterização do clima local e definição dos pontos de coleta;
2. Estruturação dos questionários e população de estudo;
3. Coleta de dados e aplicação dos questionários;
4. Obtenção da Temperatura Fisiológica Equivalente (PET);
5. Definição da neutralidade térmica e da zona de conforto térmico.

3.1. Caracterização do clima local e definição dos pontos de coleta

Pelotas (31°46'34"S, 52°21'34"W), segundo a classificação de Köppen-Geiger, apresenta clima Cfa. Conforme as Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, BRASIL, 2018), a temperatura média anual é de 18°C, variando entre 8,4°C (média das mínimas em julho) e 28,5°C (média das máximas em janeiro), umidade relativa média anual corresponde a 81%, intensidade do vento média anual é 3,7 $m.s^{-1}$, insolação anual de 2328 horas e precipitação aproximada de 1400 mm ao ano.

Com a intenção de analisar locais situados em áreas abertas utilizadas frequentemente pela população e que, ao mesmo tempo, apresentam particularidades distintas quanto à vegetação, revestimento e uso de solo, cobrimento do céu dentre outros, foram definidos cinco pontos de coleta de dados para a realização das campanhas. Esses postos estão localizados em diferentes áreas da cidade, sendo que três pontos estão na região central de Pelotas, o quarto local está situado na zona norte da cidade, em um bairro residencial, e o último foi estabelecido na praia do Laranjal. A distinção dos pontos escolhidos em termos de fator de visão do céu (*Sky View Factor*) é apresentada na Figura 01, com uma variação de 0,517 (centro) a 0,871 (praia). A fim de detalhar graficamente os pontos de medição, a Figura 02 apresenta uma visualização aérea dos locais.



a) 0,717 b) 0,517 c) 0,517 d) 0,671 e) 0,871

Figura 1: locais de análise. Fonte: Os autores.



a) b) c) d) e)

Figura 2: visualização aérea dos locais de análise. Fonte: Google Earth.

3.2. Estruturação dos questionários e população de estudo

Os questionários aplicados aos usuários dos espaços abertos foram estruturados considerando a ISO 10551 (2015), quanto à percepção térmica de transeuntes ao ar livre. Também foram observadas as ISO 8996

(2004), 7730 (2005) e 9920 (2007) e o estudo de *Johansson et al.* (2014). As questões abordadas se referem à utilização do espaço pelo transeunte, aclimatação, percepção térmica e percepção da ventilação. Os dados biométricos coletados envolvem sexo biológico, idade, altura, massa corporal e cor da pele. Também foram levantadas, a partir de uma tabela com trajes típicos, as vestimentas utilizadas pelos indivíduos, assim como o calor metabólico da atividade exercida no momento da entrevista. Quanto ao uso do espaço, foi identificado se o usuário conhece o local, com qual frequência o utiliza e qual a razão de ali estar. Em relação à aclimatação de longo e curto prazo, esta se referia quanto tempo o usuário reside no município, ao período que está no espaço externo e ao uso ou não do ar-condicionado em casa e no ambiente de trabalho.

Com a intenção de avaliar a percepção térmica quanto à sensação e preferência dos usuários, foi questionado como a pessoa se sentia no momento (Tabela 1). A população analisada foi definida como aqueles que cumprem os pré-requisitos de serem residentes no município de Pelotas há mais de seis meses e que estejam no ambiente externo há pelo menos cinco minutos. Não foi realizada uma delimitação de faixa etária restringindo os entrevistados.

Tabela 1 – Sensação e preferência térmica

Como se sente nesse exato momento?						
Com muito frio	Com frio	Com pouco frio	Sem frio nem calor	Com pouco calor	Com calor	Com muito calor
-3	-2	-1	0	1	2	3
Como preferia se sentir?						
Muito mais frio	Mais frio	Um pouco mais frio	Nem mais frio, nem mais quente	Um pouco mais quente	Mais quente	Muito mais quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

Fonte: Os autores

3.3. Coleta de dados e aplicação dos questionários

O registro de informações climatológicas foi realizado através do equipamento TGD-400. Esse medidor de stress térmico, além de possuir a função *datalogger* (console digital), é constituído por um conjunto de sensores para as seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco (TBS) e úmido (TBU), valor do IBUTG, temperatura de globo (T_G) e velocidade do vento (v). O globo utilizado tem diâmetro de 5cm e foi pintado na cor cinza médio (THORSSON *et al*., 2007; JOHANSSON *et al.*, 2014), assumindo-se emissividade de 0,95.

A coleta de dados ocorreu no período diurno, entre 9:00 e 17:00h, em agosto e em outubro de 2018. Nos dias de monitoramento, o medidor de estresse térmico foi posicionado em um tripé, de modo que estivesse na altura de 1,10 metros e acionado 20 minutos antes do início da aplicação dos questionários, tempo necessário para que o termômetro do globo atingisse o equilíbrio térmico.

Com a compilação das informações e o tratamento dos dados climatológicos registrados e dos questionários aplicados, foi possível calcular a temperatura radiante média. Foi calculada a média das informações captadas pelo equipamento, considerando os três minutos anteriores ao horário do questionário em questão, já que esse é o tempo médio para o que um indivíduo responda às perguntas. Para determinação da temperatura radiante média (T_{RM}), foram utilizadas as variáveis de temperatura do ar, temperatura do globo e velocidade do vento. O resultado foi obtido por meio do cálculo para convecção forçada, conforme estabelecido pela ISO 7726 (1998).

3.4. Obtenção da temperatura fisiológica equivalente

Para a obtenção dos valores de PET, utilizou-se o programa Rayman, desenvolvido por Matzarakis *et al*. (2007), adotando-se como dados de entrada as variáveis TBS, TBU, T_{RM} e v, atividade metabólica de 300 W, correspondente a uma pessoa caminhando a 4 km/h (transeunte). Quanto aos fatores biométricos, foram adotados os dados de uma pessoa padrão, de acordo com o estabelecido pela ISO 8996 (2004). Os valores de isolamento térmico da vestimenta, em 'clo', correspondem ao somatório dos valores para os trajes que cada indivíduo estava utilizando no momento da entrevista.

3.5. Definição da neutralidade térmica e da zona de conforto térmico

Utilizou-se o método de agrupamento de votos de sensação térmica por variação discreta do índice PET calculado (adotou-se 1°C de variação na escala do PET). Os votos agrupados foram verificados de acordo com a classificação definida por Matzarakis e Mayer (1996) (Tabela 2). A partir da linha de tendência gerada, a zona de conforto e a temperatura de neutralidade térmica foram obtidas, atribuindo-se para isso uma variação de sensação térmica entre -0,50 e +0,50 e o voto nulo, respectivamente. Quando o valor de PET for inferior ao limite mínimo da zona de conforto ou superior ao limite máximo, haverá desconforto por

frio ou por calor, respectivamente. No agrupamento, a média por variação de PET corresponde a um mínimo de três votos de sensação térmica, de modo a reduzir a ocorrência de *outliers*.

Tabela 2 - Índices PMV e PET e a relação desses com a sensação térmica e o nível de estresse térmico

PMV	PET	Sensação térmica	Nível de estresse térmico
-3,5	4°C	Muito frio	Extremos estresse para o frio
-2,5	8°C	Frio	Forte estresse para o frio
-1,5	13°C	Pouco frio	Moderado estresse para o frio
-0,5	18°C	Levemente frio	Leve estresse para o frio
0,5	23°C	Confortável	Sem estresse térmico
1,5	29°C	Levemente calor	Leve estresse térmico para o calor
2,5	35°C	Pouco calor	Moderado estresse para o calor
3,5	41°C	Calor	Forte estresse para o calor
		Muito calor	Extremo estresse para o calor

Fonte: adaptado de Matzarakis e Mayer, 1996.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

A linha de tendência gerada para os questionários aplicados resulta que o valor PET responde por cerca de 80% da variação de voto de sensação térmica real obtido nos levantamentos de campo (Figura 3). A zona de conforto térmico tem como temperatura de neutralidade térmica 20,73°C, com limite inferior de 16,30 °C e superior de 25,15°C (Tabela 3).

Tabela 3 - Zona de conforto térmico para Pelotas – RS para valores na escala PET

Limite inferior	25,15°C
Neutralidade térmica	20,73°C
Limite superior	16,30°C

Fonte: Os autores

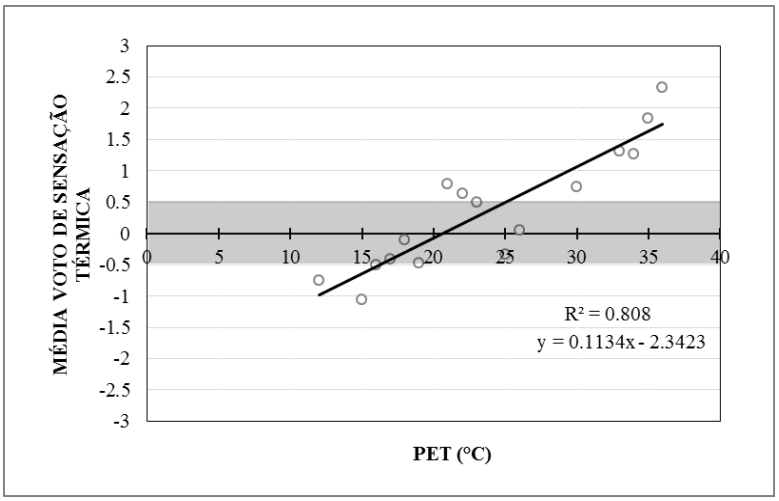


Figura 3: Valores de PET vs. Sensação Térmica. Fonte: Os autores.

Verifica-se que a faixa obtida se aproxima da variação de PET para Curitiba - PR, segundo mesmo método de análise (KRÜGER *et al*., 2018), tendo-se nesse caso uma variação entre 13 e 25°C PET. Considerando que a amostra de Pelotas é ainda pequena, a pesquisa em andamento poderá resultar em uma melhor definição da faixa de conforto para o índice PET. Lembrando que a faixa original para o PET é de 18 a 23°C PET (MATZARAKIS; MAYER, 1996).

5. ETAPAS FUTURAS

Até a presente etapa, a pesquisa atingiu ao objetivo de delimitação preliminar de uma zona de conforto térmico para o índice PET para Pelotas - RS. Corroborando resultados obtidos para outra localidade brasileira de condições subtropicais (Curitiba - PR), obteve-se que a zona de conforto original foi ampliada tanto para cima como para baixo, possivelmente mostrando maior tolerância térmica da população não habituada ao uso de sistemas de calefação ou climatização na região sul do país.

Uma limitação deste trabalho é o fato de ser um recorte de informações que abrange um período de dois meses. Com a continuidade dos estudos e das campanhas de monitoramento, a intenção é traçar uma zona de conforto para períodos maiores, possibilitando análises comparativas e identificação de estratégias urbanísticas que proporcionem maiores níveis de conforto térmico em áreas externas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARAKAT, A.; AYAD, H.; EL-SAYED, Z. Urban design in favor of human thermal comfort for hot arid climate using advanced simulation methods. **Alexandria Engineering Journal**, [s. l.], v. 56, n. 4, p. 533-543, 2017.

GAGGE, A.; STOLWIJK, J. An Effective Temperature and Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regularity Response. **Memoirs of the Faculty of**, 1972.

HIRASHIMA, S. Q. S. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte - MG, Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 71-75, 1999.

HUANG, J.; CEDEÑO-LAURENT, J. G.; SPENGLER, J. D. CityComfort+: A simulation-based method for predicting men radiant temperature in dense urban areas. **Building and Environment**, [s. l.], v. 80, p. 84-95, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Pelotas - Rio Grande do Sul**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pelotas/panorama, acessado em: março de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA. **Normais Climatológicas 1981-2010**.INMET, BRASIL, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO 10551. **Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales**. Genève: ISO, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO 7726. **Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities**. Genève: ISO, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO 7730. **Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Genève, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO 8996. **Ergonomics of the thermal environments – Determination of thermal metabolic rate**. Genève: ISO, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO 9920. **Ergonomics of the thermal environments – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**. Genève: ISO, 2007.

JOHANSSON, E. Urban thermal comfort in the tropics. In: EMMANUEL, R. **Urban Climate in the tropics:** Rethinking Planning and Design Opportunities. London: Imperial College Press, 2016. p. 163-204.

JOHANSSON, E.; EMMANUEL, R. The influence of Urban Design on Outdoor Thermal Comfort in the Hot, Humid, city of Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, p. 119-133, 2006.

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

JOHANSSON, E.; YAHIA, M. W.; ARROYO, I.; BENGS, C. *Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador"*. **International Journal of Biometeorology,** v. 62, p. 387–399, 2018.

KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; CRISTELI, P. S.; SOUZA, H. A. de. Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 135-148, jul./set. 2018.

KRÜGER, E. L.; ROSSI, F.; DRACH, P. Calibration of the physiological equivalent temperature index for three different climatic regions. **International Journal of Biometeorology**, [s.l.], v. 61, n. 7, p. 1323-1336, 2017.

LIN, T. P.; MATZARAKIS, A. Tourism Climate and Thermal Comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, p. 281-290, 2008.

LUCCHESE, J. R.; MIKURI, L. P.; FREITAS, V. S. de; ANDREASI, W. A. Application of Selected Indices on Outdoor Thermal Comfort Assessment in Midwest Brazil. **International Journal of Energy and Environment**, v. 7, n. 4, p. 291-302, 2016.

MATZARAKIS, A.; BLAZEJCZYK, K.; AMELUNG, B. **Climate Change and Tourism Assessment and Coping Strategies**. Freiburg: Maastricht-Warsaw, 2007.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. Another Kind of Environmental Stress: thermal stress. **WHO Newsletter**, v. 18, p. 7-10, 1996.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modeling radiation fluxes in simple and complex environments: Basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 54,n. 2, p. 131-139, 2007.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 76-84, 1999.

MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. **Theoretical and Applied Climatology**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 43-49, 1987.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Calibration of Outdoor Thermal Comfort Models. **In:** CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 23.,Genebra, 2006. Proceedings... Genebra, 2006.

THORSSON, S.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. **International Journal of Climatology,** v.27, p.1983-1993, 2007.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).