

## CALIBRAÇÃO DE FAIXA DE CONFORTO TÉRMICO EM PELOTAS - RS PARA O MÊS DE AGOSTO COM O ÍNDICE TÉRMICO PET

LUÍSA ALCANTARA ROSA<sup>1</sup>; EDUARDO GRALA DA CUNHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFPEL – [luisa.alcantara.rosa@gmail.com](mailto:luisa.alcantara.rosa@gmail.com)

<sup>2</sup>UFPEL – [eduardogralacunha@yahoo.com.br](mailto:eduardogralacunha@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre o conforto térmico em áreas externas são realizados para verificar as percepções dos usuários sobre os ambientes e auxiliar na análise e em propostas de planejamento urbano que considerem as alterações climáticas recorrentes e progressivas, podendo mitigar os efeitos das ilhas de calor. A temperatura do ar é o indicador de conforto térmico mais comumente utilizado, mas por si só não é um índice preciso (BARAKAT et al., 2017).

A temperatura radiante média (TRM) é considerada um dos fatores que mais influenciam no conforto térmico humano (THORSSON et al., 2007). A TRM considera, na troca de calor radiante entre o corpo humano e o ambiente em que está inserido, os fluxos de radiação de onda curta e longa (HUANG et al., 2014). Diversos índices térmicos, como o Physiological Equivalent Temperature (PET), Perceived Temperature (PT) e Universal Thermal Climate Index (UTCI), são utilizados na compreensão da percepção térmica dos usuários dos espaços externos. O índice PET é utilizado neste estudo, sendo um índice recomendado pela Associação Alemã de Engenheiros (VDI), compondo os regulamentos indicados para o planejamento urbano e regional (KRÜGER et al., 2018). Conforme apontado por JOHANSSON (2016), desde a última década são crescentes os estudos a respeito do conforto térmico em áreas abertas.

A base do modelo do índice PET é o Modelo de Balanço Energético de Munique (MEMI). O índice PET aponta, através do balanço energético do corpo, quais os impactos ocasionados pelo ambiente térmico referente ao estresse térmico. O valor do PET é expresso em graus Celsius (°C) e parâmetros que influenciam no balanço energético humano estão representados no índice (MATZARAKIS et al., 1999).

Através do índice PET é possível avaliar diferentes situações urbanas em relação ao grau de conforto ou stress térmico de usuários de espaços externos. Para auxiliar a concepção de projetos urbanos e no entendimento das condições climáticas vivenciadas pela população, é realizada a determinação de faixas de conforto térmico. A calibração do índice PET ocorreu através do método de agrupamento dos votos de sensação térmica pela variação discreta de 1° C PET. O objetivo deste estudo é a calibração de uma faixa de conforto térmico para a Pelotas - RS para o mês de agosto com a utilização do índice térmico PET.

### 2. METODOLOGIA

Através do trabalho de campo, foi possível verificar a percepção térmica dos usuários nos pontos de coleta de dados. Este estudo é constituído por cinco etapas, sendo elas:

1. Caracterização do clima local e definição dos pontos de coleta de dados;
2. Estruturação dos questionários e definição da população de estudo;
3. Coleta dos dados microclimáticos e aplicação dos questionários;

4. Obtenção dos valores de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET);
5. Definição da faixa de conforto térmico.

### 2.1. Caracterização do clima local e definição dos pontos de coleta de dados

Ao sul do Rio Grande do Sul está localizada a cidade de Pelotas ( $31^{\circ}46'34''S$ ,  $52^{\circ}21'34''W$ ), que apresenta clima cfa, pela classificação Köppen-Geiger. Conforme apresentado pelas Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, BRASIL, 2018), a temperatura média anual na cidade corresponde a  $18^{\circ}C$ , sendo a média das máximas em janeiro e a média das mínimas em julho, respectivamente,  $28,5^{\circ}C$  e  $8,4^{\circ}C$ , umidade relativa média ao ano de 81% e precipitação anual próxima de 1400 mm.

Cinco pontos em Pelotas foram definidos para as campanhas de monitoramento dos dados e aplicação dos questionários. São áreas de uso frequente da população e apresentam distinções entre si quanto ao revestimento e uso do solo, cobrimento do céu e presença de vegetação.

### 2.2. Estruturação dos questionários e definição da população de estudo

Foram consideradas as normas ISO 8996 (2004), 7730 (2005), 9920 (2007) e 10551 (2015) para a estruturação dos questionários aplicados. Aclimatação, uso do espaço, percepção e preferência térmica e de ventilação são fatores questionados. Este estudo considera a questão sobre percepção térmica dos usuários para a definição da faixa de conforto térmico (Tabela 1).

Sobre a população de estudo, ela é constituída pelos que residentem em Pelotas há pelo menos seis meses e que estejam no ambiente externo há mais de cinco minutos. Não há restrições quanto à idade dos participantes.

Tabela 1 - Percepção térmica dos usuários

Como te sentes neste 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

Fonte: Os autores, 2020.

### 2.3. Coleta dos dados microclimáticos e aplicação dos questionários

Para a coleta dos dados microclimáticos foi utilizado o medidor de stress térmico TGD-400 e registradas as seguintes variáveis: velocidade do vento e as temperaturas de bulbo úmido, seco e de globo. O globo utilizado tem 5 cm de diâmetro, foi pintado na cor cinza médio (JOHANSSON et al., 2014) e assumida emissividade de 0,95 (ISO 7726, 1998). O registro dos dados ocorreu a cada cinco segundos. Foram realizadas 6 campanhas de monitoramento em agosto de 2019, cada dia em um ponto, entre o horário de 9h00min e 17h00min.

### 2.4. Obtenção dos valores de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET)

Para a obtenção dos valores de PET, foi utilizado o programa Rayman, desenvolvido por Matzarakis et al. (2007). As variáveis para a entrada dos dados são temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, temperatura radiante média e isolamento térmico da vestimenta (expresso na unidade clo). Os dados biométricos utilizados são de um homem padrão (30 anos, 70 kg e 1,75 m), conforme a ISO 8996 (2004). A taxa metabólica adotada é referente a uma pessoa caminhando a 4 km/h (300 W/m<sup>2</sup>). A temperatura radiante média foi calculada pela equação para convecção forçada, segundo a ISO 7726 (1998).

## 2.5. Definição da faixa de conforto térmico

Foi adotado 1°C de variação na escala PET e utilizado o método de agrupamento dos votos de sensação térmica pela variação discreta do índice PET calculado. Os votos agrupados seguiram a classificação proposta por Matzarakis e Mayer (1996). A faixa de conforto é delimitada pela variação da sensação térmica entre os limites de -0,50 e +0,50. A temperatura de neutralidade térmica é obtida quando corresponder ao voto nulo de sensação térmica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

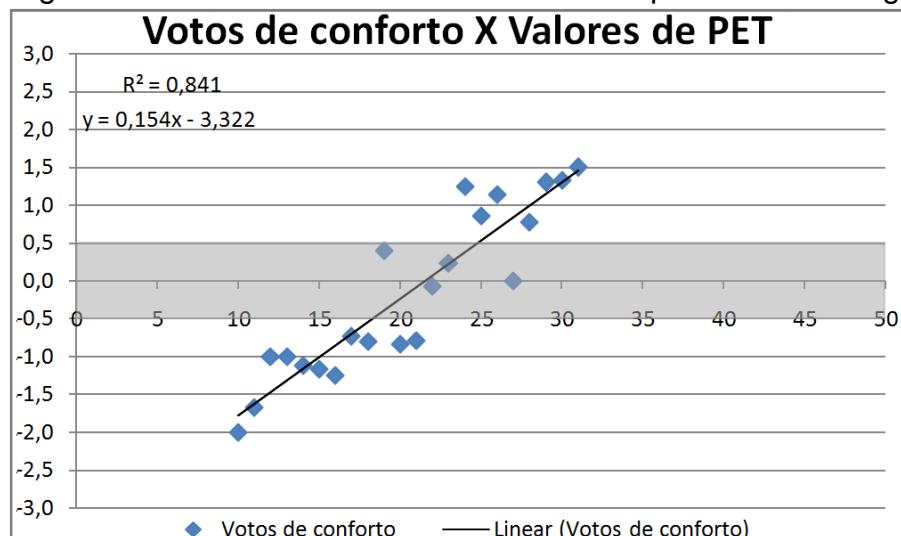
Foram coletados e validados cento e noventa e nove votos de conforto ao longo do mês de agosto. A linha de tendência gerada aponta que há uma correspondência de 84% dos valores de PET, dada a variação do voto de conforto térmico real (Figura 1). A faixa de conforto térmico obtida para o mês de agosto para a cidade de Pelotas varia entre 18,3°C e 24,8°C PET (Tabela 2).

Tabela 2 - Faixa de conforto térmico para agosto

Limite superior	24,8°C PET
Neutralidade térmica	21,6°C PET
Limite inferior	18,3°C PET

Fonte: Os autores, 2020.

Figura 1 - Gráfico com os resultados obtidos para o mês de agosto



Fonte: Os autores, 2020.

Segundo Matzarakis e Mayer (1996), a faixa de conforto térmico original do índice PET varia entre 18° a 23°C PET. Para o mês de agosto em Pelotas, a faixa obtida varia entre 18,3° e 24,5°C PET, observa-se que em relação a zona de conforto original do índice PET, o limite superior foi aumentado. A amplitude da faixa de conforto térmico para agosto também é maior que a prevista originalmente para o índice, respectivamente, abrangendo 6,2° C PET e 5°C PET.

## 4. CONCLUSÕES

A delimitação de uma faixa de conforto térmico para o mês de agosto para a cidade de Pelotas - RS, com o índice térmico PET, ainda não havia sido calibrada.

Através da continuidade dos estudos será possível determinar faixas de conforto térmico para períodos maiores.

## 5. 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.
- 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 NACIONAL DE METEOREOLOGIA. **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.; 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.
- 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.
- 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.
- 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.