

## CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO ABERTO

ANA CLÁUDIA MACHADO GROSSI, autora<sup>1</sup>;  
EDUARDO GRALA DA CUNHA, orientador<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PROGRAU- UFPEL- [aclaudiagrossi@yahoo.com.br](mailto:aclaudiagrossi@yahoo.com.br) (autor 1)

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

### 1. INTRODUÇÃO

O urbanismo da paisagem natural consiste em um sistema que envolve o clima e a arquitetura do local, segundo (MONTEIRO, 1976). Conforme *Copernicus Climate Change Service* (C3S, 2023), o resultado da pesquisa sobre a temperatura média global para julho desse ano, confirma-se como a mais alta já registrada. Esse dado, apresentasse a mais expressiva média de 1991-2020. Nesse cenário, as normas sobre o conforto térmico estabelecem avaliar as variações nos ambientes fechados, porém faltam diretrizes e indicadores para as avaliações em espaços abertos, evidenciando-se a necessidade da pesquisa.

O objetivo do estudo é determinar a zona de conforto térmico na cidade de Santiago/RS, caracterizada pelo clima subtropical úmido (Cfa - Koppen-Geiger). O objetivo específico, visa a análise da percepção térmica dos entrevistados, relacionados com as características urbanísticas observadas em cada ponto de coleta. Desta forma, verifica-se as respostas dos entrevistados quanto a percepção térmica em cada ponto e determina-se a faixa de sensação térmica com índice PET (Physiological Equivalent Temperature) nos espaços abertos nessa localidade. Para isso, usaram-se os aparelhos de -Termômetro de Globo Digital Portátil – ITEMP e o TGD-400. Verificaram-se os dados nas estações de outono e inverno de 2023. Necessitou-se, para o registro de dados o monitoramento de temperatura do globo; temperatura de bulbo seco; temperatura de bulbo úmido; IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro Global); índice de aquecimento; fluxo e velocidade do ar. Tornando-se assim possível relacionar-se às faixas de percepção térmicas aos moradores da cidade.

A determinação e desenvolvimento do índice PET surgiu em 1987, por MAYER e HÖPPE (1987). A Associação Alemã de Engenharia (VDI) recomenda a utilização do índice PET nas resoluções quanto ao planejamento regional e urbano sensíveis ao clima (KRÜGER *et al.*, 2018). Logo, as informações foram coletadas em três pontos distintos em espaços que se diferem em: P1 (sombreamento arbóreo), P2 (parcialmente sombreado artificial, marquises) e P3 (exposto ao sol, aberto). O estudo possibilita adaptar 5 categorias do índice PET, sendo: muito frio, pouco frio, confortável, pouco calor e muito calor. No questionário abordam-se as informações da biometria dos participantes em: atividade metabólica desempenhada, isolamento térmico da vestimenta, uso do espaço, aclimatação e percepções térmica e da ventilação. O registro da temperatura de globo realizou-se conforme a literatura. Consideram-se que as análises dos questionários e dos registros das variáveis climáticas viabiliza a determinação dos valores de temperatura radiante média (Trm) e de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). Assim é possível estabelecer as faixas de conforto térmico para os espaços abertos em Santiago/RS.

## 2. METODOLOGIA

Na calibração usou-se o método quali-quantitativo que engloba um questionário tipo “Survey”. Entre as variações que influenciam a pesquisa na calibração do índice PET, destaca-se os parâmetros em que se trata as variáveis ambientais e individuais. Notam-se que há variações ambientais (climáticas), variações humanas (subjetivas) e variações arquitetônicas (nos espaços). Nesse caso, considera-se o referencial de triangulação entre o questionário, coleta de dados climatológicos e a arquitetura local, como base da análise dessa pesquisa.

Uma das finalidades é descrever as informações coletadas da população representativa, em 3 pontos da cidade com características urbanas diferenciadas. Os pontos de coleta de dados são: Praça Moisés Viana - P1- (o espaço caracteriza-se com entorno parcialmente encoberto, arbóreo), - P2- localiza-se na 1º Quadra do Calçadão, onde (o espaço é aberto com entorno parcialmente encoberto artificialmente por marquise), e - P3 – Estação do Conhecimento, onde (o espaço é aberto sem obstrução artificial ou arbóreo). Na ocasião, é aplicado o questionário (em folhas com consentimento livre de esclarecimento), onde ocorre simultaneamente o registro climatológico.

Relacionar-se as informações coletadas para determinar os valores de  $T_{mrt}$  (temperatura radiante media) e PET (Physiological Equivalent Temperature), desta forma, indica-se a zona de conforto térmica através de gráficos.

São divididas em 4 etapas:

- **1\_ Organização dos procedimentos:** Definição dos pontos de coleta, cálculo do número de questionários (382 por estação climatológica do ano), indicadores térmicos locais, elaboração do questionário.
- **2\_ Trabalhos em campo:** Registro climatológico com os aparelhos de Termômetro de Globo Digital Portátil – ITEMP (maio e junho) e o TGD-400 (julho e Agosto) – posicionado à 1,2m do piso, simultaneamente o questionário nos pontos 1, 2, 3 (em momentos alternados), nos horários das 9 às 10h, das 12 às 13h e das 15 às 16h.
- **3\_ Definição dos valores  $T_{mrt}$  (temperatura radiante media) e PET (Physiological Equivalent Temperature):** Tabulação dos dados coletados no Excel, cálculo dos valores  $T_{mrt}$ , cálculo dos valores PET(RayMan).
- **4\_ Apresentação da análise e resultado:** processamento dos dados; apresentação dos resultados.

Nesse momento, o estudo em Santiago/RS, apresenta-se em andamento, pois o inverno termina em setembro. A estação de outono foi de fase piloto com o uso do aparelho - ITEMP-, na sequência usa-se o aparelho TGD-400, na busca do resultado em uma definição da faixa de conforto para o índice PET.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A zona de conforto térmico apresentado por (MATZARAKIS; MAYER, 1996), aponta o resultado de PET 18°C a 23°C. Nesse recorte paralelo, a variação de temperatura é entre 13°C e 25°C PET, na pesquisa na cidade de Curitiba - PR, segundo o método de análise (KRÜGER et al., 2018), a faixa obtida aproxima-se da variação de PET em Pelotas – RS, segundo (ROSA, Luisa Alcatra, 2021).

A pesquisa na cidade de Santiago considera-se em andamento em 2 estações do ano apenas. Alguns pontos combinam-se independente da região que foram coletadas, ao passo que outros diferem-se às constantes variações climáticas observadas na região. Considera-se as elevadas temperaturas térmicas, ocorrendo

simultaneamente em vários estados de diferentes regiões brasileira, por causa da formação do fenômeno El Niño, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/2023).

Os 545 questionários resultam que o valor PET responde a variação de votos de sensação térmica real obtida no levantamento de dados (Tabela 1). Baseando-se no cenário exposto ao sol, no período seco, nas estações mais frias do ano de 2023. A zona de conforto térmico tem como neutralidade térmica de **20,3°C**, com limite inferior de **23,1°C** e superior de **19,3°C** (Tabela 2).

Tabela 1: Questionários, votos sensação térmica e PET °C

Estação (< 382)	Data/col eta dados	Questionários por dia nos pontos 1,2,3 9às10/12às13/15às16hs	Globo °C (Variação 31°C)	Vento m/s	PMV	PET 18° à 23°C
Outono (161)	14/04/2023	56	17° à 29°C	3,6	0	18°C
	17/04/2023	77	16° à 28°C	3,8	0	18°C
	12/06/2023	28	09° à 20°C	4,2	0	20°C
Inverno (384)	01/08/2023	93	17° à 29°C	3,6	0	21°C
	02/08/2023	96	17° à 29°C	4,4	0	20°C
	25/08/2023	90	10° à 17°C	6,6	-0,5	19°C
	29/08/2023	71	09° à 28°C	3,8	0	18°C
	30/08/2023	34	09° à 40°C	1,66	0,5	23°C

Fonte: autor

O resultado médio do IMC, referente a 60% dos entrevistados na estação de outono, conforme a Organização Mundial da Saúde está entre 25.8 kg/m<sup>2</sup> e 27.4 kg/m<sup>2</sup>, acima do recomendado para a sua altura. A idade dos entrevistados varia-se entre 33 à 77 anos, sendo assim, 70% entre 46 e 55 anos. Considerando 60% mulheres e 40% homens entrevistados.

#### 4. CONCLUSÕES

As variações térmicas no outono e inverno de 2023, considera-se as mais altas temperaturas registradas no globo, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE,2023). As variações térmicas, percepções e análises calculados nessa amostra parcial, representa que no P1 (espaço parcialmente arborizado) o conforto prevalece em relação ao P2 e P3, dados coletados na estação de outono e inverno. No espaço P2 (espaço onde os prédios encobrem parcialmente a radiação solar), o conforto aparece mais evidente no período das 9:45 às 16:00 nas análises. O P3 (espaço aberto), a análise dos dados apresenta uma tendência mais próximo ao desconforto que nos outros 2 Pontos anteriores.

Ressalta o autor da necessidade de mais dados para uma conclusão mais condizente ao grau de complexidade que exige essa pesquisa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOREOLOGIA.** Normais Climatológicas 1981-2010. INMET, BRASIL, 2020.
- 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 9920.** Ergonomics of the thermal environments – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Genève: ISO, 2007.
- INPE**, Com El Niño, inverno será mais quente, aponta Inpe . Publicação revisado em 03/07/2023. Acessado em: 01/09/2023. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/accompanhe-o-mcti/noticias/2023/06/com-el-nino-inverno-sera-mais-quente-aponta-inpe#>:
- 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.
- 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.
- 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.
- MAYER, H.; HÖPPE, P.** Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 43-49, 1987.
- ROSA, LUÍSA ALCANTARA.** Calibração do índice de conforto térmico temperatura fisiológica equivalente (pet) para as áreas abertas de Pelotas - RS / Luísa Alcantara Rosa ; Eduardo Grala da Cunha, orientador ; E.L.Krüger, coorientador.—Pelotas, 2021.