

CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO ABERTO

ANA CLÁUDIA MACHADO GROSSI, autora¹;
EDUARDO GRALA DA CUNHA, orientador²

¹PROGRAU- UFPEL– aclaudiagrossi@yahoo.com.br (autor 1)

² PROGRAU- UFPEL- Orientador – 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, aclimação 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 1ª 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 média) 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 média) 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 fria 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 9às10/12às13/15às1 6hs	Globo °C (Variação 31°C)	Vento m/s	PMV	PET 18° à 23°C
Outono (161)	14/04/20 23	56	17° à 29°C	3,6	0	18°C
	17/04/20 23	77	16° à 28°C	3,8	0	18°C
	12/06/20 23	28	09° à 20°C	4,2	0	20°C
Inverno (384)	01/08/20 23	93	17° à 29°C	3,6	0	21°C
	02/08/20 23	96	17° à 29°C	4,4	0	20°C
	25/08/20 23	90	10° à 17°C	6,6	-0,5	19°C
	29/08/20 23	71	09° à 28°C	3,8	0	18°C
	30/08/20 23	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/m² e 27.4 kg/m², acima do recomendado para a sua altura. A idade dos entrevistados varia-se entre 33 à 77anos, 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 METEOROLOGIA. 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/acompanhe-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.