

AVALIAÇÃO NOS NÍVEIS DE ACURÁCIA DE MEDIDORES DE STRESS TÉRMICO

LUIZA DA SILVA PINTO¹; MANUELA DE AGUIAR BANDEIRA²; SAMUEL MACIEL DE ÁVILA³; RENATA HEIDTMANN BEMVENUTI⁴; STEFFANI NIKOLI DAPPER⁵; LUIS ANTONIO DOS SANTOS FRANZ⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – luizapinto.ep@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – manubandeiraa@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – samuelavilaeng@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – reheidtmann@yahoo.com.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – steffani.dapper.adm19@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – luisfranz@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é uma pauta importante no que tange os espaços de vivência dos indivíduos, influenciando significativamente na realização de atividades diárias e no comportamento emocional dos usuários. De acordo com Silva (2020), é essencial manter uma temperatura térmica estável e agradável para todos nos diferentes cenários enfrentados do dia a dia, a fim de haver harmonia nas ações que são realizadas. Isso vale tanto para o contexto da moradia quanto para os espaços de trabalho.

No caso dos espaços laborais, é recorrente considerar o Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTg) como parte das variáveis para a avaliação da exposição às condições térmicas. Para este índice ser calculado, utiliza-se um conjunto de instrumentos de auxílio, que medem as variáveis relevantes, sejam elas relativas à temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação térmica. Contudo, a confiança nos dados coletados, por algumas vezes, pode ser incerta, caso as calibrações dos aparelhos em questão apresentem incoerências.

Em vista disso, emerge a importância de estudos que busquem avaliar e compreender a exatidão e precisão dos dados coletados por esses equipamentos. Com um estudo desse tipo é possível obter informações que contribuam na promoção de avaliações mais confiáveis desse tipo de instrumento. Quanto mais trabalhos explorando tal tema, mais robustos são os procedimentos e maiores as possibilidades de medições assertivas na área. Para além do exposto, procedimentos de avaliação são atividades cotidianas importantes e indispensáveis na rotina da iniciação científica, atividade esta vivenciada por parte dos autores do presente trabalho.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar a variabilidade presente entre três medidores de estresse térmico, e se há diferenças significativas nos resultados obtidos.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa pode ser classificada, quanto à natureza, como básica e, em relação aos objetivos, como exploratória, sendo experimental em termos de procedimentos (Gil, 2022). Em um primeiro momento foi estabelecido o planejamento do experimento, onde foram definidos o período em que as medições seriam realizadas, as configurações de leitura para os equipamentos e previstos os testes estatísticos para as análises.

O presente trabalho foi realizado utilizando-se três medidores de stress térmico modelo TGD-400, da marca Instrutherm. Para realização do experimento, os três foram acondicionados em uma caixa térmica de polipropileno expandido (isopor). Na Figura 1 e na Figura 2 é possível observar a disposição dos equipamentos na caixa de isolamento em polipropileno.

Figura 1: Disposição dos equipamentos TGD 400



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figura 2: Ensaio TGD 400



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

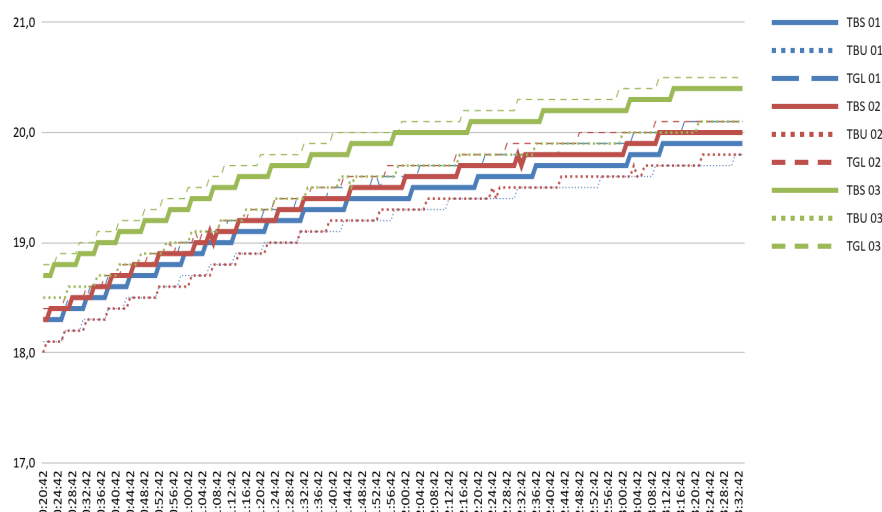
As medições foram realizadas durante três horas e meia no dia 02 de setembro de 2024. Neste dia, a temperatura máxima no momento das medições era de 19 °C e a mínima de 12 °C, enquanto o índice de umidade na região era de 72%.

As medições obtidas a partir dos três medidores de estresse térmico foram organizadas em planilhas e analisadas estatisticamente. Inicialmente, a normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, que indicou distribuição não normal ($p < 0,05$) para todos os conjuntos de dados. Dessa forma, optou-se por utilizar o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, adequado para comparar três ou mais grupos independentes sem pressupor normalidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos 193 registros de leitura nesta pesquisa, os quais foram gravados em intervalos regulares de 60 segundos. Primeiramente, foram extraídos da amostra as 20 primeiras linhas de dados, correspondente aos 20 minutos iniciais do experimento, com a finalidade de maior estabilização das medições e consequentemente dos dados coletados. Assim, o gráfico apresentado abaixo tem o intuito de demonstrar a variabilidade dos dados obtidos pelos aparelhos de medição de estresse térmico e os termômetros de cada aparelho.

Gráfico 1 - Variabilidade dos dados dos medidores de estresse térmico e seus termômetros.



Percebe-se no Gráfico 1, que o medidor de estresse térmico 03 difere dos demais nos distintos parâmetros que foram utilizados para realização do ensaio, ou seja, os termômetros integrados no TGD-400, sendo eles o termômetro de bulbo seco (TBS), que mede a temperatura do ar ambiente, termômetro de bulbo úmido (TBU), mede a temperatura considerando o efeito da umidade do ar, e termômetro de globo (TGL), o qual mede a temperatura radiante média, porém tem um comportamento de ascensão como os demais. Verifica-se que o padrão de tendência de todos os sensores foi de ascensão gradual, coerente com o tempo de exposição e estabilização térmica dentro da caixa de isolamento.

Dessa forma, visando maior precisão na análise das diferenças entre os dispositivos TGD-400, foi realizada uma comparação específica entre os termômetros de cada equipamento. Após constatada a não normalidade dos dados, optou-se pela utilização da mediana e da amplitude interquartílica como medidas de tendência central e dispersão, demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1: Quadro de Mediana e Amplitude Interquartílica entre os termômetros

	TGD-400 1		TGD-400 2		TGD-400 3	
	Mediana	Amplitude Interquartílica	Mediana	Amplitude Interquartílica	Mediana	Amplitude Interquartílica
TBS	19,40	0,70	19,50	0,70	20,00	0,700
TGL	19,30	0,80	19,30	0,70	19,60	0,700
TBU	19,60	0,70	19,70	0,80	19,60	0,700

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Observa-se que as medianas variaram de 19,30 °C a 20,00 °C, indicando proximidade nos valores médios registrados pelos sensores, independentemente do equipamento. No TBS, as medianas foram 19,40 °C, 19,50 °C e 20,00 °C para os equipamentos 1, 2 e 3, respectivamente, com AIQ idêntica (0,70 °C), demonstrando estabilidade nas leituras de temperatura do ar ambiente. Para o TGL, as medianas ficaram em 19,30 °C (equipamentos 1 e 2) e 19,60 °C (equipamento 3), com AIQ entre 0,70 °C e 0,80 °C, evidenciando leve aumento no valor central do equipamento 3, mas ainda com baixa dispersão. No TBU, as medianas foram 19,60 °C, 19,70 °C e 19,60 °C, e as AIQs variaram de 0,70 °C a 0,80 °C, mantendo padrão de dispersão reduzida e alta proximidade entre os equipamentos.

Os resultados do teste não paramétrico Kruskal-Wallis são apresentados na Tabela 3. Esse teste é indicado para a comparação de três ou mais grupos independentes com variáveis contínuas ou ordinais, sem a necessidade de pressupor a normalidade dos dados. Os resultados obtidos foram apresentados na Quadro 2.

Para cada grupo, foram testadas as seguintes hipóteses:

- H_0 : As distribuições dos grupos são iguais.
- H_1 : Pelo menos um grupo apresenta distribuição diferente.

Quadro 2: Quadro demonstrativo do Kruskal-Wallis

Grupos Comparados	Qui-quadrado	df	Significância Assintótica
TBS01,TBS02 e TBS03	104,729	2	0,000
TBU01, TBU02 e TBU03	74,715	2	0,000
TGL01,TGL02 e TGL03	94,771	2	0,000

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Em todas as comparações, o p-valor foi $< 0,05$, rejeitando-se H_0 e indicando que há diferenças estatisticamente significativas entre as medições dos três equipamentos para todos os tipos de sensor.

4. CONCLUSÕES

O teste de Kruskal–Wallis indicou diferença estatisticamente significativa entre os três tipos de termômetros ($p < 0,05$). No entanto, a análise descritiva mostrou que as medidas apresentaram baixa variabilidade, com amplitudes interquartílicas inferiores a 1 °C e medianas próximas. Isso sugere que, embora haja distinções detectáveis pelo teste estatístico, essas diferenças podem não ser expressivas do ponto de vista prático, considerando as margens de precisão declaradas para os equipamentos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA C.S. **Uma Revisão Sistemática sobre conforto térmico ambiental na Região Norte**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Amazonas.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.