

AValiação DO CONFORTO TéRMICO EM SALAS DE AULA UTILIZANDO O MODELO PET E TERMOGRAFIA

Guilherme Lisbôa Silveira¹ (IC), Marcelo de Paula Corrêa (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Conforto térmico. Equilíbrio térmico. Câmera Infravermelha.

Introdução

O ser humano, como todo ser vivo, apresenta uma resposta comportamental e fisiológica aos estímulos e variações provocadas pelo meio ambiente, especialmente em relação à temperatura. Desde os primórdios da civilização, temos registros do uso do fogo para nos aquecer, e também, do uso de vestimentas para nos proteger do frio. Porém nos dias atuais temos sistemas que nos permitem regular a temperatura de ambientes fechados. De forma paralela, cada vez mais se intensifica o estudo de como o ser humano responde a tais variações térmicas, com o intuito de descobrir como elas afetam as pessoas no caráter psicológico e fisiológico, e também buscando encontrar meios de atingir um status de conforto térmico (BATIZ et al., 2001).

De acordo com a ASHRAE (2001), conforto térmico é definido como a condição em que um indivíduo está satisfeito com a condição do ambiente térmico, sendo influenciada por fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Segundo LAMBERTS e XAVIER (2003), o estudo do conforto térmico em ambientes internos tem crescido nas últimas décadas, sendo o trabalho realizado por Fanger, em 1970, considerado como referência. Fanger avaliou o conforto térmico com o método *Predicted Mean Vote* (PMV), onde, a partir de dados de velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa, nível de roupa e atividade metabólica, é possível prever a avaliação do conforto térmico (FANGER, 1970). Tal modelo, no entanto, não leva em consideração certas condições ambientais presentes em locais abertos, pois foi modelado para ser utilizado em locais fechados (WALTHER e GOESTCHEL, 2018).

Outro método para se estimar o grau de conforto térmico é através do modelo *Physiological Equivalent Temperature* (PET), como forma de facilitar a disseminação de informações biometeorológicas que seriam mais úteis para a população, como o tipo de vestimenta ideal para garantir o conforto térmico em determinadas condições (HÖPPE, 1999). Além disso,

avalia uma maneira mais intuitiva de se expressar o nível de conforto, visto que o modelo PMV apresenta o grau de satisfação térmica em uma escala arbitrária, enquanto o modelo PET fornece um valor de temperatura (WALTHER e GOESTCHEL, 2018). Esses pesquisadores propuseram uma série de mudanças na rotina do modelo PET, afirmando que tal ferramenta havia, em sua versão original, erros e simplificações em seus cálculos.

Uma diferente abordagem para se avaliar o conforto térmico é através do uso da termografia infravermelha (TIR), considerado um método não-intrusivo para a aferição da temperatura da pele humana, sendo útil para a detecção de febre e contribuindo para o diagnóstico precoce durante pandemias, como a do SARS-CoV-2 (CHEUNG et al., 2012; LAHIRI et al., 2012).

Com base no que foi apresentado, esse trabalho propõe uma análise das condições térmicas em uma sala de aula da UNIFEI, através do uso de termografia infravermelha e medição de temperatura *in situ* com o intuito de analisar o desempenho do modelo PET com as correções propostas por Walther e Goestchel (2018).

Metodologia

Para a realização da pesquisa, foi utilizado a câmera termográfica FLIR T640, um datalogger de temperatura e umidade relativa HT-70, um medidor de stress térmico TGD-400, e a linguagem de programação *Python* para rodar o modelo PET. Inicialmente, foram feitas algumas adaptações no código do modelo PET fornecido, estabelecendo constantes com valores de acordo com a literatura, e fazendo testes variando variáveis como altura e idade do indivíduo, como forma de certificar a funcionalidade do script. Os dados foram coletados durante o horário de uma aula, na sala L8104, no período entre às 15h45 e 17h20, em uma sala com 23 alunos, onde foram feitos registros de temperatura, temperatura de globo e umidade relativa a cada minuto. As imagens térmicas foram registradas sem nenhuma periodicidade, com as fotografias sendo feitas conforme

variações mais intensas eram observadas nos instrumentos.



Figura 1 – Instrumentos utilizados: Medidor de stress térmico (à esquerda), datalogger de temperatura e umidade relativa (centro) e câmera termográfica (à direita)

Após a coleta dos dados, os dados coletados a cada minuto foram alimentados no modelo para se obter o PET. O modelo também requer dados como o sexo biológico da pessoa, altura, idade, massa corporal e posição (sentado ou em pé), e para esse estudo, assumimos uma pessoa do sexo masculino de 21 anos, com 1,75 metros de altura, pesando 56kg e na posição sentada, em um ambiente similar a um escritório, ou seja, com velocidade do ar de 0.15 m/s e pressão atmosférica em 1013.15 hPa, como proposto por Walther e Goestchel (2018). Após rodar a simulação, foram feitas análises estatísticas no software Excel, aplicando o desvio padrão para comparar as médias da temperatura medida e a obtida pelo PET, assim como o coeficiente de correlação de Pearson, utilizado na série de dados da temperatura registrada e a do modelo, assim como entre essas duas séries e a umidade relativa. Devido a problemas com o *software* da câmera termográfica, não foi possível realizar um estudo mais aprofundado das imagens obtidas.

Resultados e discussão

A figura 2 mostra a comparação entre a temperatura medida e modelada, para cada minuto do período de estudo.

Temperatura Medida x PET

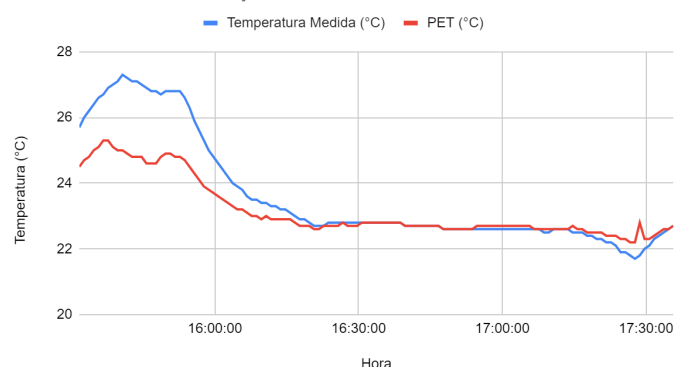


Figura 2 – Comparação entre a temperatura medida e a obtida através do modelo PET

As duas temperaturas seguem o mesmo padrão, validado pelo teste de correlação de Pearson ($r = 0,98$), indicando uma correlação forte e positiva entre as duas variáveis. Um outro ponto de destaque é que, durante às 16h (hora local), há diferenças entre a temperatura real e a do modelo, possivelmente devido ao efeito da umidade relativa, que durante este período variou entre 47% e 51%, menores valores registrados durante o estudo. De acordo com Jing et al. (2013), diversos estudos que buscavam relacionar a umidade relativa e conforto térmico não apresentaram resultados significativos. Após isso, vemos que a temperatura medida e a dada pelo PET se encontram, permanecendo praticamente estáveis, por volta de 22,5 °C, com pequenas variações. Isso pode ser explicado pelo fato de que, além da estabilização da temperatura nesse período, a umidade relativa do ar permaneceu constante, e em ambientes com temperatura modesta, o efeito da umidade relativa se torna desprezível (PARSONS, 1993, FOUNTAIN et al., 1999)

Conclusões

Este foi um estudo bastante preliminar sobre o potencial uso de câmeras termográficas e modelos fisiológicos teóricos (como o PET) para verificação do conforto térmico. No entanto, foi possível verificar que existe uma forte correlação entre a temperatura medida na sala e a fornecida pelo modelo, e que a variação da umidade relativa causa um grande impacto na percepção do conforto térmico. Esse projeto será prorrogado por mais um ano para que um estudo mais aprofundado seja realizado.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade de São Paulo, pelo empréstimo da câmera termográfica FLIR T640; ao Professor Luiz Filipe Silva pelo empréstimo do termômetro de globo; à Universidade Federal de Itajubá, e a FAPEMIG pela bolsa

Referências

AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Physiological principles for comfort and health. **Handbook Fundamentals**, 2001.

BATIZ, Eduardo Concepción et al. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Production**, v. 19, p. 477-488, 2009.

BÜTTNER, K. *Physikalische Bioklimatologie*, Akademische, Verlagsgesellschaft Leipzig. 1938.

CHEUNG, B. M. Y. et al. Detection of body temperature with infrared thermography: accuracy in detection of fever. **Hong Kong medical journal**, 2012.

FANGER, Poul O. et al. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. **Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.**, 1970.

FOUNTAIN, M. et al. An investigation of thermal comfort at high humidities. 1999.

HÖPPE, Peter. The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International journal of Biometeorology**, v. 43, p. 71-75, 1999.

PARSONS, KC. *Human Thermal Environment, the Principles and the Practice*. London, Taylor & Francis, 1993.

LAHIRI, Barid Baran et al. Medical applications of infrared thermography: a review. **Infrared physics & technology**, v. 55, n. 4, p. 221-235, 2012.

LAMBERTS, R.; XAVIER, AAP. Conforto térmico em ambientes internos. **Florianópolis: Laboratório de**

Eficiência Energética em Edificações, 2003.

JING, Shenglan et al. Impact of relative humidity on thermal comfort in a warm environment. **Indoor and Built Environment**, v. 22, n. 4, p. 598-607, 2013.

WALTHER, Edouard; GOESTCHEL, Quentin. The PET comfort index: Questioning the model. **Building and Environment**, v. 137, p. 1-10, 2018.