

# CONFORTO TÉRMICO NA CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES DE SAÚDE E SEGURANÇA: REVISÃO DA LITERATURA

**Mariana Morgado**

DEGEI, Universidade de Aveiro  
marianafmorgado@ua.pt

**Leonor Teixeira**

DEGEI-IEETA, Universidade de Aveiro  
lteixeira@ua.pt

**Mário talaia**

Departamento de Física, CIDTFF, Universidade de Aveiro  
mart@ua.pt

## RESUMO

O estudo do conforto térmico, ligado à ergonomia e saúde ocupacional, tem sido alvo de diversas investigações tendo em conta o seu impacto na segurança conforto e saúde dos ocupantes de um determinado espaço. Assim, o presente trabalho de investigação apresenta numa breve revisão da literatura deste tema com o intuito de dar a conhecer o que tem sido desenvolvido ao nível do estudo do conforto térmico em espaços fechados e não fechados, mostrando como é que os indivíduos reagem e interagem termicamente com o ambiente que os rodeia, seja em condições de conforto ou *stress* térmico.

**Palavras-chave:** Ambiente térmico, Conforto Térmico, Stress Térmico, Índices Térmicos

### Introdução

A sociedade atual, fortemente afetada pela globalização, é caracterizada por uma crescente preocupação com as gerações vindouras, nomeadamente no que diz respeito às questões ambientais. Neste sentido, a comunidade científica e profissionais de várias áreas e diversos grupos ambientalistas têm lutado para o desenvolvimento e criação de condições mais *green* que contribuam para a sustentabilidade do planeta terra.

O estudo de maximização do conforto térmico de espaços, associado à necessidade de redução de consumos energéticos (Castilla et al., 2011; Daum, Haldi, & Morel, 2011), tem sido alvo de investigação nos mais variados contextos, com o intuito de desenvolver soluções arquitetónicas que garantam a segurança, o conforto e a saúde dos indivíduos. Para além disto, este tipo de estudos, geralmente associados à ergonomia e saúde ocupacional, são fulcrais para que as pessoas que habitam um determinado espaço se sintam bem e estejam providas de todas as condições de saúde e segurança, tendo como base a compreensão das reações dos indivíduos, bem como a sua adaptação às diferentes condições ambientais que circundam um determinado espaço ocupacional.

Assim, pretende-se com este trabalho dar a conhecer o que tem sido desenvolvido ao nível do estudo do conforto térmico em espaços fechados e não fechados, mostrando como é que os indivíduos reagem e interagem termicamente com o ambiente que os rodeia, seja em condições de conforto, ou mesmo de *stress* térmico.

### Conforto térmico

Segundo Emmanuel (2005) o tema do conforto térmico começou a ser estudado por arquitetos e *designers* como consequência da urbanização. No entanto, foi com os estudos de Fanger

(1972) que a investigação neste domínio ganhou relevo e seguidores, tanto na área da meteorologia, como nas áreas da medicina, da arquitetura, da engenharia, entre outras.

O conforto térmico pode ser definido como a satisfação de um indivíduo quando exposto a um determinado ambiente térmico (ASHRAE, 2001; ASHRAE 55, 2004; Chow *et al.*, 2010). A sensação térmica está relacionada com o balanço térmico do corpo humano (ser homeotérmico) e, por isso, é muito própria de cada indivíduo, dependendo de vários fatores, quer do ambiente térmico, quer mesmo de factores pessoais, como por exemplo, factores físicos, psicológicos e fisiológicos (Castilla *et al.*, 2011). O ambiente térmico consiste no conjunto de variáveis termohigrométricas, como por exemplo, a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a velocidade do ar e a humidade relativa do ar, que influenciam direta ou indiretamente o ser humano e o seu comportamento.

### **Stress Térmico**

De acordo com vários autores o *stress* térmico é o estado de insatisfação de um indivíduo quando exposto a ambientes térmicos extremos de frio ou calor (Teixeira, Talaia, & Morgado, 2014). As condições de *stress* térmico reduzem os índices de produtividade e aumentam os comportamentos de risco e a probabilidade de acidentes de trabalho (Riniolo & Schmidt, 2006). No entanto, o corpo humano, quando exposto a estes dois tipos de ambientes desencadeia ações de regulação adequadas a partir do sistema termorregulador do organismo e do comportamento. Contudo, em determinadas situações, o permanente contacto com este tipo de ambientes pode desencadear doenças e, em casos extremos até pode levar à morte (ASHRAE, 2001).

### **Espaços fechados e não fechados**

Segundo Hoppe (2002), e principalmente nos países mais industrializados, as pessoas passam mais tempo em espaços fechados do que em espaços abertos. Este facto é devido ao estilo de vida e ao controlo térmico dos mesmos, sendo mais fácil experienciar sensações de conforto térmico num espaço onde os ocupantes têm controlo do ambiente que os rodeia - espaços interiores (Akimoto, Tanabe, Yanai, & Sasaki, 2010). Contudo, para a climatização de espaços interiores é necessário ter em conta os espaços exteriores em redor, uma vez que estes exercem sempre influência sobre o ambiente dos espaços interiores (Yao, Li, & Liu, 2009).

Ambientes distintos são percebidos pelos seus ocupantes de formas distintas. De acordo com o Hoppe (2002) existem três aspetos fundamentais que justificam a diferença de comportamentos e sensação de conforto por parte dos ocupantes dos espaços interiores e exteriores, aspetos psicológicos, aspetos fisiológicos e aspetos energéticos. No que diz respeito às razões psicológicas estas relacionam-se com as expectativas do ser humano (razão de estar num determinado local), prendendo-se com as suas experiências pessoais. As questões fisiológicas caracterizam-se pelo tempo de exposição ao ambiente. As razões energéticas estão relacionadas com a regulação térmica do ser humano, a qual é distinta de indivíduo para indivíduo.

### **Adaptação dos ocupantes aos espaços**

Os ocupantes dos espaços ajustam-se aos estímulos ambientais de forma a manter e melhorar o seu bem-estar. De acordo com o IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2012) a adaptação consiste no ajustamento dos indivíduos ao ambiente atual assim como aos seus

efeitos, realçando a intervenção humana no sentido de facilitar o ajustamento ao ambiente esperado. Para Liu et al. (2012) e Yao et al. (2009) a adaptação do ser humano ao ambiente em seu redor pode ser de três tipos: psicológicas, fisiológicas e comportamentais. A adaptação fisiológica pode acontecer através da adaptação genética, isto é, de geração para geração, ou através de aclimatização, que consiste no processo de adaptação de um organismo vivo a uma alteração de ambiente (Gosling et al., 2014). Alguns exemplos de adaptação fisiológica são a transpiração, vasoconstricção e a vasodilatação. A adaptação comportamental consiste em ações conscientes ou inconscientes em rotinas diárias como são exemplo a troca de roupa, a abertura de janelas, o consumo de bebidas quentes/frias e a cultura (Yao et al., 2009). A adaptação psicológica é a mais difícil de ser medida, estando relacionada com uma alteração de percepção ou reação a um estímulo sensorial devido a experiências térmicas pessoais.

### Metodologias de estudo para o ambiente térmico e sensação térmica

Diversas têm sido as metodologias aplicadas para o estudo dos vários tipos de espaços, fechados e não fechados e da sensação térmica dos ocupantes dos mesmos. A aplicação de índices térmicos destaca-se como a metodologia mais utilizada para este tipo de investigações. A tabela I apresenta alguns exemplos.

**Tabela I- Índices térmicos e variáveis recolhidas para o estudo do ambiente térmico e sensação térmica**

Autor	Contexto	Objetivos	Índices térmicos		Variáveis recolhidas
			Ambiente térmico	Sensação térmica	
Nogueira et al. (2014)	AeroStep (sala de fitness)	Avaliar a sensação térmica das praticantes de AeroStep	EsConTer; ITH (índice temp. e humidade)	Escala de cores associada ao EsConTer	temperatura do ar; humidade relativa do ar: sensação térmica (questionário)
Bakar et al. (2010)	Indústria automóvel da Malásia (espaço interior)	Determinar o conforto térmico dos trabalhadores da empresa	WBGT ( <i>wet bulb globe temperature</i> );	PMV ( <i>predicted mean vote</i> ); PPD ( <i>predicted percentage dissatisfied</i> ); escala sétima de sensação térmica de ASHRAE	velocidade do ar (m/s); Humidade relativa do ar (%); temperatura média radiante; temperatura do ar; nível de atividade (met); isolamento do vestuário(clo)
Pereira (2013)	Salas de aula de escolas públicas	Avaliar o desempenho da ventilação natural para a promoção de conforto térmico de salas de aula de escolas públicas		PMV; PPD; escala sétima de sensação térmica de ASHRAE	temperatura do termómetro húmido; temperatura do ar; temperatura do globo; sensação térmica (questionário)
Lin et al. (2010)	Espaço exterior-Campus da National Formosa University, Taiwan	Análise do efeito da sombra em ambientes exteriores, baseado no intervalo de conforto dos habitantes de Taiwan.	PET ( <i>physiologically equivalent temperature</i> );	Escala sétima de sensação térmica de ASHRAE	temperatura média do globo; temperatura do ar; humidade relativa do ar; temperatura média radiante; velocidade do ar; isolamento do vestuário (clo); metabolismo (met); SVF ( <i>sky view factor</i> )
Akimoto et al. (2010)	Escritório	Estudo da influência do comportamento e controlo da climatização na sensação de conforto dos trabalhadores.		escala sétima de sensação térmica de ASHRAE	temperatura horizontal; humidade relativa do ar; temperatura vertical; velocidade do ar; temperatura média radiante; isolamento do vestuário (clo); metabolismo (met); sensação térmica (questionário)

### Conclusão

O grande objetivo do estudo de conforto térmico é criar ambientes que satisfaçam o maior número de ocupantes de um espaço, seja ele interior ou exterior (Parsons, 2000). Tendo por

base estas observações, é compreensível aceitar a existência de diferentes zonas de conforto térmico, isto é, de diferentes intervalos na literatura consultada visto que depende de componentes subjetivas e individuais ou quaisquer especificidades locais/contexto (Starling, Mendonça, Alsina & Monteiro, 2013). Neste sentido, a metodologia de estudo aplicada em determinado caso de estudo deverá ser ajustada ao local em estudo e essencialmente à sensação térmica dos seus ocupantes para criar espaços cada vez mais confortáveis e que assegurem condições de segurança e saúde.

### Bibliografia

- Akimoto, T., Tanabe, S., Yanai, T. & Sasaki, M. (2010). Thermal comfort and productivity - Evaluation of workplace environment in a task conditioned office. *Building and Environment*, 45(1), 45-50. doi:10.1016/j.buildenv.2009.06.022
- ASHRAE. (2001). Thermal Comfort. In American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (2001 ASHRA.). Colorado 80112-5776 USA: Englewood.
- ASHRAE 55. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Bakar, R. a, Jusoh, N., Makhtar, N. K., Rahman, M. N. & Meier, C. (2010). Thermal comfort assessment: A case study at Malaysian automotive industry. *American Journal of Applied Sciences*, 3(8), 1495-1501. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77950998262&partnerID=40&md5=e5cdd7927be98e474963978f49f4af83>
- Castilla, M., Álvarez, J. D., Berenguel, M., Rodríguez, F., Guzmán, J. L. & Pérez, M. (2011). A comparison of thermal comfort predictive control strategies. *Energy and Buildings*, 43(10), 2737-2746. doi:10.1016/j.enbuild.2011.06.030
- Chow, T. T., Fong, K. F., Givoni, B., Lin, Z. & Chan, a. L. S. (2010). Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Building and Environment*, 45(10), 2177-2183. doi:10.1016/j.buildenv.2010.03.016
- Daum, D., Haldi, F. & Morel, N. (2011). A personalized measure of thermal comfort for building controls. *Building and Environment*, 46(1), 3-11. doi:10.1016/j.buildenv.2010.06.011
- Emmanuel, R. (2005). Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. *Building and Environment*, 40, 1591-1601. doi:10.1016/j.buildenv.2004.12.004
- Fanger, P. (1972). *Thermal Comfort* (2nd editio.). New York: McGraw-Hill.
- Gosling, S. N., Bryce, E. K., Dixon, P. G., Gabriel, K. M. a, Gosling, E. Y., Hanes, J. M., & Wanka, E. R. (2014). A glossary for biometeorology. *International journal of biometeorology* (Vol. 58, pp. 277-308). doi:10.1007/s00484-013-0729-9
- Lin, T.-P., Matzarakis, A. & Hwang, R.-L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45(1), 213-221. doi:10.1016/j.buildenv.2009.06.002
- Liu, J., Yao, R., Wang, J. & Li, B. (2012). Occupants' behavioural adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems. *Applied Thermal Engineering*, 35, 40-54. doi:10.1016/j.applthermaleng.2011.09.037
- Nogueira, J. & Talaia, M. (2014). Influence of hot thermal environment in practice of Aerostep. In G. Perestrelo P. Arezes, J. S. Baptista, M. P. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa (Ed.), *Occupational Safety and Hygiene* (pp. 473-477) (pp. 473-477). London: CRC Press Taylor & Francis group.
- Parsons, K. (2000). Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. *Applied Ergonomic*, 31, 581-594.

- Pereira, D. (2013). Climatic process and their effects on thermal dissipation in classrooms at public schools. In Sho'13-International Symposium on Occupational Safety and hygiene. Guimarães, Portugal.
- Peter, H. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34, 661-665.
- Riniolo, T. C. & Schmidt, L. A. (2006). Chronic heat stress and cognitive development: An exemple of thermal conditions influencing human development. *Developmental Review*, 26, 277-290.
- Starling, Mendonça, V., Alsina, O. & Monteiro, L. (2013). Ergonomic Analysis at a Working Station Located in a Technology an Information Management Company from Sergipe, Brazil, Based on Temperature and Termic Stress Level. In Sho'13-International Symposium on Occupational Safety and hygiene (pp. 403-404). Guimarães, Portugal.
- Teixeira, L., Talaia, M. & Morgado, M. (2014). Evaluation of indoor thermal environment of manufacturing industry. In M. P. Azeres, J. Baptista, M. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, ... G. Perestrelo (Eds.), *Occupational Safety and Hygiene II* (pp. 553-558). London, UK: CRC Press Taylor & Francis group.
- Yao, R., Li, B. & Liu, J. (2009). A theoretical adaptive model of thermal comfort - Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). *Building and Environment*, 44(10), 2089-2096. doi:10.1016/j.buildenv.2009.02.014