

Ambiente térmico no setor dos transportes de mercadorias – o caso de um veículo sem ar condicionado

Thermal environment in freight transport – the case of a vehicle without air conditioning

Calderon, Nathaly¹; Martins, Sílvia¹; Mora, Jhonnathan¹; Oliveira, Ana¹; Colim, Ana²; Costa, Nelson²; Costa, Susana²

¹School of Engineering, University of Minho, Portugal

²ALGORITMI Centre, School of Engineering, University of Minho, Portugal

ABSTRACT: The thermal environment in the workplace is decisive in creating the optimal conditions and maximizing the productivity of the workers. The value of the different environmental variables such as temperature, radiant heat, relative humidity and individual variables (such as metabolism and clothing) are determinants to evaluate the thermal stress exposure of workers during their daily activity. The objective of the current study is to evaluate the occupational exposure to the thermal environment of a heavy goods vehicle driver, motivated by frequent complaints, such as the difficulty of sleeping in the vehicle with high temperatures during the day. To determine the conditions to which the driver is exposed, the globe temperature, dry and wet bulb temperatures, as well as the air velocity inside the vehicle were measured, considering both the work and the rest situation. In addition, the metabolism related to physical activity and the thermal insulation conferred by clothing were also determined. Once the parameters were obtained, Professor Malchaire's Excel® sheet was used for obtaining the values for the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) index, which were above the occupational exposure limit values (ISO 7243). Results point to a hot work environment where thermal stress is liable for the dissatisfaction of workers. The need to act on thermal stress is imperative, preferably through the implementation of engineering and organizational protection measures that can improve the workplace. The need to establishment of a legislation set to address this particular issue was also an outcome of this work.

Keywords: Thermal Environment, WBGT, Road Safety, Truck Driver.

1. INTRODUÇÃO

1.1 *Ambiente Térmico*

Na atualidade, os veículos são parte integrante no dia a dia das pessoas e espera-se que estes transmitam conforto (Zhang, *et al.*, 2017; Zhou, *et al.*, 2019). Esse conforto pode ser conseguido através de sistemas que promovam um ambiente térmico cómodo. O ambiente térmico pode ser definido como o conjunto das variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o ser humano e o meio onde este se insere (Dias, 2013). Os trabalhadores do setor dos transportes rodoviários de mercadorias estão expostos a diferentes ambientes térmicos,

sejam estes frios ou quentes. Quando expostos ao *stress* térmico, estes trabalhadores estão expostos a situações de risco. A exposição, por exemplo, ao calor excessivo pode ser causa de um decréscimo do rendimento de trabalho, dores de cabeça, náuseas, vertigens, sudação, fadiga cardíaca, desequilíbrio mineral e hídrico, queimaduras, distúrbios de estímulo-reação e fadiga térmica (Freitas, 2008). Estas variadas causas indicam uma relação direta entre ambiente térmico e segurança rodoviária, não estando somente a saúde do trabalhador em causa, mas sim todos os utentes da via pública. Este artigo aborda a temática do ambiente térmico quente, visto que o veículo, alvo de estudo, contém um sistema de climatização

para aquecimento, protegendo o trabalhador de ambientes térmicos frios.

Os efeitos do calor sobre o Homem são evidentes. À medida que o nível de *stress* térmico se eleva acima da zona de conforto, aparecem estados sucessivos de mal-estar psicológico que vão desde a sensação puramente subjetiva de estar incomodado a uma clara diminuição da capacidade de trabalho e desequilíbrio no balanço de água e sais minerais do organismo (Miguel, 2004). Variadas razões podem levar a uma situação de *stress* térmico como o aumento do metabolismo; o aumento da temperatura do ar; o aumento da temperatura radiante média; a modificação da velocidade do ar, quando a temperatura do ar é superior à temperatura cutânea média; o aumento da humidade do ar.

Um dos problemas referentes aos veículos pesados de mercadorias, sendo estes postos de trabalho, é a falta de legislação a respeito desta temática. A legislação Portuguesa sobre locais de trabalho referencia que a temperatura em estabelecimentos comerciais, escritórios e serviços, deve oscilar entre os 18°C e 22°C (Governo Português, 1986). No entanto não é feita qualquer ressalva sobre os postos de trabalho situados neste tipo de veículos, sendo estes considerados postos de trabalho móveis. A não incorporação de sistemas de climatização no veículo ajudará a que não se consiga controlar a temperatura ideal para o trabalhador, levando a uma situação de desconforto térmico.

1.2 *Objetivo do estudo*

Na aproximação da época de verão, crescem as queixas relativas a um dos veículos pesados de transporte de mercadorias que compõe a frota de uma empresa, sendo que este não tem qualquer tipo de sistema de ar condicionado, levando ao descontentamento por parte do motorista ao qual é atribuído o veículo. O descontentamento para com este veículo de trabalho já não é novo, havendo no passado pedidos para mudança de posto de trabalho. Averiguou-se também que a análise de riscos presente na empresa (que recorre a serviços de saúde e segurança no trabalho externos) é deficitária, não fazendo referência à exposição ao ambiente térmico. Partindo deste

pressuposto, surge como principal objetivo avaliar a exposição ocupacional do ambiente térmico a que o motorista que conduz este veículo está exposto, abrindo debate sobre este tema. É importante referir que este tipo de veículos não são só o local de trabalho do motorista como são também o seu local de descanso, desde que estejam equipados com instalações de dormida adequadas para cada condutor e não se encontre em andamento (Parlamento Europeu, 2006).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 *Descrição da problemática em estudo*

O posto de trabalho em avaliação incide sobre um veículo pesado de mercadorias, de ano de construção 2008, importado de outro estado membro do norte da União Europeia, sem ar condicionado, dirigido por um condutor. Conduzir este tipo de veículo implica o cumprimento de variadas legislações nacionais e europeias, nomeadamente o Regulamento (CE) nº 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho que “estabelece regras em matéria de tempos de condução, pausas e períodos de repouso para os condutores envolvidos no transporte rodoviário de mercadorias e de passageiros, visando harmonizar as condições de concorrência entre modos de transporte terrestre, especialmente no setor rodoviário, e melhorar as condições de trabalho e a segurança rodoviária”. No entanto, é importante referir que não existe qualquer legislação que especifique os sistemas relativos ao conforto para o motorista que uma viatura pesada de trabalho deve incorporar. Está a cargo dos produtores de veículos a criação destes. No entanto fica a cargo da direção de qualquer empresa de transporte, no ato da aquisição da viatura, escolher quais os componentes e/ou sistemas relativos ao conforto que quer que o seu veículo incorpore, o que significa que a viatura pode ser adquirida sem qualquer tipo de sistemas, como por exemplo, ar condicionado.

2.2 *Recolha de dados*

Os dados foram recolhidos no dia 25 de abril de 2018 entre as 15 horas e as 16 horas 30 minutos da tarde, na zona de Guimarães, sendo que se apresentava um dia de calor, sem nuvens

no céu e o veículo encontrava-se parado ao sol, com os vidros entreabertos (poucas trocas entre o interior e o exterior). Para perceber melhor os padrões de conforto humano, é necessário o conhecimento de parâmetros ambientais e pessoais. A recolha de parâmetros de conforto térmico foi feita através dos seguintes recursos: termómetro psicométrico rotativo para medir a temperatura do ar húmido (°C) e ar seco (°C); termómetro de globo para medir a temperatura radiante média (°C); anemómetro para medir a velocidade do ar (m/s); régua psicométrica para determinar a humidade relativa (%); e consulta de tabelas para o cálculo do metabolismo e do isolamento térmico do vestuário (ISO 7726; ISO 14505). Os resultados obtidos representam duas situações: uma situação de “trabalho” (referente à tarefa de condução) e outra de “descanso” (veículo também como local de descanso do motorista) diferenciando-se a segunda pelos valores do metabolismo e do vestuário. As medições assumiram a situação mais crítica para o trabalhador, durante o dia.

Encontrou-se como limitações na realização deste estudo o acesso ao posto de trabalho visto este ser móvel e poder encontrar-se em variados locais distribuídos pela Península Ibérica e a sazonalidade, sendo esta uma amostra de conveniência, pensada no pior cenário para o motorista.

O motorista deste veículo conduz o mesmo à mais de meio ano, considerando se, por isso, como “indivíduo aclimatado”. Foram recolhidos também o seu peso e a sua altura.

2.3 Índice WBGT

Para estimar a que condições térmicas o motorista está exposto, utilizou-se o índice *Wet Bulb Globe Temperatures* (WBGT) uma vez que este índice é adequado ao estudo de ambientes térmicos quentes. A análise do conforto e do *stress* térmico num posto de trabalho necessita do conhecimento de grandezas físicas e características do ambiente considerado (Freitas, 2008), nomeadamente:

- (i) temperatura do ar;
- (ii) humidade do ar;
- (iii) Velocidade do ar;
- (iv) calor radiante.

A temperatura de globo média ponderada (calor radiante) foi determinada de acordo com

as indicações da ISO 7243 (tabela 1), respeitando as cotas de medição, assumindo a existência de um meio heterogéneo.

Tabela 1. Temperatura de Globo Média Ponderada

	Cotas de medição (m)	Coefficientes de Ponderação
	Sentado	Meio Heterogéneo
Cabeça	1,1	1
Abdómen	0,6	2
Tornozelos	0,1	1

3 RESULTADOS

As medições apresentaram os seguintes resultados, sendo que a sensação térmica não é só influenciada por fatores como a atividade física, mas também pelo vestuário.

Tabela 3. Valores dos parâmetros Ambientais

	Trabalho	Descanso
Velocidade do ar (m/s)	0,03	0,03
Temperatura seca (°C)	34	34
Temperatura húmida (°C)	22	22
Temperatura de globo (°C)	43,25	43,25
Humidade relativa (%)	34	34
Metabolismo (W/m ²)	180	70
Isolamento do vestuário (clo)	0,55	0,07

É importante referir que o dispêndio energético não é elevado, classificando a tarefa de condução e o descanso segundo a tabela 4.

Tabela 4. Cálculo do Metabolismo

	Trabalho (W/m ²)		Descanso (W/m ²)	
Metabolism o Basal	Género	45	Género	45
	masculino		masculino	
Postura e deslocamen- to do corpo	Sentado	10	Sentado	10
Tipo de Trabalho	Manual	125	Manual	15
	Com o		Ligeiro	
	corpo Ligeiro			
Total (W/m²)		180		70

Encontrados os valores dos parâmetros ambientais, metabolismo e vestuário, procedeu-se à utilização da aplicação do Professor J. Malchaire para obter os resultados dos índices

descritos no capítulo anterior. Logo na situação de “Trabalho”, verifica-se que o motorista está sob uma situação de *stress* térmico, como indica a Figura 1.

Interpretação com base no WBGT			
Temperatura de Bolbo Húmido Natural	Thn	25,1	°C
	WBGT	30,5	-
	WBGT lim	27,8	-
	WBGT Action	24,5	-
Durações Trabalho - Descansos aconselhados	#DIV/0!		min
Durações Trabalho - Descansos limites	#DIV/0!		min

Figura 1- Resultados do índice WBGT “Trabalho” (retirado de Aplicação Prof. J. Malchaire).

Os valores obtidos na situação de “Trabalho” indicam que o valor de WBGT=30,5°C excede os valores de WBGT *Action*=24,5°C e WBGT Limite=27,8°C ultrapassando os valores aceitáveis, recomendando a tomada de medidas urgentes.

Para a situação de descanso são registados os valores obtidos na Figura 2:

Interpretação com base no WBGT			
Temperatura de Bolbo Húmido Natural	Thn	25,1	°C
	WBGT	30,5	-
	WBGT lim	31,9	-
	WBGT Action	29,5	-
Durações Trabalho - Descansos aconselhados	#DIV/0!		min
Durações Trabalho - Descansos limites	60		min

Figura 2- Resultados do índice WBGT “Descanso” (retirado de Aplicação Prof. J. Malchaire).

De acordo com o valor obtido para o índice WBGT de 30,5°C, este ultrapassa o valor de 29,5°C (WBGT *action value*), no entanto não ultrapassa o WBGT limite que corresponde ao valor de 31,9°C. Por isso, recomenda-se também para esta situação a tomada de medidas corretivas.

4 DISCUSSÃO

A necessidade de atuar sobre o *stress* térmico é imperativa, nomeadamente através da implementação de medidas de engenharia e medidas organizacionais que possam melhorar este posto de trabalho. Propõe-se como medida de engenharia a instalação no veículo de um sistema de ar condicionado de cabine estacionário, que funcione tanto com o veículo em andamento como imobilizado, este último com o motor desligado. Através da consulta a

vários fornecedores, o orçamento mais favorável para a implementação desta medida tem um custo de 1350€ mais iva à taxa legal em vigor.

A preocupação pelo máximo conforto para o motorista no seu local de trabalho é um ponto em que os produtores de veículos apostam fortemente criando componentes e/ou sistemas para o efeito. No ato da aquisição de um veículo de trabalho, determinados componentes e/ou sistemas associados à segurança rodoviária são obrigatórios, impostos pela Comissão Europeia. No entanto, os componentes que dizem respeito ao conforto do motorista ainda não são alvo de legislação. A criação de legislação nesta área tornar-se-á essencial, obrigando a que o veículo tenha ar condicionado no ato da sua compra. Deste modo, o comprador não poderia optar por eliminar certos componentes e/ou sistemas essenciais para o bem-estar do trabalhador no seu local de trabalho, com o fim de reduzir custos. Também importante seria a manutenção periódica desse equipamento, assim como a verificação periódica do seu estado de funcionamento.

Sugere-se também que o acesso a esta atividade prevista pelo Decreto-Lei nº 257/2007, de 16 de julho, alterado pelo Decreto-Lei nº 137/2008, de 21 de julho e pelo Decreto-Lei nº 136/2009, de 5 de junho sofra alterações. Atualmente, para criar uma empresa de transportes rodoviários de mercadorias fala-se em poluição, ou seja, aquisição de veículos novos aquando a abertura de uma nova empresa (não podendo ter mais que um ano de fabrico, contado a partir da data da primeira matrícula) (IMT, 2018), não fazendo qualquer ressalva sobre a inclusão de sistemas ao nível de conforto térmico, entre outros. A introdução de exigências relativas aos componentes e/ou sistemas de conforto salvaguardaria o trabalhador, protegendo-o.

Devido à dimensão do veículo e às restrições de estacionamento do mesmo, visto ser uma viatura de grandes dimensões, estacionar comodamente numa sombra torna-se impossível. Na maioria das vezes, os espaços de estacionamento ou até mesmo os locais de carga e descarga são locais a céu aberto,

estando estes trabalhadores expostos a ambientes térmicos frios ou quentes, por vezes bastante extremos. Tendo em conta estas condições, desaconselha-se o cumprimento do repouso diário do motorista dentro da cabine do veículo, principalmente se este for realizado durante o dia, propondo como medida organizacional o descanso realizado num hotel. A preocupação pelo descanso obrigatório dos motoristas é um tema bastante debatido na segurança rodoviária, no entanto as condições em que esse descanso deve decorrer ainda é um tema pouco analisado. Uma das queixas dos motoristas prende-se com a dificuldade em dormir com temperaturas quentes elevadas, sobretudo durante o dia, pondo a segurança rodoviária em risco como por exemplo: adormecer ao volante durante a condução noturna.

Outra medida organizacional que pode ser implementada no imediato é limitar o raio de atuação do veículo em estudo, ou seja, retirar o mesmo das rotas internacionais e colocá-lo nas rotas nacionais de recolhas e entregas de mercadorias preferencialmente zona norte de Portugal, de forma a não conduzir elevados períodos de tempo seguidos e não cumprir o descanso diário no interior do veículo, retomando o veículo à sede da empresa diariamente. Esta medida só é possível visto que a empresa atua no norte de Portugal e consegue substituir o veículo avaliado por outro, não comprometendo o serviço prestado pelo primeiro. Tendo em conta o clima existente na Península Ibérica, sem o sistema de ar condicionado de cabine estacionário, este veículo não se adequa às altas temperaturas presentes em certas épocas do ano. Posto isto, sugere-se a implementação imediata das medidas organizacionais apresentadas, enquanto as medidas de engenharia carecem de aprovação por parte da administração. Com a implementação das medidas organizacionais pretende-se limitar o tempo de exposição às condições observadas.

Outro tema relevante é a importação de veículos para Portugal, no qual sugere-se a sua revisão. Tendo em conta que o veículo avaliado é importado de outro país da União Europeia, verifica-se que a importação e consecutiva

legalização deste tipo de veículos de trabalho, em Portugal, não se relaciona com os sistemas de conforto térmico para o motorista, permitindo a sua validação como posto de trabalho.

5 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o motorista está sob situação de *stress* térmico, sendo necessário atuar através da implementação de medidas de engenharia e medias organizacionais. Com este artigo, pretende-se demonstrar ao empregador os níveis elevados de *stress* térmico a que este trabalhador está exposto, servindo como exemplo para outros veículos semelhantes que possam eventualmente existir na empresa. Com a aproximação do verão, os resultados obtidos tendem a piorar. Este veículo não reúne as condições necessárias para realizar o descanso durante o dia, sendo necessário alterar o horário de trabalho de modo a coincidir com os descansos à noite. A necessidade de aquisição de veículos convenientemente equipados com sistemas de ar condicionado para ambientes térmicos quentes é a principal conclusão deste estudo, demonstrando, através da discussão de resultados, que este não é um problema específico só de uma empresa. Mas, para que tal aconteça, deverá existir legislação que imponha a obrigação legal de aquisição, por parte das empresas, destes sistemas, harmonizando as condições de concorrência no setor.

A relação entre ambiente térmico e segurança rodoviária torna-se evidente, sugerindo-se como trabalho futuro, e de modo a efetuar uma avaliação mais rigorosa, o recurso a meios mais específicos, como por exemplo a simulação numérica e/ou apoio a manequins térmicos, bem como a inclusão da possibilidade de amostragem mais prolongada no tempo. A avaliação ao ruído e vibrações ocupacionais a que estes trabalhadores estão expostos também são temas relevantes, auxiliando na melhoria contínua do posto de trabalho destes profissionais.

- Dias, Ana (2013). *Dissertação de Mestrado – Avaliação da Perceção da influência do Conforto Térmico na produtividade*. Escola de Engenharia, Universidade do Minho
- Francesca, R., Alfano, A., Malchaire, J., Palella, B. I., & Riccio, G. (2014). WBGT Index Revisited After 60 Years of Use. *Annals of Occupational Hygiene*, 58(8), 955–970.
<https://doi.org/10.1093/annhyg/meu050>
- Freitas, Luís (2008). *Manual de Segurança e Saúde do Trabalho*. 1ª edição. Edições Sílabo.
- Governo Português (1986), *Decreto-Lei n.º 243/86 – Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritório e Serviço*, Diário da República, 20 de agosto
- IMT (2018). *Licenciamento de Empresas*. Consultado a 07/05/2018, disponível em <http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/TransportesRodoviarior/TransporteMercadorias/LicenciamentoEmpresas/Paginas/LicenciamentoEmpresas.aspx>
- ISO Standard 7243: Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).
- ISO Standard 7726: Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.
- ISO Standard 14505: Evaluation of thermal environment in vehicles. Part1: Principles and methods for assessment of thermal stress. Part2: Determination of Equivalent Temperature.
- Miguel, Alberto (2004). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. 7ª edição, Porto Editora.
- Parlamento Europeu (2006). *Regulamento (CE) n.º 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Março de 2006, relativo à harmonização de determinadas disposições em matéria social no domínio dos transportes rodoviários, ...* Consultado a 14/05/2018, disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006R0561&from=PT>
- Zhang, B., Xue, T., & Hu, N. (2017). Analysis and improvement of the comfort performance of a car 's indoor environment based on the predicted mean vote – predicted percentage of dissatisfied and air age. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(4), 1–10. <https://doi.org/10.1177/1687814017695693>
- Zhou, X., Lai, D., & Chen, Q. (2019). Experimental investigation of thermal comfort in a passenger car under driving conditions. *Building and Environment*, 149(July 2018), 109–119.