

# Protocolo: Ambiente Térmico e Resposta Cognitiva

## Test Protocol: Thermal Environment and Cognitive Performance

[Emília Quelhas Costa](#) and [J. Santos Baptista](#)  
FEUP

### 1. INTRODUÇÃO

Muitas das atividades quotidianas, nomeadamente, a nível profissional, apesar de não exigirem um elevado desempenho físico, têm fortes exigências a nível cognitivo. Neste âmbito, o ambiente térmico tem um papel preponderante. As diferenças de temperatura e humidade num ambiente laboral provocam uma resposta fisiológica e comportamental que podem levar a stresse térmico e influenciar o desempenho e, consequentemente, a produtividade de uma organização. A influência do stresse, no comportamento humano, devido a temperaturas extremas tem vindo a ser tema de estudo ao longo de vários anos, pois permite compreender as reações dos indivíduos perante condições de trabalho adversas. Neste trabalho, pretende-se apresentar um protocolo de ensaio, desenvolvido para investigar a resposta cognitiva humana em diferentes condições de temperatura e humidade, em termos de fadiga mental.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração do protocolo de ensaios passou por três fases.

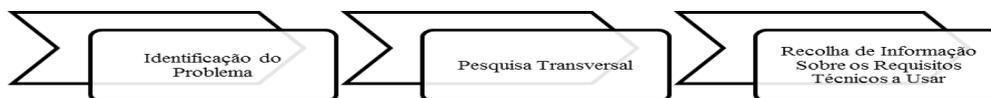


Figura 1- Fases de desenvolvimento do Protocolo

A primeira fase consistiu na formulação do problema, hipóteses, métodos e identificação dos seus desafios. A segunda fase está relacionada com uma pesquisa de forma transversal em diferentes bases de dados, no sentido da identificação de metodologias e protocolos de ensaio realizados para situações equivalentes ou similares. Nesta fase, foram recolhidos 350 artigos, filtrados de acordo com a respetiva relevância para o estudo agora apresentado. As palavras-chave selecionadas foram: *Ambiente Térmico*, *Câmara Climática*, *Aspetos Cognitivos*, *Stress Térmico*, *Carga de Trabalho* e *Temperatura Interna*. Esta etapa permitiu ainda a identificação das variáveis a monitorizar.

Uma vez identificadas as variáveis, surge a terceira fase, relacionada com a recolha de informação sobre os requisitos técnicos. Nesta, foi dada prioridade a artigos aprovados por comissões de ética das respetivas organizações ou pelo menos com consentimento informado. Outros critérios de seleção foram a calibração/validação dos equipamentos a usar, facilidade e conforto de uso, possibilidade de monitorização em contínuo e em tempo real.

### 3. PROTOCOLO DE ENSAIO

Os ensaios devem decorrer em câmara climática *walk in* devidamente calibrada e validada (Guedes, *et al.* 2012). Deve aí ser simulada uma atividade sedentária sob diferentes combinações de temperatura e humidade. De modo a reduzir os fatores que possam aumentar a variabilidade da amostra, o critério de seleção deve ser baseado em fatores individuais que cumpram, no mínimo os seguintes critérios: indivíduos do mesmo sexo, saudáveis, não fumadores e, com um índice de massa corporal idêntica. Apesar de os ensaios decorrerem em condições idênticas às de trabalho em algumas profissões, como medidas de segurança, os parâmetros fisiológicos de cada voluntário, devem ser monitorizados em tempo real. Os ensaios supervisionados por um técnico de saúde, devem ser interrompidos imediatamente ao menor sinal de risco ou dano para a saúde do participante, não previsto nos termos do consentimento informado.

#### 3.1. Câmara Climática

Está previsto o recurso a diversos equipamentos. Um deles, é uma câmara climática (FITOCLIMA 25000) construída em conformidade com as normas e diretivas da CE, respeitantes às exigências da saúde e da segurança. Esta câmara tem a possibilidade de simular e controlar a exposição a diferentes ambientes térmicos. A temperatura da Câmara pode ser controlada entre -20°C e +50°C e a humidades entre 30% e 98%. Este dispositivo está ainda equipado com sensores de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, tendo sido validada para ensaios com seres humanos (Guedes *et al.* 2012).

#### 3.2 Medição da Temperatura Interna.

Foram identificadas diferentes variáveis, necessárias para a determinação das condicionantes da fadiga em diferentes tarefas. A temperatura interna do corpo ( $T_c$ ) é uma das mais importantes, pois além de ajudar a compreender a resposta cognitiva (Wright, *et al.*, 2002), é um dos melhores métodos para reduzir o risco de lesão provocada pelo calor (Goodman *et al.* 2009, Byrne & Lim, 2007). A monitorização da  $T_c$ , tem sido aplicada em diferentes estudos quer em laboratório quer em contexto real, nomeadamente em atletas, estudantes e militares.

De acordo com (Ribeiro, 2010), os dois métodos habitualmente considerados como *gold-standard* para a medição da temperatura interna, têm algumas limitações. No caso da temperatura esofágica, essa limitação é devida ao desconforto provocado pela instalação do dispositivo intra-esofágico. No caso da temperatura retal, devido ao facto de ser de difícil

implementação no terreno. Assim, a introdução de sensores térmicos ingeríveis (STI) veio permitir a medição da temperatura interna sem as limitações técnicas dos métodos referidos. Esta conclusão está sustentada por múltiplos trabalhos, já validados por diferentes autores, e aprovados pelas *Comissões de Ética* das respetivas organizações (Gaoua *et al.* 2011; Racinais *et al.* 2008). Nesta linha, no trabalho que se pretende desenvolver, vai ser utilizado este último método (Costa *et al.* 2012).

### 3.3 Medição de Outros Parâmetros Fisiológicos

É, no entanto, fundamental verificar o modo como outros fatores fisiológicos respondem às diferentes condições de ambiente térmico. Para isso, é necessário medir a temperatura da pele em diferentes partes do corpo (Ely *et al.*, 2009), (ISO8996). No caso da resposta cognitiva, salienta-se a necessidade de obtenção do registo da atividade cerebral através de um eletroencefalograma (EEG) (Chris Berka, *et al.* 2007) como um indicador de fadiga durante o desempenho das tarefas, medindo o estado de alerta. O electrocardiograma (ECG), para medir a frequência cardíaca, é outro elemento fundamental para medir a carga de trabalho fisiológica. Do mesmo modo, a eletromiografia (EMG), com o registo da atividade elétrica muscular ao nível do antebraço não dominante, é um importante indicador do esforço mental. Por fim, é ainda importante medir a atividade eletrodermal (*Electrodermal Activity* – EDA) que consiste no registo de alterações elétricas que ocorrem na pele como um indicador de um estado psicológico. Estas últimas alterações são o resultado da atividade do Sistema Nervoso Autónomo (SNA) (Waard, 1996). O EDA é expresso em termos de resistência e condução elétrica da pele que estão inversamente relacionadas de forma não linear. Complementarmente são ainda medidas a respiração e a desidratação. A primeira utilizada para sustentar a hipótese de que o esforço cognitivo coincide com um pequeno aumento do consumo de energia (Waard, 1996). A segunda é usada para calcular a necessidade de reposição de líquidos. Paralelamente são passados questionários de sensação térmica, avaliação subjetiva da carga de trabalho, testes de avaliação cognitiva e outros protocolos específicos para o efeito.

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo apresenta um protocolo para realização de ensaios de identificação das variações do comportamento Humano, ao nível da fadiga mental, com a alteração dos valores de temperatura e humidade. A pesquisa efetuada permitiu identificar os parâmetros a monitorizar, assim como o equipamento necessário para fazer a monitorização em tempo real e em contínuo. Os indivíduos submetidos aos testes ficam a conhecer a respetiva resposta fisiológica em diferentes condições ambientais o que os poderá ajudar em futuras opções profissionais e outras. Para a população em geral, um maior conhecimento na área conduzirá a melhores condições de trabalho, contribuindo para um ambiente mais seguro, em particular nas tarefas onde os possíveis erros cognitivos podem dar origem a acidentes.

## 5. REFERENCIAS

- Byrne, C., & Lim, C. L. (2007). The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med*, 41(3), 126-133. doi: DOI 10.1136/bjism.2006.026344
- Chris Berka, D. J. L., Michelle N. Lumicao, Alan Yau, Gene Davis, Vladimir T. Zivkovic, Richard E. Olmstead, Patrice D. Tremoulet, and Patrick L. Craven. (2007). EEG Correlates of Task Engagement and Mental Workload in Vigilance, Learning, and Memory Tasks. *Aviat Space Environ Med*, 78(5), 231-244.
- Costa, E. Quelhas, Guedes J. C., Baptista, J. Santos (2012), Core Temperature Evaluation: Suitability of Measurement Procedures, *XII EAT Congress on Thermology 5-8 September 2012 Porto—Portugal*
- Ely, B. R., Ely, M. R., Chevront, S. N., Kenefick, R. W., DeGroot, D. W., & Montain, S. J. (2009). Evidence against a 40°C core temperature threshold for fatigue in humans. *J Appl Physiol* 107, 1519-1525. doi: 10.1152/jappphysiol.00577.2009.-Evidence
- Goodman, D. A., Kenefick, R. W., Cadarette, B. S., & Chevront, S. N. (2009). Influence of sensor ingestion timing on consistency of temperature measures. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 597-602. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818a0eef
- Gaoua, N., Racinais, S., Grantham, J., & El Massioui, F. (2011). Alterations in cognitive performance during passive hyperthermia are task dependent. *Int J Hyperthermia*, 27(1): 1-9.
- Guedes J. C., Costa, E. Quelhas, Baptista, J. Santos (2012), Measuring Human Psicophysiological Response to Combined Temperatures and Humidities: Climatic Chamber Validation *XII EAT Congress on Thermology 5-8 September 2012 Porto—Portugal*.
- ISO\_9886. (2004). Ergonomics - Evaluation of Thermal Strain by Physiological Measurements. International Standard.
- Racinais, S., Gaoua, N., & Grantham, J. (2008). Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission. *J Physiol* 586 (Pt 19): 4751-4762
- Ribeiro, B. (2010). *Calor, Fadiga e Hidratação*: (1 ed., Vol. 1, pp. 555).
- Waard, D. d. (1996). *The Measurement of Drivers's Mental Workload*. Netherlands: The Traffic Research Centre VSC University of Groningen.
- Wright, K. P., T.Hull, J., & A.Czeisler, C. (2002). Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 283(6), R1370-1377. doi: 10.1152/ajpregu.00205.2002