

# Influência da Exposição Profissional a Vibrações Corpo Inteiro no Equilíbrio de Manobreadores de Máquinas de Terraplanagem

## Influence of Occupational Exposure to Whole Body Vibrations on Standing Balance in Earthmoving Machine Operators

Ferreira, Flávia<sup>1</sup>, Vila-Chã, Carolina<sup>2</sup>, Santos, Rubim<sup>3</sup> & Santos, Joana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Scientific Area of Environmental Health, Research Centre on Health and Environment (CISA), School of Health of Polytechnic Institute of Porto (ESS.PPorto), Portugal

<sup>2</sup> Polytechnic Institute of Guarda, Guarda, Portugal

<sup>3</sup> Human Movement and Human Activity Studies Centre (CEMAH), School of Health of Polytechnic Institute of Porto (ESS.PPorto), Portugal

### ABSTRACT

Postural instability due exposure to whole body vibrations (WBV) is very common among earthmoving machine operators. The aim of this study was to analyze the influence of occupational exposure to WBV in the postural stability. The study included two groups of healthy volunteers, which included six experienced earthmoving machine operators (exposed group) and five students recruited from an University (non exposed group). The standing balance was assessed by measuring the centre of pressure (CoP) displacement in a single-task (eyes-open/eyes-closed) during two experimental sessions at the beginning and at the end of the week. In general, the results showed that the standing balance of exposed group was worse than the non exposed group, in the CoP displacement in the medium-lateral direction, which may be due to the vibration input was, predominantly, in the y-axis. However, the results also demonstrated that exposed group developed body compensatory strategies associated to duration of exposure and years performing similar tasks. This evidence was an important contribute to further studies and to plan future ergonomic interventions related to work organization factors as work/rest schemes.

**KEYWORDS:** balance; single task, exposure, vibration, centre of pressure

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Sexto Inquérito Europeu sobre as Condições do Trabalho, aproximadamente 20% da população europeia encontra-se exposta a vibrações (Eurofound, 2015). As respostas que o corpo oferece à exposição a vibrações pode ser explicada, além de outras reações, pela reação fisiológica que pode ser caracterizada por sintomas nervosos que provocam distúrbios vestibulares, o que pode prejudicar o controlo postural (Mani et al., 2010). O controlo postural tem como principais objetivos funcionais a orientação e o equilíbrio postural (Horak, 2006). Deste modo, a melhor forma de explicar a influência das vibrações no controlo postural, mais especificamente na estabilidade da coluna, é através da hipótese de Panjabi. Este modelo teórico procede à decomposição do sistema neuromuscular que controla a estabilidade da coluna em três subsistemas: o subsistema ativo, o subsistema passivo e o subsistema neural (Hoffman & Gabel, 2013). O subsistema ativo é influenciado por uma resposta neuromuscular causada pela excitação dos fusos musculares que leva a uma atividade reforçada dos músculos, o que promove o desenvolvimento de fadiga muscular, afetando a coordenação neuromuscular e sensação de posição (Arora et al., 2015; Santos et al., 2008). O subsistema passivo é influenciado pelas vibrações na medida em que estas aumentam a carga da coluna vertebral, perturbando assim a estabilidade da mesma (Slota et al., 2008). Por último o subsistema neural é influenciado pelas Vibrações Corpo Inteiro (VCI), na medida em que prejudicam funções neuro-sensoriais, como os reflexos dos músculos das costas e o equilíbrio postural devido a alterações no sistema sensorio motor periférico afetando os sentidos de posição e de esforço. Assim, o presente

estudo teve como principal objetivo analisar a influência da exposição profissional a VCI no equilíbrio em manobreadores de máquinas de terraplanagem de uma indústria extrativa.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização da amostra foram aplicados questionários a todos os participantes. A amostra estudada incluiu um grupo não exposto a VCI constituído por 5 estudantes de uma universidade, com uma média de idades de  $24.40 \pm 4.98$  anos e um Índice de Massa Corporal (IMC) médio de  $23.70 \pm 3.55$  Kg/m<sup>2</sup>. O grupo exposto era constituído por 6 trabalhadores, com experiência na condução de máquinas de terraplanagem superior a 10 anos ( $20.17 \pm 7.68$  anos). Estes apresentavam uma idade média de  $49.97 \pm 6.71$  anos e um IMC médio de  $25.21 \pm 5.18$  Kg/m<sup>2</sup>. Todos os participantes assinaram um consentimento informado de acordo com a Declaração de Helsínquia. Para a realização do estudo foi utilizada uma plataforma de pressões portátil (*Emed-AT25 D*, *Novel Inc.*, Munique, Alemanha). O procedimento aplicado consistiu em manter os indivíduos com os pés descalços sobre a superfície da plataforma de pressões. Em cada sessão de recolha de dados foi solicitado aos indivíduos que executassem seis momentos (três momentos com os olhos abertos e três momentos com os olhos fechados, com duração de 60 segundos cada). Durante os momentos com os olhos abertos, o trabalhador fixou um alvo localizado a, aproximadamente, dois metros da plataforma de pressões (Santos et al., 2008). As medições foram realizadas no início e no final da semana. Os parâmetros do Centro de Pressão analisados foram os valores do deslocamento do CoP, como o

deslocamento máximo (cm) na direção antero-posterior (AP) e na direção médio-lateral (ML), e a velocidade média (cm/s) (Fernandes et al., 2015). As variáveis recolhidas foram analisadas recorrendo a uma rotina, sendo que, apenas, foram utilizados os 30s mais estáveis de cada ensaio. A empresa onde se realizou o presente estudo forneceu os dados relacionados com a exposição profissional dos trabalhadores em todas as máquinas de terraplanagem. Para a análise estatística dos dados utilizou-se o *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) – versão 23.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Foram aplicados os testes Teste t para amostras emparelhadas e para amostras independentes, para um nível de significância de 0.05.

### 3. RESULTADOS

Os resultados relativos aos parâmetros do Centro de Pressão encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Comparação dos valores médios dos parâmetros do CoP (M (SE)) (n=11).

Parâmetros do CoP	Tarefa	Grupo Não Exposto (n=5)			Grupo Exposto (n=6)		
		Início da Semana	Final da Semana	Valor p*	Início da Semana	Final da Semana	Valor p*
Deslocamento máximo do CoP na direção médio-lateral (cm)	OA	1.68 (0.1)	1.74 (0.1)	0.672	2.12 (0.2)	1.88 (0.1)	0.573
	OF	1.82 (0.1)	2.19 (0.1)	0.030	2.05 (0.2)	1.87 (0.0)	0.338
Deslocamento máximo do CoP na direção antero-posterior (cm)	OA	1.78 (0.2)	1.83 (0.2)	0.722	1.74 (0.3)	1.43 (0.1)	0.829
	OF	1.81 (0.1)	1.93 (0.2)	0.572	1.68 (0.2)	1.38 (0.1)	0.519
Velocidade média do CoP (cm/s)	OA	2.49 (0.3)	2.41 (0.2)	0.553	2.90 (0.3)	2.72 (0.1)	0.821
	OF	2.72 (0.2)	3.35 (0.3)	0.018	3.45 (0.4)	3.13 (0.2)	0.966

Abreviaturas: M – Média; SE – Erro Padrão da Média; OA- Olhos Abertos; OF- Olhos Fechados.

\*Teste-t para amostras emparelhadas ( $\alpha=0,05$ ); testar o início o final da semana.

### 4. DISCUSSÃO

A análise da Tabela 1 permite verificar que existe uma tendência para o deslocamento máximo do CoP na direção médio-lateral e a velocidade média do CoP apresentarem valores superiores no grupo exposto do que no grupo não exposto. Contudo, verificou-se uma situação inversa no deslocamento máximo do CoP na direção antero-posterior. Estes resultados podem estar relacionados com a maior exposição a VCI no eixo do z e do y na maioria das máquinas de terraplanagem conduzidas pelos trabalhadores (dados fornecidos pela empresa). Quanto à velocidade do CoP, os valores foram tendencialmente superiores no grupo exposto, dado que poderá existir uma maior fadiga dos músculos da coluna, devido à atividade profissional (Luis et al., 2015; Santos et al., 2008). No grupo não exposto os valores de CoP apresentaram valores mais elevados quando os participantes se encontravam de olhos fechados, o que demonstra a influência dos estímulos visuais na estabilidade postural (Lemay et al., 2013). Por outro lado, no grupo exposto verificou-se o inverso. Este resultado pode prender-se com a resposta que o corpo apresenta à deterioração dos sistemas sensoriais e pela capacidade do corpo se adaptar a situações sensoriais mais difíceis, como é o caso da exposição a VCI (Faraldo-Garcia et al., 2016). De facto, o corpo desenvolve estratégias locais, periféricas e centrais de forma a compensar as exigências recrutadas pelos

músculos responsáveis pela estabilidade postural (Paillard, 2012). Em geral, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre o início e o final da semana, no que diz respeito aos parâmetros analisados com os olhos fechados e abertos em ambos os grupos (Tabela 1).

### 5. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu perceber que os anos de exposição podem promover o desenvolvimento de estratégias compensatórias do corpo humano, que garantem a estabilidade postural em condições adversas de trabalho. As principais limitações deste estudo estiveram principalmente relacionadas com a reduzida dimensão da amostra e a diferença de idade entre o grupo não exposto e o exposto. Assim, mais investigação deverá ser desenvolvida neste âmbito de modo a compreender os principais fatores que influenciam o equilíbrio em grupos de trabalhadores com tarefas de condução.

### 6. REFERÊNCIAS

- Arora, N., Graham, R. B., & Grenier, S. G. (2015). Effect of whole body vibration on the postural control of the spine in sitting. *Human Movement Science, 40*, 77–88. <http://doi.org/10.1016/j.humov.2014.11.014>
- Eurofound. (2015). First findings Sixth European Working Conditions Survey.
- Faraldo-Garcia, A., Santos-Pérez, S., Crujeiras, R., & Soto-Varela, A. (2016). Postural changes associated with ageing on the sensory organization test and the limits of stability in healthy subjects. *Auris Nasus Larynx, 43*(2), 149–154. <http://doi.org/10.1016/j.anl.2015.07.001>
- Fernandes, A., Coelho, T., Vitória, A., Ferreira, A., Santos, R., Rocha, N., ... Tavares, J. M. R. S. (2015). Standing balance in individuals with Parkinson's disease during single and dual-task conditions. *Gait & Posture, 42*(3), 323–328. <http://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.06.188>
- Hoffman, J., & Gabel, P. (2013). Expanding Panjabi's stability model to express movement: A theoretical model. *Medical Hypotheses, 80*(6), 692–697.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Oxford University Press, 35*(2), 7–11.
- Lemay, J.-F., Gagnon, D., Duclos, C., Grangeon, M., Gauthier, C., & Nadeau, S. (2013). Influence of visual inputs on quasi-static standing postural steadiness in individuals with spinal cord injury. *Gait & Posture, 38*(2), 357–360. <http://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.11.029>
- Luis, J., Xavier, B., Massó, G., Gomis, M., Noé, F., Huertas, F., ... Paillard, T. (2015). The difficulty of postural tasks amplifies the effects of fatigue on postural stability. *European Journal of Applied Physiology, 115*(3), 489–495.
- Mani, R., Milosavljevic, S., & Sullivan, S. J. (2010). The effect of occupational whole-body vibration on standing balance: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics, 40*(6), 698–709.
- Paillard, T. (2012). Effects of general and local fatigue on postural control A review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 36*(1), 162–176.
- Santos, B. R., Larivière, C., Delisle, A., Plamondon, A., Boileau, P.-É., & Imbeau, D. (2008). A laboratory study to quantify the biomechanical responses to whole-body vibration: The influence on balance, reflex response, muscular activity and fatigue. *International Journal of Industrial Ergonomics, 38*(7-8), 626–639.
- Slota, G. P., Granata, K. P., & Madigan, M. L. (2008). Effects of seated whole-body vibration on postural control of the trunk during unstable seated balance. *Clinical Biomechanics, 23*(4), 381–386.