

Avaliação da exposição ocupacional a vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro: estudo preliminar em motoristas de pesados de mercadorias

Evaluation of occupational exposure to whole body vibration: a preliminary study on highway transport truck operators

Costa, Sofia (a); Santos, Joana (b); Silva, Maria V. (b); Neves, Paula (b)

^a Centro Investigação em Saúde e Ambiente (CISA). Projecto de licenciatura em Saúde Ambiental
sofia.costa_@hotmail.com

^b centro de investigação em saúde e ambiente (cisa). Escola superior de tecnologia da saúde do porto, instituto politécnico do porto. Rua valente perfeito nº322, 4400-330 vila nova de gaia
jds@estsp.ipp.pt; m.silva@eu.ipp.pt; mpn@estsp.ipp.pt

RESUMO

As vibrações transmitidas ao corpo inteiro (VCI) são um agente físico que afecta os condutores de camiões e apresenta consequências para a sua saúde, estando fortemente associada à dor lombar. No presente estudo seleccionou-se um motorista que conduz um veículo pesado de mercadorias com classificação N3 e que efectua rotas de pequeno curso no Norte de Portugal. As medições realizaram-se em dois dias representativos da actividade semanal, em duas rotas distintas (Rota 1 e 2), de acordo com a metodologia definida no Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro e na NP ISO 2631-1 de 2007. Foi utilizado um analisador de vibrações, sendo o acelerómetro triaxial fixado ao assento do veículo, de forma a quantificar a aceleração eficaz nos três eixos ortogonais x, y e z. Complementarmente ao processo de amostragem, aplicou-se um questionário a sete motoristas. Os resultados demonstram a dominância da direcção vertical (z) com picos de aceleração na frequência de 1,6Hz. A degradação do piso e a ausência de carga do veículo foram identificados como factores responsáveis pelo aumento dos níveis vibracionais. Relativamente à exposição do trabalhador, obteve-se valores de A(8) Rota 1 de 0,22 m/s² e A(8) Rota 2 de 0,14 m/s², sendo o A(8) semanal de 0,19 m/s², verificando-se que os valores obtidos são inferiores ao valor de acção de exposição preconizado na legislação nacional (0,5m/s²). Quanto aos sintomas manifestados pelos motoristas destacam-se: dor lombar (43%), fadiga (71%), irritabilidade (57%) e dores de cabeça (57%). Apesar dos valores obtidos evidenciarem que o trabalhador não se encontra exposto, segundo o preconizados na legislação, devem ser implementadas medidas que visem a manutenção e conservação dos pisos das vias, manutenção dos veiculos e elaboração de planos de formação que abordem o tipo de condução e as posturas a adoptar para salvaguarda do bem-estar e conforto dos trabalhadores.

Palavras-chave: *Vibrações corpo inteiro, Transmissibilidade, Aceleração, Motoristas, Veículos Pesados de Mercadorias.*

ABSTRACT

The whole body vibration (WBV) is a physical agent that affects truck drivers and has consequences for their health and are, at present, strongly associated with low back pain. In the present study selected a driver who is driving a highway transport truck classification with N3 and making short routes in northern Portugal. The measurements were carried out in two days representative of the business week in two distinct routes (Route 1 and Route 2) in accordance with the methodology defined in Decree-Law No. 46/2006 of 24 February 2631 and ISO NP 2631-1:2007. It used a vibration analyzer and triaxial seat secured to the vehicle in order to quantify the acceleration in three orthogonal axes x, y and z. In addition to the sampling process, we applied a questionnaire to seven drivers. The results demonstrate the dominance of the vertical direction (z) with peak acceleration in the frequency of 1.6 Hz The degradation of the floor and no loading of the vehicle were identified as factors responsible for increasing the vibrational levels. With regard to worker exposure, we obtained values of A (8) Route 1 from 0.22 m/s² and A (8) Route 2, 0.14 m/s², with the A (8) weekly of 0.19 m/s², verifying that the values are below the exposure action value recommended by national law (0.5 m/s²). As symptoms manifested by the drivers are: back pain (43%), fatigue (71%), irritability (57%) and headache (57%). Although the values obtained show that the worker is not exposed, should be implemented measures aimed at the maintenance and upkeep of the floors of the roads, vehicle maintenance and preparation of training plans addressing driving behavior and postures to be adopted to safeguard welfare and comfort of workers.

Keywords: *Whole-Body Vibration, Transmissibility, Acceleration, Drivers, Highway Transport Truck.*

1. INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial gerou-se um conjunto de mudanças tecnológicas com um profundo impacto no processo produtivo ao nível económico e social. De entre todos os riscos inerentes à máquina, esta trouxe uma acrescida exposição a vibrações, introduzindo-se, assim, o principal impacto e preocupação com a transmissão deste agente aos trabalhadores. Deste modo, o constante desenvolvimento tecnológico e consecutiva mecanização dos processos têm contribuído para amplificar a transmissão das vibrações mecânicas ao corpo humano. Os trabalhadores expostos são maioritariamente do sexo masculino e, normalmente, são condutores de máquinas móveis, operadores de máquinas e ferramentas ou outros trabalhadores que laboram nas imediações de máquinas (Donati *et al.*, 2008). Por vibrações mecânicas entende-se as oscilações experimentadas pelo Homem como resultado do contacto directo com superfícies vibrantes (Melo, 2006). Segundo a Eurofound, no quarto Inquérito Europeu sobre as Condições de Trabalho (EWCS – European Working Conditions Survey), em média, um em cada três trabalhadores europeus está exposto a vibrações qualquer que seja a fonte, ferramenta ou máquina, e um em cada quatro está exposto, pelo menos, um quarto do tempo. No caso específico de Portugal, cerca de 33% de trabalhadores estão expostos a vibração pelo menos um quarto do tempo (Donati *et al.*, 2008). A exposição de todo o corpo a vibrações mecânicas está, na actualidade, amplamente reconhecida como associada a lesões músculo-esqueléticas do sistema da coluna lombar nos motoristas (Okunribido *et al.*,

2006), sendo os veículos terrestres a fonte mais comum de exposição a VCI na posição sentado (Rehn *et al.*, 2005). As vibrações transmitidas ao corpo inteiro afectam sobretudo os condutores de autocarros, de camiões, de pontes rolantes e de máquinas pesadas (Macedo, 2006). Tendo em conta o exponencial desenvolvimento do sector dos transportes, e a sua grande representatividade na economia nacional, é de particular interesse o estudo da exposição a VCI, contribuindo para a prevenção e promoção da saúde dos motoristas de pesados de mercadorias e para a melhoria na concepção destes postos de trabalho. Este estudo tem como objectivo principal avaliar a exposição ocupacional a VCI em motoristas de pesados de mercadorias, de acordo com o Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro e a norma NP ISO 2631-1 de 2007.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em três etapas: a primeira consistiu na caracterização da viatura alvo de estudo através da aplicação de uma ficha de caracterização; na segunda etapa aplicou-se um questionário aos motoristas, com o objectivo de verificar sintomas que evidenciem exposição a vibrações, assim como a percepção do risco; a última etapa teve como finalidade a realização das medições do parâmetro aceleração eficaz, com registo de todas as ocorrências verificadas com pertinência para o estudo. A investigação constitui um estudo preliminar sobre a exposição ocupacional dos motoristas de pesados de mercadorias a VCI. A presente metodologia foi validada e implementada, pelo que poderá ser aplicada a qualquer outro tipo de veículo da empresa em estudo.

2.1. Ficha de caracterização das viaturas

A caracterização das viaturas foi efectuada por observação *in loco* e complementada com a aplicação de uma ficha de caracterização considerando a identificação e características técnicas das viaturas, assento e pneus e respectiva manutenção. O veículo em estudo apresenta a categoria N₃ (veículos concebidos e construídos para o transporte de mercadorias com massa máxima superior a 12 t.) segundo o Decreto-Lei n.º 16/2010 de 12 de Março.

2.2. Questionário

Com o objectivo de tornar a amostra mais representativa na avaliação da sintomatologia auto referida pelos motoristas e a percepção destes face ao risco da exposição às VCI, foram aplicados questionários a sete motoristas que realizam rotas nacionais semelhantes às do estudo.

2.3. Motoristas/Rotas

A selecção do motorista alvo de estudo foi aleatória. Este é do sexo masculino, tem 38 anos de idade e 12 anos de trabalho nesta mesma actividade (Motorista de Pesados).

As rotas realizadas pelo motorista alvo de estudo, são rotas nacionais, diárias, de pequeno curso, realizadas no Norte de Portugal, circulando por auto-estradas, estradas nacionais e municipais, seleccionadas segundo cargas e exigência dos clientes. Segundo informações da empresa, em cada semana as rotas repetem-se sendo que, durante três dias da semana é efectuado uma rota por maior período de tempo com mais pontos de descarga, que representa, potencialmente o cenário mais gravoso de exposição (definida como Rota 1 onde são efectuados seis percursos), e nos restantes dois dias da semana é efectuada uma rota mais curta (definida como Rota 2 onde são efectuados cinco percursos).

2.4. Metodologia de medição

Para a medição dos níveis de VCI foi utilizado um analisador de vibrações. O número e duração das medições foram realizados de modo a serem representativas de um dia de trabalho. Conforme descrito na tabela 1, foi realizada uma medição por cada percurso (onze no total) até ao local de descarga, uma vez que cada descarga implicava a paragem do veículo e a saída do motorista do mesmo.

Tabela 1 – Número e tempo de medição

Rota	N.º de Percursos	N.º de medições	Período total de medição (horas)
1	6	6	3,13
2	5	5	1,35

As medições foram realizadas de acordo com a metodologia definida na NP ISO 2631-1 de 2007, em situação real de trabalho. A amostragem para a medição da aceleração eficaz (*aw*) nos três eixos, foi realizada na cabine de condução onde se procedeu à colocação do acelerómetro triaxial no assento do motorista. As medições foram acompanhadas de modo a monitorizar todo o processo de medição, ou seja, foram registadas todas as pausas e/ou ocorrências como: mudanças de piso, paragens, abrandamento de marcha, travagens bruscas, condições do piso, trabalhos na via, mudanças de estrada, lombas, bandas cromáticas, guias sonoras, entre outros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação dos resultados foi efectuada de acordo com o estabelecido no Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro e a NP ISO 2631-1 de 2007 no que diz respeito aos efeitos sobre a saúde.

3.1. Análise dos valores máximos instantâneos obtidos ao longo das medições

Pela análise do gráfico 1 e 2 verificou-se que ao longo dos onze percursos, os valores máximos instantâneos de aceleração eficaz ponderada, na sua maioria, coincidem com a passagem por piso degradado. Neste sentido, afere-se que, potencialmente, o estado de degradação das vias contribuiu para o aumento dos níveis vibracionais. Esta evidência é consistente com o verificado em estudos semelhantes realizados por Cann *et al.*

(2004) e Tiemessen *et al.* (2007). Estes picos ocorreram essencialmente em estradas nacionais e municipais por apresentarem, regra geral, o asfalto mais degradado e irregular. Na Rota 2, foi evidente, também, a influência das guias sonoras (em auto-estrada) no aumento da aceleração. Contudo, a passagem pelas guias sonoras foi pontual, não sendo representativa em todos os percursos, sendo um factor facilmente controlável, uma vez que depende do tipo de condução do motorista.

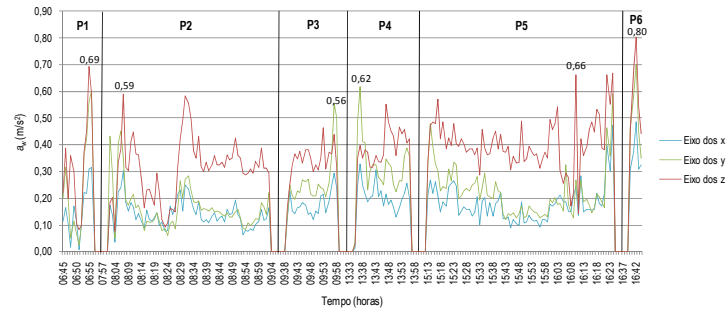


Gráfico 1 - Evolução da aceleração não ponderada no eixo do x, y e z ao longo do tempo nos seis percursos efectuados na Rota 1

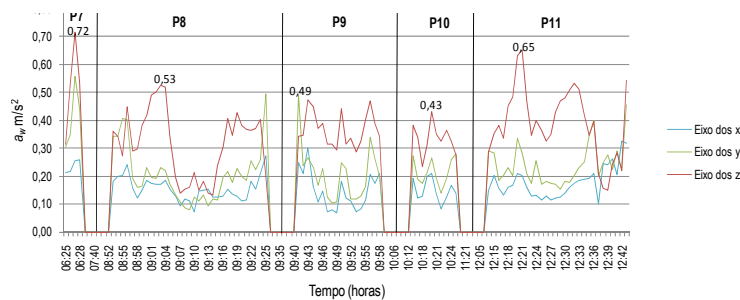


Gráfico 2 - Evolução da aceleração não ponderada no eixo do x, y e z ao longo do tempo nos cinco percursos efectuados na Rota 2

3.2. Análise dos valores aceleração eficaz ponderada

A análise dos valores de aceleração ponderada foi efectuada tendo em conta o preconizado na legislação nacional, considerando o eixo que apresentou os valores mais elevados de aceleração eficaz ponderada (a_w), e o preconizado na NP ISO 2631-1 de 2007, considerando a aceleração eficaz total ponderada (a_v – soma vectorial), que consiste na combinação dos valores dos três eixos ortogonais, x, y e z. Pela análise dos valores apresentados na Tabela 2, verificou-se uma clara dominância da direcção vertical (z), em todos os percursos. Este resultado corrobora o verificado em estudos similares como os de Cann *et al.* (2004), Salmoni *et al.* (2008), Eger *et al.* (2008), Kumar (2004) e Melo (2006). Salientam-se os P6 e P7 que apresentaram os valores mais elevados, estes podem ser justificados pelo facto do veículo se encontrar sem carga, diminuindo a estabilidade e, conseqüentemente, aumentando as oscilações do mesmo. A carga do veículo contribui, de forma significativa, para os níveis de vibração, uma vez que o aumento do peso de um veículo reduz a exposição do motorista a vibrações, medido no assento (Rehn *et al.*, 2005). Destaca-se ainda que, na Rota 1, à medida que avançamos do P2 até ao P5, os valores de aceleração vão aumentando (0,33; 0,34; 0,39 e 0,41 m/s^2), o que coincide com a diminuição do peso do veículo, visto que este vai sendo descarregado, confirmando-se, assim, o anteriormente referido.

Analisando os valores obtidos da soma vectorial, verificou-se que os valores de aceleração são superiores ao verificado com a abordagem realizada tendo em conta o eixo dominante. Este resultado é corroborado com um estudo similar de Cann *et al.* (2004).

Tabela 2 - Valores de aceleração eficaz ponderada para cada eixo (a_{wx} , a_{wy} e a_{wz}) e soma vectorial (a_v)

Rota	Percurso	a_{wx} m/s^2	a_{wy} m/s^2	a_{wz} m/s^2	a_v m/s^2
Rota 1	P1	0,18	0,32	0,37	0,63
	P2	0,15	0,19	0,33	0,47
	P3	0,18	0,28	0,34	0,58
	P4	0,21	0,34	0,39	0,68
	P5	0,19	0,24	0,41	0,59
	P6	0,35	0,50	0,58	1,03
Rota 2	P7	0,24	0,42	0,54	0,87
	P8	0,16	0,23	0,34	0,52
	P9	0,16	0,23	0,37	0,54
	P10	0,16	0,22	0,33	0,50
	P11	0,19	0,25	0,41	0,60
Média		0,20	0,29	0,40	0,64

3.3. Exposição diária do motorista

De acordo com o preconizado no Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro, foi calculado o A(8) por rota e o A(8)semanal, obtendo-se os resultados descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de A(8) Rota 1 e Rota 2 e do A(8) semanal

	Tempo de exposição (horas)	A(8) (m/s ²)	A(8)semanal (m/s ²)
Rota 1	3,13	0,22	0,19
Rota 2	1,35	0,14	
Valor de Acção de Exposição: 0,5m/s ² Valor Limite de Exposição: 1,15m/s ²			

Comparando os resultados verificou-se que, os valores obtidos para a exposição do trabalhador, são inferiores ao valor de acção (0,5m/s²). É de realçar que o tempo de exposição do motorista corresponde às horas de condução por ele efectuadas, assim sendo, este tempo de exposição pode variar de dia para dia, uma vez que está dependente das condições de trânsito. Neste sentido, com o objectivo de se verificar qual o tempo necessário a partir do qual a exposição do trabalhador excederia o valor de acção, procedeu-se ao seu cálculo, considerando o eixo dominante (eixo dos z) e a soma vectorial dos três eixos (x,y e z) do sistema de coordenadas. Os valores obtidos foram os apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Tempos necessários para que a exposição pessoal exceda o valor de acção

Tempo de exposição	a _{wz} médio = 0,40 m/s ² (eixo dominante)		a _v médio = 0,66 m/s ² (soma vectorial)	a _v médio = 0,61m/s ² (soma vectorial)
	Rota 1	Rota 2	Rota 1	Rota 2
	≈13horas		≈5 horas	≈5,5 horas

Analisando os dados da tabela 4, verificou-se que para o caso do eixo dominante era necessário o motorista conduzir aproximadamente durante 13 horas, para atingir o valor de acção (esta situação não se verifica, num período normal de 8 h de trabalho). No caso da soma vectorial, é possível que o valor de acção seja ultrapassado, uma vez que só seria necessário o motorista conduzir durante cerca de 5 a 5,5 horas. Esta situação, na realidade poderá ocorrer, devido ao tipo de actividade. Salienta-se, assim, que o método de análise tendo em conta a soma vectorial, ou seja, a influência dos três eixos na exposição do trabalhador, demonstra salvaguardar mais a saúde do trabalhador. Neste sentido, seria pertinente continuar a apostar na investigação da comparação destas duas metodologias, de forma a comprovar que a análise pela soma vectorial é mais benéfica para a protecção da saúde e conforto dos trabalhadores.

3.4. Questionários

Os resultados dos questionários revelaram que os trabalhadores apresentam uma média de 36 anos de idade, 77kg de peso, 1,80 m de altura e 9 anos de experiência profissional. De acordo com o apresentado no Gráfico 3, a fadiga foi o sintoma mais referido pelos motoristas (71%), contudo este, além de ser característico da exposição a vibrações, pode também ser influenciado por outros factores, não sendo possível estabelecer uma relação directa de causa-efeito. A dor lombar foi também referida pelos motoristas (43%) e, de facto, este sintoma é um dos problemas mais citados derivado da exposição a VCI (Seidel, 2005; Palmer *et al.* 2003; Okunribido *et al.*, 2006 e Hoy *et al.*, 2005). Também neste estudo dois dos motoristas revelaram já terem problemas na coluna, nomeadamente hérnias discais. A manifestação deste sintoma pode estar a ser influenciada pelos picos de aceleração eficaz verificados na passagem por estradas com piso degradado. Com o objectivo de analisar a percepção dos trabalhadores face à influência da sua actividade na sintomatologia referida, a maioria (75%), afirmou que muitos dos sintomas manifestados são derivados do trabalho desenvolvido, incluindo a dor lombar. Relativamente à percepção do risco face à exposição às vibrações, 71% consideraram estar expostos a vibrações prejudiciais à saúde. Este resultado demonstra-se singular, uma vez que quando questionados se sentiam desconforto por vibrações e choques, a mesma percentagem de inquiridos (71%) respondeu negativamente. Este facto pode evidenciar que, apesar dos motoristas não sentirem desconforto por vibrações, os mesmos têm consciência que, a longo prazo, a exposição a VCI, pode acarretar consequências para a sua saúde.

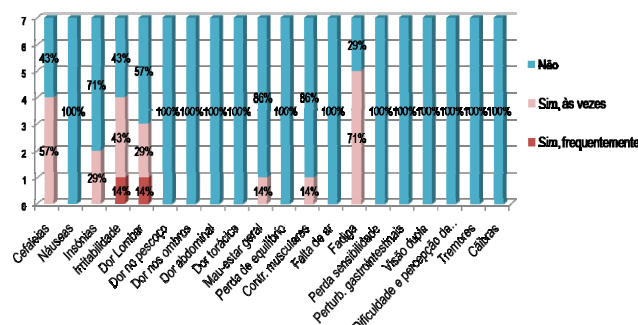


Gráfico 3 – Sintomatologia percebida pelos trabalhadores

4. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que o motorista do pesado de mercadorias N3, não se encontra exposto a VCI durante o trabalho, de acordo com o preconizado no Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro. Contudo, através da análise dos valores máximos instantâneos da aceleração eficaz ponderada em cada percurso, verificou-se a influência de certos factores no aumento dos valores de aceleração, nomeadamente, as condições do piso das estradas (“buracos”), principalmente, em estradas nacionais e municipais por apresentarem asfalto degradado e irregular. Pela análise da aceleração ponderada, demonstrou-se, que a carga do veículo pode influenciar o nível vibracional, verificando-se que o camião carregado minimiza a exposição do trabalhador. Constatou-se que a direcção vertical (z) é a dominante, sendo a frequência dominante a 1,6Hz na direcção vertical (z), e a 12,5Hz na direcção lateral (y) e antero-posterior (x). Deste modo, deve proceder-se à implementação de medidas que visem a manutenção e conservação dos pisos das vias de circulação, manutenção dos sistemas de suspensão dos veículos e elaboração de planos de formação que abordem especificamente o tipo de condução e as posturas a adoptar para salvaguarda do bem-estar e conforto dos trabalhadores. Relativamente à sintomatologia manifestada, realçam-se a fadiga, a dor lombar e a manifestação de problemas de coluna por alguns motoristas, contudo, não é possível afirmar uma relação de causa-efeito. Ressalva-se que a avaliação da exposição a vibrações deve englobar, não só a medição da exposição, mas também um conjunto de factores que potenciam essa exposição, tais como: o peso do motorista, a experiência profissional, a postura adoptada e o tipo de condução, o tipo de assento e sua suspensão; a velocidade; o tipo de pneu e o tipo de pavimento. A exposição a VCI varia com o tipo de veículo pesado de mercadorias, sendo assim, de extrema pertinência, alargar o estudo a outros camiões, com dimensões e pesos diferentes, salvaguardado a sua idade, estado de conservação, suspensão de eixos e cabine e adequabilidade do assento e respectivo meio de suspensão através do cálculo do parâmetro *SEAT* (*Seat Effective Amplitude Transmissibility*). Salienta-se também, a necessidade de alargar a investigação no sentido de incluir no método de caracterização da exposição a VCI, a análise da soma vectorial e um valor de pico de aceleração no sentido de salvaguardar a segurança, a saúde e o conforto dos trabalhadores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cann, A. P., Salmoni, A. W., & Eger, T. R. (2004). Predictors of whole-body vibration exposure experienced by highway transport truck operators. *Ergonomics*, 47, 1432 – 1453.
- Decreto-Lei n.º 16/2010 de 12 de Março. Diário da República, 1.ª série - N.º 50 - 12. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa
- Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro. Diário da República n.º40/2006 – I Série-A. Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. Lisboa
- Donati, P., Schust, M., Szopa, J., Starck, J., Iglesias, E. G., Senovilla, L. P., et al. (2008). Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work.
- Eger, T., Stevenson, J., Boileau, P.-E., Salmoni, A., & VibRG. (2008). Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 1-Analysis of whole-body vibration exposure using ISO 2631-1 and ISO-2631-5 standards. *International Journal of Industrial Ergonomics* 38, 726–738.
- Hoy, J., Mubarak, N., Nelson, S., Landas, M. S., Magnusson, M., Okunribido, O., et al. (2005). Whole body vibration and posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers. *Journal of Sound and Vibration* 284, 933–946.
- Kumar, S. (2004). Vibration in operating heavy haul trucks in overburden mining. *Applied Ergonomics* 35, 509–520.
- Macedo, R. (2006). Manual de Higiene do Trabalho na Indústria. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Melo, R. M. (2006). Exposição Ocupacional a Vibrações Transmitidas ao Corpo Inteiro: Factores Condicionantes na Condução de Autocarros Humanos. Tese de Doutoramento - Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana.
- NP ISO 2631-1 (2007). Norma Portuguesa para avaliação da exposição corpo inteiro a vibrações, Parte 1: Requisitos gerais. Documentos impressos. Instituto Português da Qualidade, Caparica.
- Okunribido, O., Magnusson, M., & Pope, M. (2006). Low back pain in drivers: The relative role of whole-body vibration, posture and manual materials handling. *Journal of Sound and Vibration* 298, 540–555.
- Palmer, K. T., Griffin, M. J., Syddall, H. E., Pannett, B., Cooper, C., & Coggon, D. (2003). The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occupational and Environmental Medicine*, 60, 715–721.
- Rehn, B., Lundström, R., Nilsson, L., Liljelind, I., & Järvholm, B. (2005). Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles—aspects on measurement strategies and prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 831–842.
- Salmoni, A. W., Cann, A. P., Gillin, E. K., & Eger, T. R. (2008). Case studies in whole-body vibration assessment in the transportation industry—Challenges in the field. *International Journal of Industrial Ergonomics* 38, 783–791.
- Seidel, H. (2005). On the Relationship between Whole-body Vibration Exposure and Spinal Health Risk. *Industrial Health*, 45, 361–377.
- Tiemessen, I. J., Hulshof, C. T., & Frings-Dresen, M. H. (2007). An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37, 245–256.