

Medição e avaliação de Vibrações no Corpo Humano em Equipamentos de Movimentação de Materiais.

Mário Peixe

Arsenal do Alfeite
mario.peixe@arsenal-alfeite.pt

Resumo

Esta comunicação tem como objectivo demonstrar a importância da exposição às vibrações dos trabalhadores, que operam com equipamentos de movimentação de materiais. São apresentados dois casos de estudo: um que envolve um empilhador, onde se varia apenas o espaço de trabalho e se mantem as restantes condições (equipamento e operador) e o outro caso, um estudo comparativo entre três tipos de equipamentos que operam em pedreiras.

Dos casos apresentados, os resultados revelam que o estado do pavimento é o factor mais importante, podendo originar um aumento da amplitude das vibrações transmitidas. Assim, pode concluir-se que para este tipo de tarefas o pavimento deve estar em bom estado, ou então deve haver um sistema de amortecimento do equipamento (ex. assento), que contribua para minimizar as vibrações transmitidas.

Palavras-chave: exposição, vibrações, empilhador, pavimento, amplitude.

Abstract

The goal of this communication is to demonstrate the importance of exposure to vibration of workers operating handling and loading equipment. Two cases of study are presented: one involving a forklift truck, varying only the working area and maintaining the remaining conditions (equipment and operator) and the other case is a comparative study between three types of equipment operating in quarries.

The results show that the state of the pavement condition is the most important factor, and can cause an increase in the amplitude of vibration. Thus, we can conclude that for this type of tasks, the surface must be in good condition or there must be a system of equipment cushioning (e.g. seat), which contributes to minimize the vibrations transmitted to the operator.

Keywords: exposure, vibration, forklift truck, pavement, amplitude.

1 Introdução

A indústria utiliza, de uma maneira geral, equipamentos para movimentação de materiais (matérias-primas, produtos, etc), que transmitem vibrações aos seus operadores.

As vibrações mecânicas provenientes de máquinas ou ferramentas são agentes físicos que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores que as operam.

Desde a saída do Decreto-Lei nº46/2006, o qual resultou da transposição da Directiva Europeia 2002/44/CE, que as empresas têm vindo a intensificar as suas preocupações relativamente às vibrações transmitidas aos trabalhadores através dos seus equipamentos, tendo como objectivo avaliar a exposição diária a que estes estão sujeitos.

Neste artigo, pretende dar-se a conhecer o nível de exposição dos trabalhadores às vibrações, quando operam equipamentos de movimentação de materiais ou matérias-primas, tais como: empilhadores, dumpers, pá carregadoras e pá giratórias, assim como, identificar as causas que originam essas vibrações e as soluções que podem contribuir para as atenuar.

2 Medição de vibrações – Porquê?

Tendo como referência o Decreto-Lei nº46/2006 [1], o qual indica que nas actividades susceptíveis de apresentar riscos de exposição a vibrações mecânicas, o empregador deve avaliar e, se necessário medir os níveis de vibrações a que os seus trabalhadores estão expostos, assim como, tomar medidas quando os valores de exposição (A8) se encontrem superiores aos valores de acção e limite de exposição admissíveis. Assim, torna-se importante efectuar a medição da vibração, de modo a determinar o nível de exposição a que cada trabalhador está sujeito.

As vibrações podem ser transmitidas ao corpo humano através do:

- Corpo Inteiro; [2]
- Sistema Mão-Braço. [2]

Para os casos em análise as vibrações são transmitidas através do Corpo Inteiro.

3 Legislação aplicável

- Dec. -Lei nº 46/2006 – Exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas; [1]
- NP ISO 2631-1:2007 – Vibrações mecânicas e choque;
Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. [2]

4 Valores de acção e limite de exposição admissíveis

- Valor limite de exposição: $1,15 \text{ m/s}^2$ [1]
- Valor de acção de exposição: $0,5 \text{ m/s}^2$ [1]

5 Medição de vibrações no corpo inteiro

Este tipo de vibração é transmitido ao corpo na sua globalidade, através das superfícies de apoio (pés, nádegas).

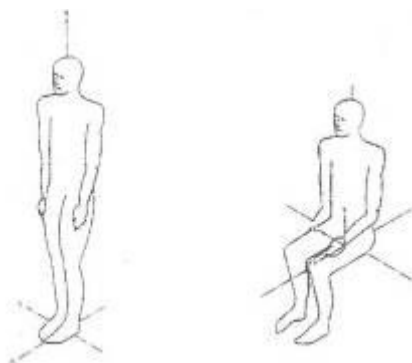


Figura 1 – Posições de trabalho [2]

Nos equipamentos em que a posição de trabalho do operador seja sentado, temos como superfícies de apoio as nádegas, sendo que o sensor de medição (acelerómetro triaxial), ficará localizado entre o assento e as nádegas do trabalhador.

Quando os equipamentos são operados na posição de pé, a superfície de apoio do trabalhador são os pés, assim o sensor de medição, ficará localizado entre o pavimento / superfície da máquina e um dos pés.



Figura 2 – Localização do acelerómetro

6 - Empilhador – 1º Caso de estudo

O empilhador é um equipamento muito utilizado na indústria, pois permite a movimentação de cargas (materiais e matérias-primas), tornando assim estas tarefas mais rápidas e poupando os trabalhadores a esforços excessivos. Contudo, os operadores destes equipamentos estão expostos às vibrações por eles transmitidos, devendo por isso haver um controlo da exposição, assim como a sua minimização, através de procedimentos práticos e objectivos, os quais serão objecto de uma análise à posteriori.

Pretende-se neste estudo avaliar os valores medidos em duas tarefas diferentes, nas quais se mantêm as seguintes condições: equipamento, operador, e carga transportada, variando apenas o espaço onde o trabalho é realizado; tarefa 1 - interior de um armazém e tarefa 2 - exterior.



Figura 3 – Empilhador



Figura 4 – Equipamento de medição

Dados do equipamento:

- Empilhador eléctrico
- Marca: FIAT
- Modelo: E/3 15N
- Ano: 1990

Condições de funcionamento:

- Com e sem movimentação de carga (≈ 109 kg);
- Velocidade: ± 5 km/h

- Medição no interior do armazém:

Neste espaço de trabalho, o empilhador desloca-se sobre pavimento em cimento, movimentando uma carga, tendo cada ciclo de trabalho uma duração aproximada de 2 minutos. Foram efectuadas três medições, em que cada uma envolve um ciclo de trabalho.

Tabela 1 – Amplitudes de vibração da tarefa 1

	1ª medição	2ª medição	3ª medição	Média (a_w)
aw_x	0,182	0,156	0,172	0,170
aw_y	0,211	0,202	0,223	0,212
aw_z	0,312	0,289	0,311	0,304

- Medição no exterior

Esta tarefa baseia-se na movimentação de uma carga do armazém para uma oficina, regressando posteriormente o empilhador sem carga ao armazém. O pavimento é em asfalto e apresenta algumas irregularidades ao longo do percurso (pequenas cavidades, carris, etc). Cada ciclo de trabalho tem uma duração aproximada de 5 minutos, tendo sido efectuadas três medições, em que cada uma envolve um ciclo de trabalho.

Tabela 2 – Amplitudes de vibração da tarefa 2

	1ª medição	2ª medição	3ª medição	Média (a_w)
aw_x	0,323	0,354	0,345	0,341
aw_y	0,392	0,425	0,414	0,410
aw_z	0,690	0,730	0,780	0,733

Após análise dos valores relativos a cada uma das tarefas, verifica-se que as amplitudes de vibração da tarefa 2 são superiores às da tarefa 1. Apesar dos ciclos de trabalho serem de trajecto e duração diferentes, a razão desta diferença, pode ser justificada pelo estado do pavimento, o qual se encontra mais irregular na tarefa 2, provocando assim vibrações de maior amplitude.

Tabela 3 – Exposição diária A(8)

TED (h)	Interior do Armazém			Exterior		
	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z
	(m/s ²)			(m/s ²)		
1	0,084	0,105	0,107	0,169	0,203	0,259
2	0,119	0,148	0,152	0,239	0,287	0,367
3	0,146	0,182	0,186	0,292	0,352	0,449
4	0,168	0,210	0,215	0,338	0,406	0,518
5	0,188	0,235	0,240	0,377	0,454	0,579
6	0,206	0,257	0,263	0,413	0,497	0,635
7	0,223	0,278	0,284	0,447	0,537	0,686
8	0,238	0,297	0,304	0,477	0,574	0,733

TED – Tempo de exposição diário

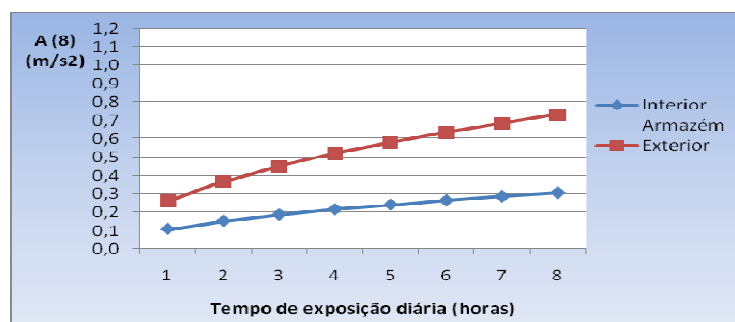


Figura 5 – Variação do valor A(8)

Analisando os valores de exposição A(8), pode verificar-se que a tarefa correspondente ao trabalho realizado no interior do armazém pode ser executada durante as 8 horas, pois o trabalhador está exposto a um nível de vibrações inferior ao valor de acção A(8) (0,5 m/s²). Na tarefa correspondente ao trabalho realizado no exterior, o trabalhador não deverá exceder as 3 horas de trabalho diárias, pois a partir deste período de exposição diário ficará sujeito a um nível de vibrações superior ao valor de acção A(8).

Acção a tomar para minimizar as vibrações transmitidas, nomeadamente as referentes á tarefa 2:

- Melhorar o estado do pavimento;
- Melhorar o sistema de amortecimento do assento, que pode passar pela sua substituição;
- Rotatividade de operador, de modo a que cada trabalhador não ultrapasse as 3 horas de trabalho diárias.

7 Equipamentos que operam em Pedreiras – 2º Caso de estudo

As pedreiras utilizam normalmente equipamentos que transportam e/ou movimentam material. Os equipamentos em análise são: Dumper's, Pás Carregadoras e Pás Giratórias. Nestes espaços de trabalho, o pavimento, é muito irregular, sendo constituído normalmente por terra batida, aumentando assim o nível de vibrações dos equipamentos, as quais são transmitidas aos operadores, provocando-lhes desconforto e cansaço.

Neste estudo, o objectivo é avaliar as amplitudes de vibração dos equipamentos em causa, Comparando os valores obtidos, no que concerne às amplitudes e valor de exposição diária A(8), assim como identificar as possíveis causas destas vibrações.

- Equipamento: Dumper

Este tipo de equipamento, muitas vezes denominado camião, tem como função transportar material de um local para o outro. O ciclo de trabalho inicia-se com o carregamento da carga a transportar/movimentar, deslocação para o local onde se vai efectuar a descarga e regresso sem carga.



Figura 6 – Dumper

Foram efectuadas 3 medições em equipamentos deste tipo, com operadores diferentes e em diferentes locais, cujas amplitudes de vibração foram:

Tabela 4 – Amplitudes de vibração do Dumper

Dumper	aw_i	Média (a_w)
1	aw_x	0,429
	aw_y	0,729
	aw_z	0,970
2	aw_x	0,441
	aw_y	0,656
	aw_z	0,760
3	aw_x	0,469
	aw_y	0,369
	aw_z	0,897

Tabela 5 – Exposição diária A(8)

TED (h)	Dumper 1			Dumper 2			Dumper 3		
	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z
1	0,212	0,361	0,343	0,218	0,325	0,269	0,232	0,183	0,317
2	0,300	0,510	0,485	0,309	0,459	0,380	0,328	0,258	0,449
3	0,368	0,625	0,594	0,378	0,562	0,465	0,402	0,316	0,549
4	0,425	0,722	0,686	0,437	0,649	0,537	0,464	0,365	0,634
5	0,475	0,807	0,767	0,488	0,726	0,601	0,519	0,408	0,709
6	0,520	0,884	0,840	0,535	0,795	0,658	0,569	0,447	0,777
7	0,562	0,955	0,907	0,578	0,859	0,711	0,614	0,483	0,839
8	0,601	1,021	0,970	0,617	0,918	0,760	0,657	0,517	0,897

TED – Tempo de exposição diário

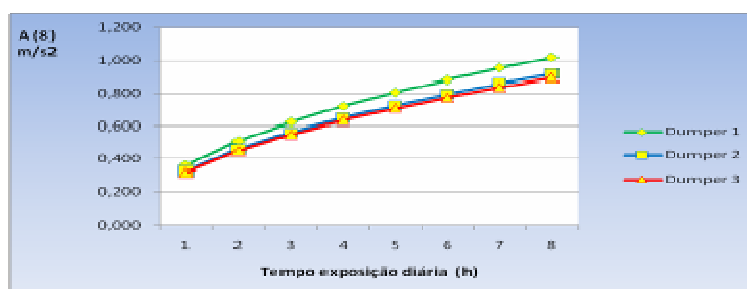


Figura 7 – Variação do valor A(8)

Analisando os valores, verifica-se nos três equipamentos que o eixo z é o que apresenta maior valor de amplitude de vibração (ver tabela 4). No entanto, as diferentes ponderações atribuídas a cada um dos eixos (x - 1,4; y - 1,4 e z - 1,0) [2], alteram essa tendência, pois o valor de exposição diária A(8) mais elevado, não se verifica em todos os casos no eixo z (ver tabela 5). Através do gráfico (figura 6) pode observar-se que o tempo de exposição diária dos trabalhadores que operam este tipo de equipamentos (nestas condições) deverá ser inferior a 2 horas, pois caso contrário ficarão sujeitos a valores de exposição A(8) superiores ao valor de ação admissível ($0,5 \text{ m/s}^2$).

A causa mais provável destes níveis de vibração pode ser o tipo / estado do pavimento (muito irregular) e eventualmente o sistema de amortecimento do assento do equipamento.

- Equipamento: Pá Giratória

Este tipo de equipamento, tem como função carregar o Dumper, através de movimentos giratórios da sua pá. O ciclo de trabalho inicia-se com o carregamento da pá, seguido do carregamento do Dumper, e assim sucessivamente.



Figura 8 – Pá Giratória movimentando pedra



Figura 9 – Pá Giratória movimentando lamas

Foram efectuadas 3 medições em equipamentos deste tipo, com operadores diferentes e em diferentes locais, cujas amplitudes de vibração foram:

Tabela 6 – Amplitudes de vibração da Pá Giratória

Pá Giratória	aw_i	Média (a_w)
1	aw_x	0,307
	aw_y	0,237
	aw_z	0,682
2	aw_x	0,446
	aw_y	0,242
	aw_z	0,670
3	aw_x	0,192
	aw_y	0,158
	aw_z	0,148

Tabela 7– Exposição diária A(8)

TED (h)	Pá Giratória 1			Pá Giratória 2			Pá Giratória 3		
	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z
1	0,152	0,117	0,241	0,221	0,120	0,237	0,095	0,078	0,052
2	0,215	0,166	0,341	0,312	0,169	0,335	0,134	0,111	0,074
3	0,263	0,203	0,418	0,382	0,207	0,410	0,165	0,135	0,091
4	0,304	0,235	0,482	0,442	0,240	0,474	0,190	0,156	0,105
5	0,340	0,262	0,539	0,494	0,268	0,530	0,213	0,175	0,117
6	0,372	0,287	0,591	0,541	0,293	0,580	0,233	0,192	0,128
7	0,402	0,310	0,638	0,584	0,317	0,627	0,251	0,207	0,138
8	0,430	0,332	0,682	0,624	0,339	0,670	0,269	0,221	0,148

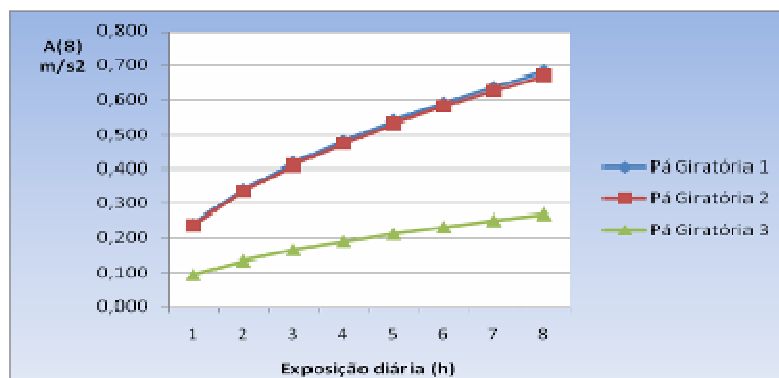


Figura 10 – Variação do valor A(8)

Analisando os valores, verifica-se que nos equipamentos 1 e 2 o eixo z é o que apresenta maior valor de amplitude de vibração. O equipamento 3 apresenta valores de amplitude inferiores nos três eixos, verificando-se a amplitude mais elevada no eixo “x” (ver tabela 6) . Esta diferença é causada pelo tipo de material que se está a movimentar, pois nos dois primeiros equipamentos o material a movimentar é pedra, desenvolvendo o equipamento um esforço maior (no enchimento da pá), no outro equipamento o material a movimentar é terra húmida (lamas).

Observando o gráfico (figura 7), pode verificar-se que os valores de exposição diária $A(8)$ são semelhantes nos dois primeiros equipamentos e substancialmente inferiores no terceiro equipamento. Assim, verifica-se que a última tarefa pode ser executada pelo mesmo trabalhador durante 8 horas, estando este exposto a valores de exposição $A(8)$ inferiores ao valor de acção admissível ($0,5 \text{ m/s}^2$). No outros dois equipamentos, o tempo de exposição diária não deverá ser superior a 4 horas.

- Equipamento: Pá Carregadora

Este tipo de equipamento, tem como função carregar o Dumper ou movimentar material de um lado para o outro em curtas distâncias, através da sua pá. O ciclo de trabalho inicia-se com o carregamento da pá, seguido do movimento de carregamento do Dumper ou descarga da carga noutra local.



Figura 11 – Pá Carregadora

Foram efectuadas 3 medições em equipamentos deste tipo, com operadores diferentes e em diferentes locais, cujas amplitudes de vibração foram:

Tabela 8 – Amplitudes de vibração da Pá Carregadora

Pá Carregadora	aw_i	Média (a_w)
1	aw_x	0,755
	aw_y	0,611
	aw_z	0,831
2	aw_x	0,684
	aw_y	0,870
	aw_z	0,791
3	aw_x	0,795
	aw_y	0,789
	aw_z	0,759

Tabela 9– Exposição diária A(8)

TED	Pá Carregadora 1			Pá Carregadora 1			Pá Carregadora 1		
	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z
1	0,374	0,302	0,294	0,339	0,431	0,280	0,394	0,391	0,268
2	0,529	0,428	0,416	0,479	0,609	0,396	0,557	0,552	0,380
3	0,647	0,524	0,509	0,586	0,746	0,484	0,682	0,676	0,465
4	0,747	0,605	0,588	0,677	0,861	0,559	0,787	0,781	0,537
5	0,836	0,676	0,657	0,757	0,963	0,625	0,880	0,873	0,600
6	0,915	0,741	0,720	0,829	1,055	0,685	0,964	0,957	0,657
7	0,989	0,800	0,777	0,896	1,139	0,740	1,041	1,033	0,710
8	1,057	0,855	0,831	0,958	1,218	0,791	1,113	1,105	0,759

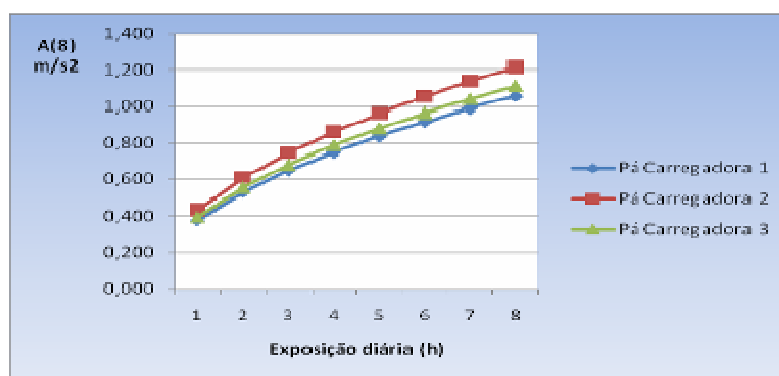


Figura 12 – Variação do valor A(8)

Analisando os valores, verifica-se que a amplitude de vibração, sendo considerável nos três eixos, não centra o seu valor mais elevado num só eixo, podendo ser mais elevada em qualquer um dos eixos (x, y ou z) (ver tabela 8). Esta situação pode ser causada pelo tipo de movimentos / manobras de rotação e arranque brusco, podendo variar de operador para operador, contudo, deve também ser considerado como factor contributivo para estes níveis de vibração o tipo / estado do pavimento (muito irregular) e eventualmente o sistema de amortecimento do assento do equipamento.

O valor de exposição diária A(8) verifica-se segundo os eixos “x” ou “y” (ver tabela 9). Observando o gráfico (figura 8), pode concluir-se que a exposição diária dos trabalhadores às vibrações que operam este tipo de equipamentos (nestas condições) deverá ser inferior a 2 horas, pois caso contrário ficarão sujeitos a valores de exposição A(8) superiores ao valor de acção admissível (0,5 m/s²). Nestas condições, com tempo de exposição diária superior a 6 horas, os trabalhadores ficariam sujeitos a valores de exposição A(8) superiores ao valor limite admissível (1,15 m/s²).

8 Conclusões

A movimentação de materiais cujos equipamentos se deslocam pode estar condicionada pelo estado do pavimento. O operador está exposto durante o seu trabalho, a vários níveis de vibração, os quais condicionam o seu conforto e bem-estar. Além deste factor, existem outros que podem contribuir para a melhoria ou redução da exposição à vibração à qual o trabalhador está sujeito, tais como: o sistema de amortecimento do assento, o modo de condução (arranques e travagens bruscas, alterações de velocidade, etc) e as cargas a movimentar.

Considerando situações de trabalho que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores, impõe-se o controlo dos níveis de exposição às vibrações, assim como, a utilização de medidas correctivas e preventivas para as minimizar.

Agradecimentos

Ao técnico Hélder Ferreira, ao Sr. Jorge Costa, pela condução do empilhador, ao Arsenal do Alfeite e à família pela sua compreensão na execução deste trabalho.

Referências

- [1] Diário da República, I Série – A, Dec. -Lei nº 46/2006, Exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas, nº40, 2006, pp 1531-1538.
- [2] NP ISO 2631, Vibrações mecânicas e choque, Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações, parte 1, 2007, pp 1-37.