

# Relação entre Ruído e Vibração produzidos por equipamentos de pedreira

## Relationship between Noise and Vibration Produced by Quarry Equipment

João Cerdeira, M. L. Matos<sup>1</sup>, J. S. Baptista

Research Laboratory on Prevention of Occupational and Environmental Risks (PROA/LABIOMEPE), Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal

<sup>1</sup>LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, S. Mamede de Infesta, Portugal

### Abstract

Inherent to the quarry production activities, are the use of heavy and powerful equipment in order to maximize productivity. Along with these equipment's activity, including drilling, rock breaking, loading and transportation, comes simultaneously the production of noise and vibration, which in certain circumstances might cause harm to the operator's health. In this study, conducted in 2013 on a Portuguese quarry, were monitored a Rock drill, two rotary excavators (one with hydraulic hammer and other with a bucket) and a Dumper, while working. The measurements were made in accordance to standard protocols of ISO 2631-1:1997 for vibration and ISO 9612:2011 for noise exposure. Valid equipments were used for presented measurements. The measurement period was never the same, changing from 30 to 60 minutes. Vibration measurements were made for the three-axis (xx, yy, zz) and for the 3 interface positions mentioned on the ISO 2631-1:1997 (backseat-operator, seat-operator and floor-operator), but in the present article only seat-operator's graphics interface will be presented, because it is the only interface that, according legal Portuguese framework, is recognized as having health effects. The exception is the Rock drill, which is an old and non-cabined vehicle with standing manipulation, where vibration measurements were done on the interface floor-operator. Results showed similar behavior in noise and vibrations, and therefore, a relationship between production of both physical risks. Therefore, results also showed that this similarity is only valid for vehicles where the operator is seated on, meaning direct contact, since most of the vibrations produced by the equipment are result of mechanical activity.

**Keywords:** Quarry; Rock drill; Excavator; Dumper, Vibration, Noise.

### 1. INTRODUÇÃO

Os riscos físicos são uma presença constante na generalidade das atividades profissionais. No entanto, há setores onde a sua presença é de tal forma intensa que se tornam uma preocupação nas organizações pelo impacto negativo nos colaboradores. Na atividade extrativa a perda auditiva permanente ou temporária (Sensogut, 2007) e as vibrações transmitidas pelos equipamentos ao corpo (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010) são preocupações permanentes, fruto da natureza do próprio processo produtivo. A atividade numa pedreira a céu aberto é constituída essencialmente por tarefas como a perfuração de rocha e pegas de fogo (quando o desmonte é feito através de explosivos), taqueio (quando do desmonte resultam blocos de dimensão impossível de transportar e processar), carga, transporte, descarga e processamento do minério. Com o presente trabalho, pretende-se aferir a relação entre a produção de ruído e de vibrações, resultantes da atividade normal dos equipamentos em estudo.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os elementos que constam deste estudo foram recolhidos entre 9 de Julho e 1 de Agosto, numa pedreira (CAE 08121-Extração de saibro, areia e pedra britada) nas seguintes atividades: perfuração de bancada com carro de perfuração, carga de blocos em *Dumper* com escavadora giratória com balde, taqueio de blocos de grandes dimensões com escavadora giratória com martelo hidráulico e transporte do material desmontado entre o desmonte e a britagem com *Dumper*. Nos referidos equipamentos (tabela 1), os dispositivos de monitorização de vibrações, (acelerómetro triaxial Svantek SV100 e *Data Logger* Svantek SV 106) a par com o de ruído (sonómetro 01dB Blue Solo) foram utilizados de acordo com a regulamentação: o microfone do sonómetro ao nível da orelha mais exposta do operador (distância < 30 cm), preso ao encosto de cabeça do assento do veículo e o acelerómetro triaxial na interface assento/operador.

Tabela 1 - Equipamentos monitorizados

	Carro de perfuração	Escavadora Giratória com balde	Escavadora Giratória com martelo hidráulico	Dumper
Marca	ATLAS COPCO	HITACHI	CATERPILLAR	VOLVO
Modelo	742HC01	ZX 520	325B LN	A35 D
Ano de fabrico	1991	2008	n/d	2005
Estado do equipamento	Bom	Bom	Bom	Bom

Na avaliação do carro de perfuração, o sonômetro foi colocado num tripé à altura da orelha do operador, a uma distância que ultrapassou os 30 cm, de modo a não perturbar a atividade do mesmo. O acelerômetro triaxial foi colocado no chão, na zona de ação onde o operador controla o braço da broca perfuradora através de comandos. O operador permaneceu parado sobre o acelerômetro, durante a execução dos furos. As operações efetuadas pelas escavadoras giratórias, quer com balde ou com martelo hidráulico foram feitas praticamente em regime estacionário (sem deslocação), pelo que grande parte das vibrações e ruído são fruto do movimento do braço da máquina e da interação do mesmo com os blocos. No caso do *Dumper*, este apenas permanece parado durante as operações de carga e de descarga, e pontuais paragens no percurso para facilitar o trânsito de veículos; assim, grande parte das vibrações e ruído provêm dos trajetos feitos com a finalidade de carga e descarga.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 a 4 apresentam-se como exemplo representações gráficas do ruído e da vibração avaliados em simultâneo durante a atividade do carro de perfuração (Figura 1), da escavadora giratória com balde (Figura 2), do *Dumper* (Figura 3) e da escavadora giratória com martelo hidráulico (Figura 4). Estas representações são uma parcela dos dados provenientes de um projeto que envolveu, até ao momento, a recolha de mais de três dezenas de amostras.



Figura 1 - Vibrações vs. Ruído *carro perfuração*

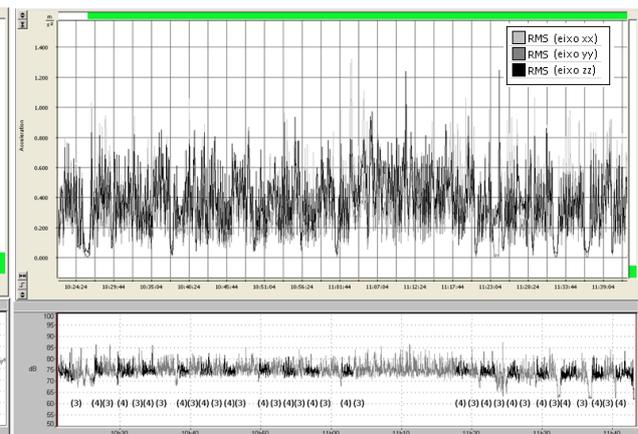


Figura 2 – Vibrações vs. Ruído *giratória c/ balde*

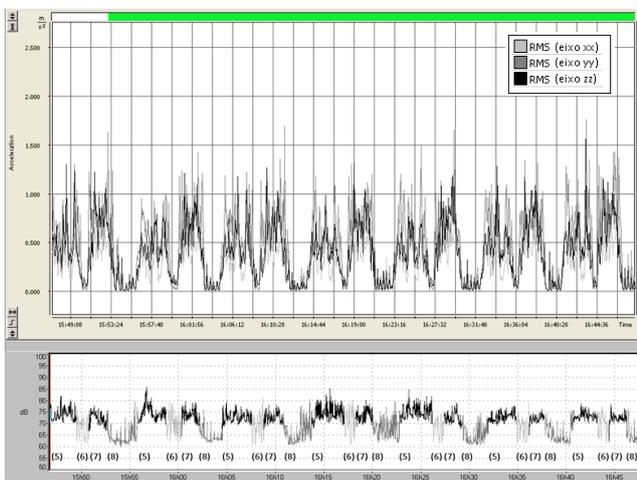


Figura 3 - Vibrações vs. Ruído *Dumper*

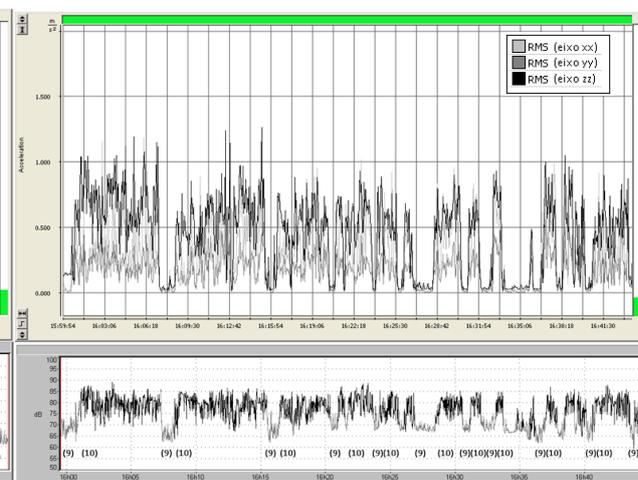


Figura 4 - Vibrações vs. Ruído *giratória c/ martelo hidráulico.*

Legenda: (1) - Perfuração, (2) - Remoção Varas, (3) - Espera/Seleção Bloco, (4) - Carga no Dumper, (5) - Troço Carga/Britagem, (6) - Descarga, (7) - Troço Descarga/Britagem, (8) - Carga, (9) - Espera/Seleção Bloco, (10) - Taqueio.

Os resultados mostram que não só há, efetivamente, relação entre a produção de ruído e de vibrações, como, mais importante ainda, há uma relação entre os respetivos padrões gráficos encontrados que merece maior aprofundamento. Começando a análise pelo carro de perfuração, verifica-se a existência de valores de aceleração significativamente mais elevados quando este equipamento se desloca entre dois furos do que durante a furação. O inverso ocorre com o ruído, para o qual os valores mais elevados ocorrem durante o processo de furação (Fig.1). Nos restantes equipamentos, todos cabinados, a produção de ruído e vibrações tem a mesma interpretação. Durante a atividade da escavadora giratória com balde, estas variações não são tão perceptíveis devido à sua aleatória e constante atividade. No entanto, é possível constatar que os momentos de paragem são detetáveis pelos dois processos. Na atividade da escavadora giratória com martelo hidráulico o resultado é o mesmo, no entanto, no exemplo apresentado na Figura 4, é possível identificar de forma mais clara os momentos de paragem da atividade.

Por último, no Dumper, cujas atividades apresentam maior diversidade, é possível identificar cada uma delas. Durante a espera, o ruído e as vibrações diminuem significativamente, resultado da pouca atividade mecânica dos equipamentos; ao retomarem a atividade, os níveis voltam a subir. Neste equipamento é possível identificar claramente cada uma das tarefas desenvolvidas (carga, transporte carregado, descarga, regresso descarregado).

Analisando agora a Tabela 2 é possível constatar que em alguns dos equipamentos, nomeadamente nas escavadoras, os valores apresentados evidenciam uma relação entre valores máximos de ruído e de vibrações, correspondendo estes valores máximos a determinada tarefa específica. Os resultados apresentados na tabela 2 complementam a informação sobre ambos os riscos em equipamentos de pedreira.

Relativamente ao carro de perfuração, a pesquisa bibliográfica efetuada não permitiu identificar estudos com equipamentos do mesmo tipo, não sendo possível a comparação a nível de vibrações. Contudo, é possível a comparação dos níveis de ruído com perfuradoras manuais, uma vez que a maioria do ruído deriva da interação broca/massa rochosa. Alguns autores apresentam perfuradoras manuais com níveis sonoros entre os 94,7 dB(A) e os 107,9 dB(A), equiparáveis ao valor de nível sonoro contínuo equivalente do Rock de perfuração (Phillips, Heyns, & Nelson, 2007).

Quanto a escavadoras giratórias, são apresentados valores médios e máximos de vibrações de  $0,51 \text{ m.s}^{-2}$  e  $1,1 \text{ m.s}^{-2}$  respetivamente, facilmente associáveis com os valores obtidos no presente estudo (Cann, Salmoni, Vi, & Eger, 2003).

Em *Dumpers*, Howard, Sesek, e Bloswick (2009), obtiveram valores médios e máximos de vibrações de  $0,92 \text{ m.s}^{-2}$  e  $1,59 \text{ m.s}^{-2}$ , algo discordantes com os obtidos neste estudo. Em termos de ruído, Cinar (2013), avalia uma escavadora giratória com balde e outra com martelo hidráulico, obtendo valores de nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{Aeq}$ ) de 73,6 dB(A) e 85,1 dB(A) respetivamente, equiparáveis aos valores obtidos no presente estudo. As diferenças obtidas, maioritariamente nas vibrações, são fruto de variáveis características que cada ambiente de estudo (tipo de terreno, suspensão do veículo, velocidade de viagem, tamanho físico do ocupante, tipo do veículo e respetivas características dinâmicas (Gunaselvam & Van Niekerk, 2005).

Tabela 2 – Níveis sonoros e acelerações nas diversas tarefas dos equipamentos.

		Ruído			Vibrações		Eixo Dominante
		$L_{Aeq}$ específico dB(A)	$L_{min}$ dB(A)	$L_{max}$ dB(A)	RMS <sub>média</sub> ( $\text{m.s}^{-2}$ )	RMS <sub>máx</sub> ( $\text{m.s}^{-2}$ )	
Carro de Perfuração	1.º Furo	91,8	82,5	99,2	0,03	0,16	zz
	2.º Furo	98,2	82,7	108,1	0,03	2,16 (xx)	zz
	3.º Furo	93,4	78,4	102,1	0,02	0,10	zz
	Recolha varas	90,9	78,1	110,5	0,20	3,49	yy
Escavadora c/ balde	Espera/ mov. de blocos	78,3	65,1	89,6	0,55	1,85	xx
	Carga no <i>Dumper</i>	77,8	69,9	87,6	0,50	1,49	xx
Escavadora c/ martelo hidráulico	Espera/ seleção bloco	69,6	58,1	80,8	0,13	1,59 (xx)	zz
	Taqueio	80,2	63,6	89,0	0,53	2,55 (xx)	zz
<i>Dumper</i>	Circulação Vazio	75,2	69,5	83,7	0,73	2,09	yy
	Carga	71,2	60,8	82,3	0,59	2,47	yy
	Descarga	73,3	64,1	84,4	0,93	1,88	yy
	Circulação carregado	76,4	64,4	86,7	0,50	2,37	yy

#### 4. CONCLUSÕES

Ficou evidenciado através da representação gráfica dos dois parâmetros avaliados que a produção de ruído e de vibrações está associada ao nível de atividade dos equipamentos, à rotina de trabalho, ao tipo de terreno, ao tipo de suspensão do veículo, tipo de assento, velocidade atingida durante os percursos, sinuosidade dos percursos, tamanho físico do ocupante e tipo do veículo, sendo que o nível de atividade é a conclusão mais evidente. Contudo, é ainda possível associar padrões a cada um dos equipamentos para ambas as atividades, utilizando quer a variação dos níveis de ruído quer de vibrações. Este facto é facilmente identificado por simples observação dos gráficos do carro de Perfuração e do *Dumper* (Figuras 1 e 3). Estabelecida a relação entre os dois parâmetros, fica evidenciada a importância da manutenção da regularidade dos pisos das pistas de circulação, como ação mitigadora para os trabalhadores.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESHO) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), todo o apoio no desenvolvimento e divulgação do trabalho desenvolvido.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Cann, A. P., Salmoni, A. W., Vi, P., & Eger, T. R. (2003). An Exploratory Study of Whole-Body Vibration Exposure and Dose While Operating Heavy Equipment in the Construction Industry. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 18(12), 999-1005. doi: 10.1080/715717338
- Cinar, I. S., C. (2013). Evaluation of Noise Measurements Performed in Mining Sites for Environmental Aspects.
- Gunaselvam, J., & Van Niekerk, J. L. (2005). Seat selection guidelines to reduce whole-body vibration exposure levels in the SA mining industry. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*.
- Howard, B., Sesek, R., & Bloswick, D. (2009). Typical whole body vibration exposure magnitudes encountered in the open pit mining industry. *Work*, 34(3), 297-303. doi: 10.3233/WOR-2009-0927

- Phillips, J. I., Heyns, P. S., & Nelson, G. (2007). Rock Drills used in South African Mines: a Comparative Study of Noise and Vibration Levels. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(3), 305-310. doi: 10.1093/annhyg/mel082
- Salmoni, A., Cann, A., & Gillin, K. (2010). Biomechanics and evaluating the workplace. Exposure to whole-body vibration and seat transmissibility in a large sample of earth scrapers. *Work*, 35(1), 63-75. doi: 10.3233/WOR-2010-0958
- Sensogut, C. (2007). Occupational Noise in Mines and Its Control – A Case Study. *Polish J. of Environ. Stud.* , Vol. 16(No. 6 ), 939-942.