

# Manutenção de escavadoras: aparafusamento de rastros – caracterização do ruído

## Crawler excavator maintenance: track fastening – noise characterization

[Nuno Couto](#), [Jacqueline Castelo Branco](#) and [J. Santos Baptista](#)

FEUP

### Abstract

In work context, noise is presented by means of complex spectrums composed by the mix of sounds from different sources with different frequency content occurring simultaneously. The noise is absorbed and reflected by the materials around the emission point, transforming the whole plant in a potential risk zone. Variables like frequency and time in which the noise occurs, variables like genetic profile, gender, age, exposure to chemical substances, high sound pressure levels (*SPL*) exposure after the working shift, can increase the probability of hearing loss in the workers exposed. The industry of heavy machinery maintenance is distinguished by the presence of high *SPL* during several tasks that take place over the working shift. In this study, an incidence of noise with frequency content above 1 kHz was found, presenting a particular danger to exposed workers health. So, the aim of this study was to evaluate the occupational noise exposure and characterize in detail the nature of the risk with the purpose of reducing workers exposure in an efficient way. Based in the Portuguese legal framework and in the international standards, a model company was chosen and characterized, and a risk assessment concerning the variable in study was made. Several tasks were separately evaluated by measuring the noise levels of the different workplaces, comparing those measurements with information collected among workers through a survey in order to map the noise sources in the industry plant, identifying the most hazardous noise tasks and proceed to the 8h day's work measurements to evaluate workers exposure. The study has showed a tendency for the workers take off the personal protection devices *PPA* immediately after fulfilling the work tasks, putting themselves in a risky situation, exposed to the noise produced by neighbouring tasks. In that sense, double personal protection use was suggested to be made compulsory, with the simultaneous use of earplugs and earmuffs with the purpose of assuring a safe and healthy work environment. The study also revealed a better attenuation of the noises in study, using earplugs with porous and sound absorbent materials, suggesting that this kind of products are more appropriate to use when in the presence of noises with frequency content above 1kHz.

**Keywords:** noise risk assessment, double protection, heavy machinery maintenance

### 1. INTRODUÇÃO

Para a Organização Mundial de Saúde<sup>1</sup> o ruído é um som que pode representar uma ameaça para a saúde a curto e/ou longo prazo. Entre outros problemas, pode provocar distúrbios do sono, perturbações do sistema cardiovascular, baixa performance no trabalho e mesmo perda de audição. Contudo, a percepção do som pelo ser humano não é linear, isto é, varia ao longo da gama de frequências audíveis. Para gamas próximas de 125 Hz é possível distinguir variações tonais de 0,5 Hz, enquanto, para ruídos com conteúdo em frequências próximas de 8 kHz essa discriminação só se torna perceptível para variações mínimas de 60 Hz (Carvalho, 2012).

Para distinguir um som puro de um som complexo, subdivide-se a onda sonora nas várias frequências que a compõem. Um som puro apresenta uma onda sinusoidal composta por uma só frequência, ao passo que o som complexo resulta da sobreposição de vários sons puros como é o caso do ruído industrial (Almeida, *et al.*, 2006). A zona onde o ouvido humano é mais sensível situa-se próxima da frequência central de 2.000 Hz da banda de 1/1 de oitava sendo muito pouco sensível a ruído com predomínio de conteúdo em baixas frequências (< 355 Hz) (Faulkner, *et al.*, 2003). Em baixas frequências, o aparelho auditivo humano apenas começa a ouvir a partir de valores de intensidade sonora mais elevados, sendo que o ouvido se torna mais sensível ao som à medida que o conteúdo espectral atinge zonas de frequência de emissão mais elevadas atingindo o ápice perto da fronteira dos 5 kHz (Carvalho, 2012). De entre as gamas de frequência audíveis pelo homem, destacam-se, pela sua importância, as utilizadas para comunicar. A maioria das vocalizações utilizadas pelo homem situam-se numa gama que vai dos 200 Hz aos 3000 Hz, sendo que a região das mais baixas frequências contém a maior parte da fonética da fala, ao passo que a região das altas frequências é utilizada para articular a comunicação tornando-a mais complexa e permitindo elaborar o discurso (Lu, *et al.*, 2008).

Um som ou ruído pode também ser caracterizado pelo seu tempo de duração. Segundo as suas alterações no tempo, o ruído pode ser dividido em estacionário e não estacionário. O ruído estacionário é aquele cujo nível apenas sofre variações mínimas durante o período de observação com um nível de pressão sonora ponderado  $L_{p(A)}$  que não varia para além de  $\pm 5$  dB(A) (Mateus, 2008; Miguel, 2010). O ruído não estacionário pode ser subdividido em 3 tipos diferentes: flutuante, intermitente e impulsivo (Mateus, 2008). O ruído flutuante apresenta variação contínua de nível durante uma extensão considerável. É este tipo de ruído que mais frequentemente pode ser verificado na indústria devido à variedade de equipamentos industriais emissores de ruídos distintos e com funcionamento simultâneo.

---

<sup>1</sup> <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise/facts-and-figures>

Com base nestes conceitos, pretendeu-se, com este estudo, avaliar a exposição ao ruído e caracterizar de uma forma detalhada a natureza do mesmo em contexto de trabalho numa indústria de manutenção de equipamentos, com o objetivo de atuar na sua contenção de uma forma eficiente.

## 2. MATERIAIS E METODOS

### 2.1. Metodologia global

Foi efetuada uma caracterização exaustiva do local escolhido para a realização deste estudo de forma a identificar e caracterizar o processo produtivo, as tarefas realizadas, os equipamentos e as ferramentas utilizadas para o efeito. Em seguida foi realizado um questionário de forma a complementar a informação sobre a tipologia das tarefas e realizada uma pré medição do ruído às tarefas que compõem o local de trabalho, identificando o posicionamento dos equipamentos e ferramentas utilizadas, de forma a determinar o respetivo nível  $L_{Aeq}$  e elaborando um mapa das fontes de ruído presentes no espaço.

Posteriormente foi realizada a caracterização da exposição diária ao ruído em contexto de trabalho, sendo efetuadas medições de forma a determinar o nível  $L_{EX,8h}$  e  $L_{Cpico}$  de acordo com o disposto na NP EN ISO 9612:2011, por jornada de trabalho. Foram identificadas as tarefas críticas em relação à variável ruído e foi caracterizado o ruído emitido para que fossem efetuados os cálculos necessários à escolha da tipologia dos equipamentos de proteção individual *EPI* mais adequados à realidade verificada, cumprindo com o prescrito pela norma NP EN 458:2006.

Para isso foi desenvolvida uma ferramenta em *MS Excel*, com o intuito de devolver, já calculada, a atenuação por banda de frequência dos dispositivos de proteção utilizados na empresa e de forma a calcular também a atenuação ao ruído, utilizando dispositivos diferentes e associados entre si (tampões auditivos e abafadores). A metodologia de cálculo utilizada foi o método de atenuação por banda de 1/1 de oitava.

### 2.2. Equipamento utilizado

O equipamento utilizado para o efeito foi um sonómetro de classe 1 e da marca *Solo* modelo *01dB*. O aparelho foi programado para medir em *fast response*, selecionando o filtro de ponderação *A* de forma a caracterizar os valores de  $L_{Aeq}$ . O equipamento foi colocado a uma altura de 1,55 m a 20 cm da orelha do trabalhador. Foram realizadas calibrações ao sonómetro nos períodos que antecederam e sucederam as séries de medições realizadas. Foram realizadas séries de 3 medições com uma incerteza expandida associada a uma probabilidade de 95%. O valor da incerteza ficou situado dentro dos limites determinados pela norma NP EN ISO 9612:2011 dispensando desse modo a necessidade de realização de medições adicionais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o gráfico de uma das medições realizadas correspondente ao período de trabalho de 8 h numa tarefa de substituição de sapatas de um rasto de uma escavadora.

O início da jornada de trabalho acontece quando um empilhador entra na zona em estudo transportando um rasto previamente desmontado noutra secção da empresa.

À entrada da nave onde é feita a manutenção, o empilhador com os garfos realiza um conjunto de movimentos sucessivos até o rasto ficar esticado e numa posição frontal em relação à mesa de rolos onde será feita a manutenção.

Aí, um guincho acoplado a um motor elétrico é fixado no rasto e, por acionamento de um botão, o rasto é puxado ao longo da mesa de rolos até ficar ao alcance da aparafusadora. Este conjunto de operações ocorre entre o início da medição até perto das 9h45. A onda sonora desse ruído está marcada no gráfico da Figura 1 com a letra “A”.

Após colocação do rasto, a aparafusadora desloca-se ao longo da mesa de rolos num movimento de translação por intermédio de um conjunto de rodas em aço apoiadas sobre um carril e montadas na base da estrutura que a suporta.

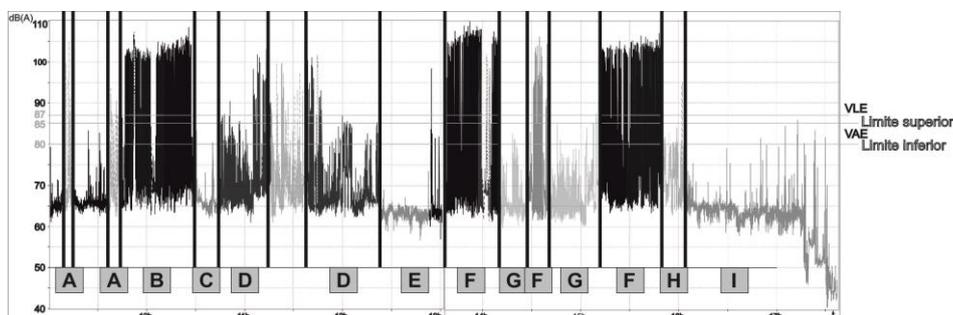


Figura1: Gráfico do ruído de uma jornada de 8 h de trabalho medido na secção de manutenção de rastos

O movimento é realizado na zona central da mesa e a máquina viaja num curso de cerca de 7 m. A aparafusadora é acionada por um motor elétrico de 4 kW e a bucha funciona por sistema de mola o que origina repetidos impactos nas operações de desaparafusar e aparafusar provocando um ruído de elevado Nível de Pressão Sonora, *NPS*. Esse evento está caracterizado na onda sonora da Figura 1 e tem lugar entre as 9h45 e as 10h30 estando marcado com a letra “B”. A operação de desaparafusamento serve o intuito de remover as sapatas separando-as da corrente, todas as sapatas são desaparafusadas da parte da manhã. Segue-se uma pausa de cerca de 00h15 onde os trabalhadores abandonam a zona. Esse período está marcado com a letra “C” na Figura 1 e tem lugar entre as 10h30 e as 10h45.

O regresso ao posto de trabalho é marcado pela colocação de novas sapatas na corrente do rasto. As sapatas são depositadas sobre a corrente e os parafusos são colocados nas cavidades correspondentes para serem apertados mais tarde. Esta operação tem lugar entre as 10h45 e as 12h30 e está sinalizada na Figura 1 com a letra “D”.

Entre as 12h30 e as 13h30 tem lugar a pausa para almoço a qual está marcada no gráfico com a letra “E”.

A parte da tarde da jornada de trabalho é marcada pela tarefa de aparafusar as novas sapatas colocadas no rasto. Essa tarefa está marcada com a letra “F”. Com a letra “G” está assinalado o momento em que o operador coloca uma nova série de sapatas na corrente. Essas operações vão surgindo na onda do sinal sonoro alternadas à medida que a operação de manutenção vai sendo concluída com a substituição de todas as sapatas danificadas do rasto.

O trabalho de aparafusamento é concluído por volta das 15h45. Aí, regressa o empilhador à nave onde funciona a secção em estudo, é amarrado o rasto aos garfos do empilhador que o puxa para fora da mesa de rolos transportando-o para outra secção onde será montado na escavadora. Essa operação está assinalada na Figura 1 com a letra “H”.

O final do trabalho de manutenção está identificado com a letra “I”. Aqui o operador arruma o posto de trabalho, recolhe parafusos danificados do chão e limpa a zona com uma vassoura. Terminadas essas tarefas preenche as fichas diárias de trabalho e abandona a secção.

Na análise dos espectros do ruído produzido por cada uma das tarefas, verificou-se a predominância de ondas com conteúdo em frequências mais altas (> 500 Hz) como é mostrado na Figura 2 e com elevado valor de *NPS*. Também se verificou a presença de ruído intermitente caracterizado por uma sucessão de impactos, o que lhe dá um carácter impulsivo e que se repetem no tempo, o que revela um potencial de dano acrescido à função auditiva dos trabalhadores.

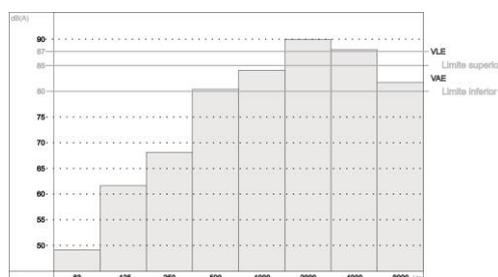


Figura 2: Espectro do ruído da tarefa de desaparafusamento medido na secção de manutenção de rastos

#### 4. CONCLUSÕES

Devido ao facto das tarefas da empresa em estudo terem lugar em espaço amplo sem divisão física, o ruído emitido na realização de uma dada tarefa expõe inadvertidamente ao ruído os trabalhadores nos postos de trabalho vizinhos.

Assim e no sentido de garantir uma protecção continuada, foi proposta a utilização permanente obrigatória de tampões auditivos de natureza passiva em material poroso, por filtrarem de forma mais eficiente o ruído emitido em alta frequência. Foi ainda calculada uma atenuação complementar a estes tampões com a utilização simultânea de abafadores passivos pelos trabalhadores quando em tarefa com o intuito de manter um nível de protecção elevado, ultrapassando o problema provocado pela remoção dos abafadores após terminada cada tarefa.

Os dispositivos em associação com melhor performance estão apresentados na tabela 1 tendo obtido uma atenuação global de 15,1 *dB(A)* sobre o ruído emitido no espaço de trabalho.

Tabela 1 – Atenuação por banda de 1/1 de oitava dos dispositivos com melhor performance.

Earplug + earmuff	22,1 <i>dB(A)</i>	43,7 <i>dB(A)</i>	46,1 <i>dB(A)</i>	35,7 <i>dB(A)</i>	48,1 <i>dB(A)</i>	60,2 <i>dB(A)</i>	64,3 <i>dB(A)</i>	0,9 <i>dB(A)</i>	4,4 <i>dB(A)</i>	1,5 <i>dB(A)</i>	1,2 <i>dB(A)</i>	0,4 <i>dB(A)</i>	2,9 <i>dB(A)</i>	0,7 <i>dB(A)</i>
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESH0) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), todo o apoio no desenvolvimento e divulgação deste trabalho.

#### 6. REFERENCIAS

- Almeida, Manuela, Silva, Sandra e Ferreira, Tiago. 2006. *Física das Construções - Acústica Ambiental e de Edifícios*. Braga : Universidade do Minho, 2006.
- Calude, Andreea S. e Pagel, Mark . 2011. 2011, Philosophical Transactions Royal Society B, Vol. 366, pp. 1101-1107.
- Carvalho, A. P. Oliveira de. 2012. *Acústica Ambiental e de Edifícios*. Edição 8.2. Porto : FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- Faulkner, Andrew , Rosen, Stuart e Stanton , Deborah. 2003. 2, 2003, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 113, pp. 1073-1080.
- Lu, Xugang e Dang, Jianwu. 2008. 2008, Vol. 50, pp. 312-322.
- Miguel, Alberto S. R. 2010. *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. 11. Braga : Porto Editora, 2010.