

Relationship productivity with Noise Patterns found in Cycles of Loading and Transport in Open Quarries

Coelho, Ana ^a; Matos, M. Luísa ^b; Baptista, J. Santos ^c

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESH), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), email: ^a mho10052@fe.up.pt; ^b mlmatos@fe.up.pt; ^c jsbap@fe.up.pt

Abstract. Durante a avaliação de ruído ocupacional feita no interior da cabine de uma Pá Carregadora e de um Dumper numa pedreira a céu aberto para a produção de agregados para a construção civil, foram detetados alguns padrões de comportamento nas medições efetuadas. Pretende-se com este estudo relacionar a produtividade com os padrões de ruído associados aos ciclos de carga e transporte típicos da indústria extrativa a céu aberto. Será através da análise dos padrões encontrados que se poderão perspetivar estratégias de auxílio à tomada de decisão e melhoria de procedimentos em áreas como a segurança e higiene ocupacionais e a produtividade. A metodologia de recolha de dados de níveis sonoros, seguiu e teve em conta as principais etapas, sugeridas pela legislação e normalização em vigor, acompanhado pela análise do conteúdo do trabalho desenvolvido nos postos de trabalho em análise. Foi feita a identificação pormenorizada das diferentes tarefas dentro de cada período de amostragem, com o apoio de ficha de levantamento de dados/protocolos criadas para o efeito, de modo a também permitir que passassem a ser tratados de uma forma individualizada. Assim a deteção de padrões de propagação de ruído nas diferentes tarefas resulta da análise dos gráficos em cada uma das bandas de frequência de oitavas pré-definidas (63 Hz a 8 KHz).

Da análise dos dados provenientes das medições e respetivo tratamento, foi possível relacionar os padrões de ruído encontrados com a produtividade nas operações de carga e transporte levadas a efeito relativamente, pela Pá Carregadora e pelo Dumper.

Keywords: produtividade, ruído ocupacional, padrões de ruído, indústria extrativa, pedreiras a céu aberto

1 INTRODUÇÃO

O ruído é um dos principais problemas de saúde ocupacional e é também responsável pela baixa produtividade. O seu efeito não é imediatamente avaliável, como no caso de outros poluentes, o que faz com que tendo um impacto lento ou retardado na saúde e no sistema auditivo, não lhe é dada a devida importância, sendo por vezes ignorado (1).

A relação da produtividade humana e da exposição ao ruído já foi objeto de estudo em diversas atividades económicas, como por exemplo nos escritórios (1) onde se verificou a necessidade de um aumento do tempo necessário para completar as tarefas, quando há exposição a níveis sonoros mais elevados, apesar de não se notar uma forte correlação no estudo efetuado devido ao tipo de amostragem (trata-se de um estudo piloto com um número pequeno de amostras). Resultados de um estudo levado a cabo na indústria têxtil (2), indicam que nos postos de trabalho avaliados sujeitos a níveis de ruído elevados (acima dos 90 dB (A)) houve menor produtividade comparado com locais com níveis de exposição inferiores (menor que 90 dB(A)).

Na indústria extrativa é muito frequente o recurso a máquinas que geram elevados níveis de ruído devido ao seu elevado porte e potência instalada. No entanto, as operações de carga e transporte nas pedreiras a céu aberto pressupõem a utilização de veículos de grandes dimensões que possuem uma cabine que funciona como equipamento de proteção individual devido às suas características de insonorização (3).

Nos anos 80, já havia a preocupação e interesse em desenvolver estudos sobre os efeitos dos níveis de ruído dentro de cabines de veículos pesados tendo em conta diversas variáveis, tais como as mudanças de velocidade do veículo, mudanças no ambiente exterior, a variação do nível de ruído

com a localização do microfone dentro da cabine, a condição de janela e porta aberta ou fechada, entre outras (4).

Nas últimas décadas devido à necessidade de aumentar a produtividade na indústria extrativa de produção de agregados, atendendo ao crescimento da construção civil levou à utilização de máquinas de grande porte. Paralelamente ao aumento da utilização de maquinaria de elevada potência e porte, apostou-se na melhoria da tecnologia aplicada a estes mesmos equipamentos, dando no entanto por vezes origem a aumentos dos níveis de ruído como se verificou num caso de estudo efetuado em minas de carvão na Turquia (5). Esse estudo confirma a relação dos níveis de ruído que ocorre durante os trabalhos de extração (perfuração, escavação, carga e transporte) e que é significativo quando se considera a saúde no trabalho e a produtividade tendo em conta a taxa elevada da perda auditiva, permanente ou temporária, dos trabalhadores desta atividade económica.

Em Portugal foi desenvolvido um estudo cujo objetivo era analisar o padrão da exposição ao ruído dentro de cabines de Dumpers e Pás Carregadoras ao longo de dias característicos de trabalho com práticas normais por parte dos operadores/ condutores destes equipamentos, em pedreiras a céu aberto (6). Desta análise, para além de se verificar que os valores obtidos se encontravam dentro dos limites legais foram também encontrados padrões que permitem associar a variável ocupacional ruído, a operações do processo produtivo (6). Na mesma atividade económica é possível relacionar outras variáveis ocupacionais tais como empoeiramentos do tipo PM_{10} com as condicionantes do processo produtivo (7).

Pretende-se com este estudo relacionar parâmetros ligados à produtividade com padrões de ruído associados a dois tipos de ciclos produtivos típicos da indústria extrativa a céu aberto, ciclos de carga e transporte.

Será através da análise dos padrões de ruído ocorridos nos ciclos de carga e transporte, que diariamente são efetuados de forma rotineira entre a zona do desmonte e a instalação de britagem de uma pedra, que se poderão perspetivar estratégias de auxílio à tomada de decisão e melhoria de procedimentos em áreas como a segurança e higiene ocupacionais e a produtividade

As medições do ruído não foram tratadas numa perspetiva tradicional cuja finalidade seria avaliar o risco da perda auditiva mas sim na procura de relações entre o ruído e o processo produtivo de uma pedra a céu aberto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa pedra de produção de agregados britados, centrando-se na medição dos níveis de ruído no interior das cabines de veículos de carga e de transporte. Esses veículos foram, uma pá carregadora cuja tarefa se encontra associada às operações de carga do material já processado e transformado no produto final (agregados britados) e um Dumper cuja função está ligada às operações de transporte do material entre a frente de desmonte e o britador primário.

Para a medição dos níveis de ruído foi utilizado o sonómetro 01dB Solo MASTER com classe de exatidão I. O software para o tratamento dos dados foi o “dBTrait 5.3” que permitiu fazer análise dos resultados, em dB e dB(A), em tempo real segundo as bandas de frequência de 1/1 oitavas.

De modo a relacionar os parâmetros do processo produtivo com os níveis de ruído, foi imprescindível a observação e a análise das condições de exposição destes trabalhadores ao ruído. Essas condições foram anotadas em fichas, criadas para o efeito, com o objetivo de dar apoio ao levantamento de dados, de modo a poder controlar a qualidade das medições e os momentos de início e fim de cada uma das operações consideradas. Através da medição do nível de ruído no interior da cabine e a correspondente análise de dados, espera-se a deteção de padrões de ruído que irão permitir correlacionar com a produtividade.

As operações associadas ao Dumper (TEREX TR45) e avaliadas durante a realização do trabalho, incluem a carga do material proveniente do desmonte, o transporte, a descarga no britador primário ou pilha de Stock e o respetivo regresso, avaliando deste modo o ciclo de transporte completo.

As tarefas realizadas pela Pá Carregadora (CAT 966H) e avaliadas, englobam a carga dos camiões que operacionaliza a fase de expedição, a arrumação das pilhas de stock de material de diferentes granulometrias e a alimentação de britadores.

O princípio do método normalizado de medição consistiu em retirar amostras aleatórias da exposição ao ruído, através da medição do parâmetro L_{Aeq} durante a realização das atividades identificadas aquando da análise do conteúdo de trabalho (NP EN ISO 9612:2011).

O primeiro dia de medição no Dumper foi muito importante para aferir a metodologia tendo em conta a observação e a análise das condições de desenvolvimento do trabalho. Inicialmente colocou-se o sonómetro num ponto estratégico dentro da cabine mas verificou-se que sofria muitas oscilações o que poderia influenciar a qualidade dos resultados. A partir dessa primeira experiência optou-se por segurar o sonómetro com a mão colocando-o o mais perto possível da orelha mais exposta do trabalhador.

Com o mesmo intuito do processo seguida para o Dumper, no primeiro dia de medição na cabine da Pá Carregadora, inicialmente optou-se por usar a mesma metodologia usada no Dumper, segurando o sonómetro com a mão, mas visto que o veículo não apresentava condições para transportar mais uma pessoa para além do manobrador optou-se por utilizar outra estratégia quanto ao local de fixação do equipamento. Perante esta situação e após um varrimento da área a estudara melhor estratégia foi colocar o sonómetro fixo ao braço da cadeira do manobrador o que permitia avaliar o mais perto possível da orelha mais exposta do trabalhador

Os acontecimentos relevantes para o estudo anotados na ficha de levantamento de dados foram:

- Características do posto de trabalho e do operador;
- Características do local/percurso;
- Condições atmosféricas;
- Identificação do instrumento de medição;
- Valor do desvio da calibração do sonómetro no início e fim do dia de trabalho;
- Duração de cada operação que constitui o ciclo e /ou operação;
- Tipo de material transportado, movido ou armazenado nos stocks;
- Acontecimentos não imputáveis ao posto de trabalho em análise.

Após a identificação das tarefas, estas foram discriminadas através de uma análise gráfica efetuada em cada uma das bandas de frequência de oitavas pré-definidas (63 Hz a 8 KHz).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise detalhada efetuada aos ciclos do Dumper e às tarefas desenvolvidas pela Pá Carregadora auxiliou na deteção de acontecimentos relevantes que permitiram detetar padrões. Nesse sentido em cada período de recolha de dados foram identificadas as diferentes tarefas que constituem os ciclos de transporte do Dumper e as tarefas associadas à pá carregadora de modo a permitir encontrar a sua relação com o processo produtivo. A identificação das diferentes tarefas dentro de cada período de amostragem foi feita apoiada nas anotações da ficha de levantamento de dados de modo a também permitir que passassem a ser tratados de uma forma individualizada. Assim para a deteção de padrões de propagação de ruído nas diferentes tarefas foi feita uma análise dos gráficos em cada uma das bandas de frequência de oitavas pré-definidas (63 Hz a 8 KHz).

Após decomposição e estudo de cada tarefa nas diferentes bandas de frequência de oitava, foi possível detetar padrões de ruído na operação de carga realizada tanto pelo Dumper como pela Pá Carregadora.

Para o Dumper, a análise comparativa entre dois ciclos de transporte, tomados aleatoriamente e filtrados na banda de frequência de 125Hz, permitiu detetar um padrão que evidencia nos níveis sonoros medidos, uma característica comum em que o número total de valores mais altos (picos) corresponde ao número de baldes descarregados pela pá. Esses valores de pico de ruído ocorreram sempre associados à tarefa de carga devido à queda do material na caixa de carga do Dumper. Este padrão vem ao encontro dos resultados apresentados em 2011, num estudo que relacionava ruído com variáveis do processo de carga e transporte na indústria extrativa a céu aberto (6).

Como meio de estudo sequencial dos valores obtidos nas medições, fizeram-se quadros resumo, para cada amostra, especificando alguns parâmetros, tais como os representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Quadro resumo em função da amostra L69 (Dumper)

Arquivo	L69					
Início	11-01-2012 13:52					
Fim	11-01-2012 16:16					
Tipo	Peso	Unidade	Leq	Lmin	Lmax	Desvio padrão
Leq	A	dB	74,8	63,5	86,4	3,8

Arquivo	L69						
Tipo de dados	Leq						
Ponderação	A						
Início	11-01-2012 13:52						
Fim	11-01-2012 16:16						
	Leq específico	Leq (parcial)	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração acumulada	Porcentagem tempo
Fonte	dB	%	dB	dB	dB	hh:mm:ss	%
Carga	71,4	9,4	66,5	84,5	2,2	0:29:58	21%
Transporte	77,4	56,7	66,1	86,4	3	0:45:34	32%
Descarga B.Primário	72,8	3,8	63,5	81	3,1	0:08:35	6%
Regresso	75,5	18,8	65,4	82,9	3,1	0:23:23	16%
Rebentamento	68,7	0,8	65,4	74,6	1,6	0:04:43	3%
Residual	71,6	10,5	65,8	81,7	2,7	0:31:46	22%
Global	74,8	100	63,5	86,4	3,8	2:23:59	100%
Actividade Produtiva							75%
Actividade não produtiva							25%

Com base na produção de matéria prima pretendida e na observação cuidada das tarefas, a definição de “actividade produtiva” consiste no somatório das operações de carga, transporte, descarga no britador primário e regresso. A “actividade não produtiva” representa o somatório dos períodos de paragem, descarga de água e de ruído considerado como residual. Definiu-se por “Residual” o ruído associado às manobras de posicionamento dos veículos em causa.

Ocasionalmente, ao longo do período de recolha de amostras, ocorreu durante o ciclo de transporte, uma tarefa que foi a descarga de água (Tabela 2). Esta etapa esporádica, definida nos procedimentos da empresa, é necessária sempre que o material ao ser carregado levar juntamente grandes quantidades de água devido ao desmonte ser executado após ou durante dias de chuva. Trata-se de uma tarefa que consiste na descarga de água do Dumper antes de efetuar a descarga do material proveniente do desmonte no britador primário, de modo a evitar o encravamento deste pela mistura da água com alguma terra que poderá ir conjuntamente com a pedra desmontada.

Tabela 2 – Quadro resumo em função da operação de descarga de água (Dumper)

Fonte	Descarga de Água					
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
Arquivo	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L71	75,3	63,2	86,6	3,9	17%	1:29:18
L72	76,2	65,5	86,5	3,1	14%	2:27:30

Através dos quadros resumo construídos em função de cada amostra, verificou-se que as percentagens do valor residual variam entre as amostras recolhidas, pelo facto de ter havido trajetos em que as manobras de posicionamento do Dumper só podiam ser feitas de marcha atrás e tendo também em linha de conta que, conforme se avançava na remoção do material da frente de desmonte a distância a percorrer de marcha atrás aumentava. Logo, quanto maior for o valor residual (valor relativo às manobras de posicionamento), maior a percentagem da actividade não produtiva. Com os dados apresentados na Tabela 1 podemos constatar que, o tempo de transporte é superior ao tempo de

regresso pois a viagem de transporte é feita com o Dumper cheio, o que devido ao peso superior de carga, implica mais esforço, demorando assim mais tempo. Exceção a esta situação que se repetiu em toda a amostragem, uma das amostras recolhidas (Tabela 3) apresentou uma maior percentagem de paragem (14%), tendo essas paragens sido feitas durante a tarefa de regresso.

Tabela 3 – Amostra com maior percentagem de paragem (Dumper)

Arquivo		L61						
Tipo de dados		Leq						
Ponderação		A						
Início		07-12-2011 10:22						
Fim		07-12-2011 11:43						
Fonte	Leq específico	Leq (parcial)	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração acumulada	Percentagem tempo	
	dB	%	dB	dB	dB	hh:mm:ss	%	
Carga	73,3	30,1	63,7	93,4	4,3	0:26:03	32%	
Transporte	75,2	25,9	62,8	82,2	3,3	0:14:44	18%	
Descarga B.Primário	72,7	7,4	62,5	79,7	3,2	0:07:24	9%	
Regresso	74,5	29,3	64,2	83,3	3,7	0:19:14	24%	
Paragem/Cruzamento	69,8	5,9	64,5	78,6	2,2	0:11:31	14%	
Descarga pilha stock	70,8	0,6	63,7	76,1	3,6	0:00:52	1%	
Residual	69,8	0,7	64,5	75,9	2,7	0:01:26	2%	
Global	73,6	100	62,5	93,4	4,2	1:21:14	100%	
Actividade Produtiva							84%	
Actividade não produtiva							16%	

Para esta situação de exceção, contribuiu o facto de durante essa amostra estarem dois Dumpers a fazer o mesmo ciclo de transporte o que obrigava a tempos de paragem para ser possível o cruzamento entre os dois veículos.

No ciclo de trabalho realizado pela Pá Carregadora, identificou-se um padrão de ruído associado ao abrir e fechar da porta da cabine. A banda de frequência onde melhor se destacaram os valores pico de ruído associados a este acontecimento, foi na frequência de 1KHz.

Esses picos estão associados à tarefa de carga dos camiões dos clientes da pedreira. A operação identificada – abrir e fechar da porta da cabine - destina-se a garantir o procedimento de assinatura de uma guia de autorização de carga por parte do condutor manobrador da Pá. Da análise dos gráficos associados a esta operação ressaltou a existência de um tempo excessivo a ela associado. Além deste padrão de comportamento do ruído avaliado, verificou-se que também é possível contabilizar o número total de baldes depositados pela pá no camião.

No caso deste veículo (Pá Carregadora), transcrita na Tabela 4, a “actividade produtiva” consiste no somatório das operações de carga na instalação móvel (Carga IM), descarga no britador (Britador IM), alimentação na instalação de lavagem de areias (A. Areiras) e tarefas na instalação nova (IN). A “actividade não produtiva” representa o somatório dos períodos de paragem, abrir/fechar porta e arrumação de stock na instalação móvel (Stock IM). Este procedimento faz com que, por exemplo, na amostra L7, apresentada na Tabela 4, o operador esteja 13% do tempo total da amostragem a abrir e a fechar a porta da cabine. Quanto maior for a percentagem da atividade de abrir/fechar a porta, maior a percentagem de actividade não produtiva no seu conjunto. É também nesta atividade que se encontram os níveis sonoros mais elevados, correspondentes ao abrir e fechar da porta da cabine constantemente, logo é no decorrer desta atividade que o trabalhar é mais afetado pelo ruído, conforme se pode ver na Figura 1.

Tabela 4 – Quadro resumo em função da amostra L7 (Pá Carregadora)

Arquivo	L7					
Início	27-03-2012 14:03					
Fim	27-03-2012 16:13					
Tipo	Peso	Unidade	Leq	Lmin	Lmax	Desvio padrão
Leq	A	dB	72,7	58,5	96,5	4,1

Arquivo	L7						
Tipo de dados	Leq						
Ponderação	A						
Início	27-03-2012 14:03						
Fim	27-03-2012 16:13						
	Leq específico	Leq (parcial)	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração acumulada	Percentagem tempo
Fonte	dB	%	dB	dB	dB	hh:mm:ss	%
Abrir/Fechar Porta	79,1	55,3	61	96,5	6,3	0:15:15	13%
Carga IM	70,2	33,4	58,5	83,6	3,1	1:11:01	59%
Stock IM	69,2	11	61,1	79,6	2,9	0:29:39	25%
Parado	61,2	0,2	60,8	61,7	0,1	0:03:45	3%
Global	72,7	100	58,5	96,5	4,1	1:59:40	100%
Actividade Produtiva							59%
Actividade não produtiva							41%

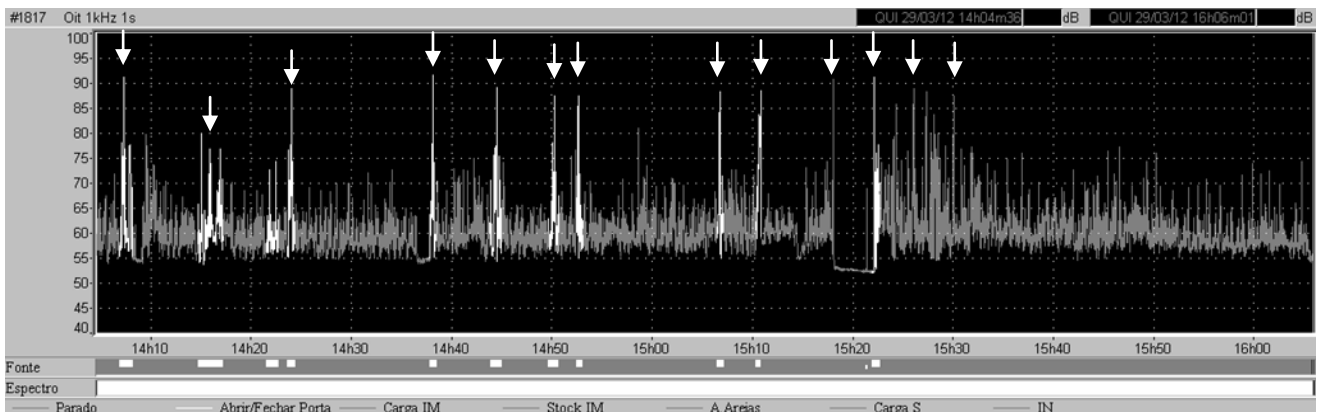


Figura 1 – Níveis sonoros mais elevados da Pá Carregadora.

Este trabalho confirma o que já alguns autores defendem, a importância e a necessidade de realizar investigação nesta área para uma melhor gestão tendo em conta a saúde dos trabalhadores e o aumento da produtividade (5).

Este estudo também se revelou importante do ponto de vista da sua contribuição para a base de dados dos níveis de ruído medidos no interior das cabines destes equipamentos. Relativamente à avaliação do posto de trabalho dos manobreadores verifica-se que todos os valores obtidos para o ruído no interior da cabine destes veículos se encontravam dentro dos limites legais.

Em 2003, foi desenvolvido um modelo “Fuzzy” que comprovou que a produtividade está diretamente relacionada com o nível de ruído, tempo de exposição e do tipo de tarefa (8). Os resultados desse modelo revelam que a eficiência do trabalho depende essencialmente da natureza da tarefa. Ou seja, as tarefas simples não são afetadas, mesmo expostos a níveis elevados de ruído e as tarefas complexas são significativamente mais afetadas a um nível de ruído muito menor. Comparando estas conclusões com estudo descrito neste artigo, podemos considerar que as tarefas efetuadas pelos manobreadores destes veículos são relativamente simples, mas, independentemente disso, a melhoria contínua deverá ser uma prioridade para se conseguir alcançar o sucesso a todos os níveis.

4 CONCLUSÕES

Relativamente ao Dumper, é clara a definição dos ciclos de trabalho através da análise do ruído filtrado na banda de frequência de 125Hz. Verificou-se que as condições atmosféricas interferem com a produtividade desta atividade, pois quando chove é necessário descarregar a água que se encontra junto com o material carregado antes de este ser depositado no britador primário, o que implica mais uma tarefa, conforme se verificou na Tabela 2 com tempos correspondentes a esta situação, por exemplo nas amostras L71 e L72, respetivamente de 17 e 14%.

O tempo de transporte é superior ao tempo de regresso pois a viagem de transporte é feita com o Dumper cheio e como faz mais esforço demora assim mais tempo. Verificou-se também que as percentagens do valor residual que é relativo às manobras de posicionamento, variam com a localização da frente de desmonte.

No que se refere à Pá Carregadora, o padrão detetado prende-se com a abertura e fecho da porta da cabine que demarca um ciclo de carregamento dos camiões dos clientes. Perante este acontecimento concluiu-se que interfere com a produtividade sendo sugerido o uso de um “PDA” de modo a diminuir o tempo da actividade não produtiva.

É também possível controlar o número de descargas da pá nos Dumpers e nos camiões. Este tipo de conclusões vai de encontro a resultados já obtidos por outros autores (6, 9).

A utilização deste tipo de abordagem pode permitir, num futuro próximo, fazer não só um controlo do ruído ocupacional mas também um controlo das operações dos dois tipos de equipamentos analisados.

5 REFERÊNCIAS

1. Bowden EE. Relating human productivity and annoyance to indoor noise criteria systems: A low frequency analysis. *ASHRAE Transactions*. 2005;111:684-92.
2. Noweir M. Noise exposure as related to productivity, disciplinary actions, absenteeism, and accidents among textile workers. *Journal of safety research*. 1984;15(4):163-74.
3. Matos ML. Análise da Exposição ao Ruído na Indústria Extractiva face à evolução tecnológica. 2001:49-55.
4. Behar A. Measurement of noise inside truck cabins. *Applied Acoustics*. 1981;14(3):215-23.
5. Sensogut C. Occupational Noise in Mines and Its Control -- A Case Study. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2007;16(6):939-42.
6. Ferreira C, Branco JC, Baptista JS. Relação entre ruído e variáveis do processo de carga e transporte na indústria extractiva a céu aberto. 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia; Maputo2011.
7. Branco JC, Diogo MT, Baptista JS. Nível de PM10 vs descargas de dumpers em explorações a céu aberto. *SHO 2010; Guimarães2010*.
8. Zaheeruddin, Singh GV, Jain VK, editors. Fuzzy modelling of human work efficiency in noisy environment. *Fuzzy Systems, 2003 FUZZ '03 The 12th IEEE International Conference on; 2003 25-28 May 2003*.
9. Ferreira C. Avaliação de riscos na reparação de moldes para vidro de embalagem: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2012.