

DOUTORAMENTO EM SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAIS



Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor
em Segurança e Saúde Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

RELAÇÃO ENTRE VIBRAÇÕES NO CORPO HUMANO, RUÍDO E POEIRAS E O PROCESSO PRODUTIVO EM EXPLORAÇÕES A CÉU ABERTO

Maria Luísa Pontes da Silva Ferreira de Matos

Orientador:

Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Coorientador:

Professor Doutor Joaquim Eduardo Sousa Góis (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Coorientador:

Professor Doutor Miguel Fernando Tato Diogo (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2015



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Eletrónico: feup@fe.up.pt

Presidente do Júri:

Professora Doutora Olívia Maria de Castro Pinho (Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto)

Vogal (Arguente):

Professor Doutor Fernando Pedro Ortega Oliveira Figueiredo (Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra)

Vogal (Arguente):

Professor Doutor Nelson Bruno Martins Marques Costa (Escola de Engenharia da Universidade do Minho)

Vogal :

Professor Doutor António Pinto Barbedo de Magalhães (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Vogal:

Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

AGRADECIMENTOS

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”. É com esta frase de Fernando Pessoa que tão bem expressa o meu sentimento em relação a este projeto e às pessoas que nele se envolveram apoiando-me e incentivando-me, que vou fazer os meus agradecimentos a todos os que, de uma forma mais ou menos direta, tornaram possível a sua concretização possibilitando que chegasse agora a bom porto. A realização deste projeto, independentemente das muitas privações a que me sujeitou e a que eu, conseqüentemente, sujeitei a minha família, foi feito com muito prazer uma vez que se enquadra na minha atividade profissional de que tanto gosto.

As primeiras palavras de agradecimento são, naturalmente, dirigidas ao meu orientador, Prof. Doutor João Santos Baptista que, com elevado rigor científico, imaginação, disponibilidade e paciência se tornou o grande motivador para que nunca eu tivesse encontrado espaço para desânimos.

Aos meus Coorientadores, Prof. Doutor Joaquim Góis, cuja enorme amizade e cumplicidade, que desde sempre nos uniu, se encontra plasmada neste projeto bem como pelas suas peculiares qualidades humanas que em muito contribuíram para o sucesso deste projeto; e Prof. Doutor Miguel Tato Diogo pela apreciação crítica do manuscrito, disponibilidade e entusiasmo.

Ao Prof. Doutor Jorge Carvalho do Dep. de Minas da FEUP, pela preciosa ajuda prestado no tratamento dos dados.

Aos Colegas do LNEG, de entre os quais destaco o Diretor da UCTM-Lab, Prof. Doutor Machado Leite, pela compreensão e disponibilidade de meios para a aquisição dos dados de campo e análises, e aos Amigos Cristina Carvalho, pelas suas prestimosas ajudas, Elsa Macedo Pinto, Paula Ávila, Eliane e Rui Teixeira, pela presença constante nos bons mas também nos maus momentos.

Aos Funcionários, Operadores de equipamentos e Responsáveis das Pedreiras, onde foi efetuada a aquisição das amostras.

Aos Colegas do DemSSO, especialmente à Emília Quelhas, António Sousa, Paulo Patrício e Joana Guedes pelo apoio mútuo.

Aos meus alunos e Orientandos, que foram fundamentais na colheita dos dados de campo nas pedreiras, Ana Sofia Coelho, Ana Campos, Cristina Bernardo e João Cerdeira.

Por último, mas muito mais importante, agradeço a toda a minha família, ao Miguel e às minhas filhas Joana e Luísa pela compreensão da falta, pela enorme amizade, amor e cumplicidade que nos une e à minha Mãe pelo incentivo e compreensão.

A todos um grande, sincero e muito emotivo...Obrigado!!

RESUMO

A exploração de pedreiras é considerada uma atividade de risco elevado, em que os trabalhadores se encontram expostos a riscos que podem ter influência, quer na saúde, quer na sua integridade física. Parâmetros como as vibrações, ruído e poeiras são obrigatoriamente medidos com periodicidade regular, no sentido de avaliar as condições de trabalho existentes. Tratando-se de procedimentos dispendiosos, que muitas vezes as empresas evitam efetuar de forma rigorosa, colocou-se o problema, que outro tipo de utilizações poderiam ser dadas a esses parâmetros, no sentido de valorizar todo o processo da sua medição e utilização, para além do mero cumprimento dos requisitos legais. Neste âmbito, foi colocado como objetivo central da tese identificar relações entre os Parâmetros Ocupacionais e Parâmetros do Processo Produtivo em Explorações a Céu-Aberto.

O trabalho de recolha de dados decorreu em duas pedreiras a céu aberto do norte de Portugal. Foram avaliados doze postos de trabalho num total de trezentos e oitenta e quatro ciclos produtivos. Os principais equipamentos de medição utilizados foram: SVANTEK, modelo SV 106, para medição da vibração nos três eixos (longitudinal x , lateral y , vertical z) de acordo com as recomendações da ISO 2631-1 (1997) para avaliar vibrações; Bombas de amostragem pessoal SKC modelo 224-PCXR4, CASELLA CEL modelo *Apex*, para amostragem das poeiras respiráveis (PR) e poeiras totais (PT), de acordo com a NIOSH 0600 e a NIOSH 0500; Sonómetro 01dB - *Blue Solo*, para as medições de ruído de acordo com a Norma Portuguesa NP EN ISO 9612:2011. As medições foram realizadas em contínuo durante cada turno de trabalho, com registo de eventos relevantes em folha de campo.

Como resultado do trabalho desenvolvido foi possível identificar, na generalidade dos equipamento e das operações, as diferentes tarefas realizadas através da análise dos registos efetuados para as vibrações corpo inteiro e para o ruído. Nos *Dumpers* foram perfeitamente identificadas as operações de transporte vazio e carregado e de carga e descarga. Na operação de carga foi possível identificar o número de baldes necessários para completar a carga. Nos *rocs* foram também perfeitamente identificadas as operações de movimentação e de perfuração, bem como a troca de barrenas. Nas pás, no geral a individualização de operações foi mais difícil, necessitando ainda de estudos complementares. Como conclusões globais deste trabalho, podemos afirmar que, a identificação destas relações podem contribuir, para a melhoria das condições de trabalho, para controlo do processo produtivo, para o dimensionamento dos equipamentos e ciclos de produção, entre outras aplicações mais ou menos diretas.

Palavras-chave: Vibrações no corpo inteiro, ruído, poeiras, pedreira, segurança ocupacional.

ABSTRACT

Quarrying is considered a high-risk operation where workers are exposed to risks that may have an influence, both in their health and in their physical integrity. It is mandatory to make regular measurements of parameters such as vibrations, noise and dust, in order to evaluate the working conditions. These measurements involve expensive procedures and often companies avoid carrying them strictly. Therefore, a question was raised: which other uses could be given to the measured parameters. In addition to the mere compliance with the legal requirements, the purpose was to value the whole process of both measurement and application. In this context, it was established as main purpose of this thesis to identify the relationships between Occupational Parameters and Parameters of the Production Process in Open Pit Mining.

The data collection works took place in two quarries in northern Portugal. Twelve workplaces and a total of three hundred and eighty four production cycles were evaluated. The recommendations of ISO 2631-1 (1997) were followed. The main metering devices used were: to measure the vibration in the three axes (longitudinal *x*, transversal *y*, vertical *z*) it was used a Human Vibration Meter, Dosimeter and Analyser SVANTEK, Model SV 106; for sampling of breathable and total dust according to NIOSH 0600 and to NIOSH 0500, it was used personal air sampling pumps SKC, Model 224-PCXR4 and CASELLA CEL, Apex series; for the noise measurements according to NP EN ISO 9612:2011, it was used a Noise Nuisance Recorder METRAVIT 01dB, Model Blue Solo. Measurements were taken continuously during each shift and relevant events were recorded in a field sheet.

Regarding whole body vibrations and noise, for most of the working equipment and operations for which measurements were made, the work that was developed made possible to identify the different tasks carried out, through record analysis. In dumpers it was clearly identified transport: empty and loaded and also the upload and download operations. In the upload operation, it was possible to identify the number of buckets needed to complete the load. In rock drilling machines it was also clearly identified driving and drilling operations, as well as drills replacement. In loaders, the individualization of operations was generally more difficult and it stills require additional studies.

As overall conclusions, besides the improvement in working conditions, the identification of the relationships mentioned above can also contribute for controlling the production process and for both equipment and production cycles sizing, as well as for other more or less direct applications.

Keywords: Whole body vibration, noise, dust, quarry, safety.

ÍNDICE GERAL

PARTE 1	1
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Considerações gerais - Indústria Extrativa e a Segurança e Saúde do Trabalho....	3
1.2 Caracterização da indústria extrativa – contexto atual	4
1.3 Estrutura da Tese	8
2 INDÚSTRIA EXTRATIVA A CÉU ABERTO.....	9
2.1 Conhecimento Científico.....	9
2.1.1 Vibrações no Corpo Humano	10
2.1.2 Ruído Ocupacional	33
2.1.3 Poeiras Ocupacionais.....	44
2.2 Enquadramento Legal e Normativo	60
2.2.1 Vibrações no Corpo Humano	63
2.2.2 Ruído Ocupacional	66
2.2.3 Poeiras Ocupacionais.....	68
3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS	71
3.1 Objetivos da Tese	71
3.2 Referenciais Tecnológicos e de Contexto	71
3.2.1 Enquadramento Geográfico	72
3.2.2 Enquadramento Geológico	74
3.2.3 Processo Produtivo	76
3.3 Equipamentos de medição utilizados	87
3.3.1 Vibrações no Corpo Humano	87
3.3.2 Ruído Ocupacional	98
3.3.3 Poeiras Ocupacionais.....	103
PARTE 2	113
4 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....	115
4.1 Perfuração: Carros de perfuração – <i>Rocs</i>	115
4.1.1 Vibrações no Corpo Inteiro (VCI).....	115
4.1.2 Ruído Ocupacional	124

4.1.3	Poeiras Ocupacionais.....	127
4.2	Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias	128
4.2.1	Vibrações no Corpo Inteiro (VCI).....	128
4.2.2	Ruído Ocupacional	131
4.2.3	Poeiras Ocupacionais.....	134
4.3	Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória.....	134
4.3.1	Vibrações no Corpo Inteiro (VCI).....	134
4.3.2	Ruído Ocupacional	136
4.3.3	Poeiras Ocupacionais.....	138
4.4	Transporte: <i>Dumpers</i>	138
4.4.1	Vibrações no Corpo Inteiro (VCI).....	138
4.4.2	Ruído Ocupacional	144
4.4.3	Poeiras Ocupacionais.....	149
4.5	Carga em Zona de Stock: Pás Carregadoras	149
4.5.1	Vibrações no Corpo Inteiro (VCI).....	149
4.5.2	Ruído Ocupacional	153
4.5.3	Poeiras Ocupacionais.....	157
4.6	Vibrações no Sistema Mão-Braço (VMB)	158
4.6.1	<i>Dumpers</i>	158
4.6.1	Pás Carregadoras	160
4.7	Caracterização da relação posto de trabalho/trabalhador	162
5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	163
5.1	Discussão dos Resultados das Vibrações no Corpo Inteiro	163
5.1.1	Perfuração: Carros de perfuração - <i>Rocs</i>	163
5.1.2	Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias.....	166
5.1.3	Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória	169
5.1.4	Transporte: <i>Dumpers</i>	170
5.1.5	Carga em Zona de <i>Stock</i> : Pás Carregadoras	174
5.2	Discussão dos Resultados do Ruído.....	176
5.2.1	Perfuração: Carros de perfuração – <i>Rocs</i>	176
5.2.2	Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias.....	177

5.2.3	Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória	178
5.2.4	Transporte: <i>Dumpers</i>	179
5.2.5	Carga em Zona de <i>Stock</i> : Pás Carregadoras	180
5.3	Discussão dos Resultados das Poeiras	182
5.3.1	Análise direta dos resultados	182
5.3.2	Caracterização dos dados. Análise Estatística	194
6	CONCLUSÕES	203
6.1	Perfuração: Carros de perfuração – <i>Rocs</i>	203
6.1.1	Produção de poeiras na atividade de perfuração	203
6.1.2	Relação entre as Variáveis Ruído vs Vibração nos <i>Rocs</i>	203
6.2	Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias	204
6.2.1	Produção de poeiras nas atividade das Pás Giratórias	204
6.2.2	Ruído vs Vibração nas Pás Carregadoras Giratórias	204
6.3	Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória	204
6.3.1	Produção de poeiras nas atividades das Pás com martelo hidráulico	204
6.3.2	Ruído vs Vibração na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico	205
6.4	Transporte: <i>Dumpers</i>	205
6.4.1	Produção de poeiras nas operações de transposte por <i>dumper</i>	205
6.4.2	Ruído vs Vibração nos <i>Dumpers</i>	206
6.5	Carga em Zona de <i>Stock</i> : Pás Carregadoras	206
6.5.1	Produção de poeiras em operações de movimentação de materiais por pá carregadora	206
6.5.2	Ruído vs Vibração nas Pás Carregadoras em Zona de <i>Stock</i>	207
6.6	Quadros Resumo	207
7	MEDIDAS PREVENTIVAS	209
7.1.1	Medidas de minimização para VCI	209
7.1.2	Medidas de minimização para Ruído	210
7.1.3	Medidas de minimização para Poeiras	212
8	Perspetivas Futuras	215
8.1	Diferentes vias de transmissão de VCI	215
8.2	Análise no domínio das frequências de dados de VCI	215

9	BIBLIOGRAFIA.....	219
10	ANEXOS.....	233

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do valor da produção no ano de 2012.	5
Figura 2 - Diagrama PRISMA da pesquisa realizada sobre Vibrações no Corpo Humano.	11
Figura 3 - Diferentes gamas de exposição a vibrações.	12
Figura 4 - Localização dos eixos dos acelerómetros na medição das VCI	26
Figura 5 - Modelo mecânico do corpo humano com as gamas de frequências de ressonância das várias partes do corpo.	31
Figura 6 - Diagrama PRISMA da pesquisa realizada sobre Ruído Ocupacional.	35
Figura 7 - Diagrama PRISMA da pesquisa realizada sobre Poeiras.	46
Figura 8 - Classificação das poeiras.	49
Figura 9 - Possíveis fontes de Poeiras em suspensão (PM ₁₀ , PM _{2,5}).	52
Figura 10 - Penetração das partículas de poeiras no aparelho respiratório.	57
Figura 11 - Localização da Pedreira A.	72
Figura 12 - Excertos da Carta militar nº. 143 e 144 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira A.	73
Figura 13 - Localização da Pedreira B.	73
Figura 14 - Excerto da Carta militar n.º 154 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira B.	74
Figura 15 - Excerto das folhas 13-B Castelo de Paiva e 13-A Espinho (escala 1/50 000), com o implante da Pedreira A.	74
Figura 16 - Fotografia Panorâmica da Pedreira A.	75
Figura 17 - Excerto da folha 13-D – Oliveira de Azeméis (escala 1/50 000), com o implante da Pedreira B.	76
Figura 18 - Fotografia Panorâmica da Pedreira B.	76
Figura 19 - a) <i>Stock</i> de agregados britados b) Enrocamentos.	77
Figura 20 - Diagrama do ciclo de trabalho do Carro (<i>roc</i>) de perfuração.	78
Figura 21 - Carro de perfuração sem cabine com introdução e remoção das varas manual. ...	79
Figura 22 - Pá Escavadora Giratória CAT 325BLN com martelo hidráulico e a operação de taqueio.	80
Figura 23 - Pá Carregadora Giratória em operação no seu ciclo de trabalho de carga. a) Operação de arrumo do material desmontado; b) Com o balde carregado em espera; c) Carga do <i>dumper</i>	81

Figura 24 - Pá Carregadora Giratória com balde em operações de saneamento de frentes e transporte.....	82
Figura 25 - Ciclo de trabalho realizado pelo <i>Dumper</i> – Operação de Transporte.	83
Figura 26 - Estado das vias de circulação.	84
Figura 27 - <i>Dumpers</i> avaliados.	84
Figura 28 - Pás Carregadoras avaliadas.	85
Figura 29 - Funções principais das Pás Carregadoras avaliadas.....	87
Figura 30 - Equipamento de medição e análise de vibração a) SV 106 e b) calibrador sistema MB.....	88
Figura 31 - Svantek SV 100 Human Vibration Meter/Analyser.....	88
Figura 32 - Svantek SV acelerómetro para sistema VMB aplicado ao volante do veículo.	89
Figura 33 - Colocação do sensor no volante dos veículos avaliados.	90
Figura 34 - Sistema de coordenadas Basicêntrico (-----) e Biodinâmico (_____).	91
Figura 35 - Direção dos eixos no sistema CI, a) posição sentado e b) posição em pé.	91
Figura 36 - Exemplo de colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com o assento do veículo no a) <i>Roc</i> de perfuração, b) Pá Carregadora Giratória, c) <i>Dumper</i> , d) Orientação dos eixos de coordenadas.....	92
Figura 37 - Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro no <i>Roc</i> de perfuração sem cabine a) com os dois pés no sensor, b) com o pé esquerdo no sensor.	92
Figura 38 - Piso irregular, em terra batida, característico dos caminhos das pedreiras em avaliação.....	94
Figura 39 - a) Rampas com inclinações elevadas, b) acumulação de água após dia de chuva.	94
Figura 40 - Sonómetro 01dB Blue Solo.	98
Figura 41 - Exemplos de colocação do sonómetro, na cabine de uma Pá Carregadora.	101
Figura 42 - Exemplos de avaliação de ruído no exterior, com sonómetro num <i>Roc</i> sem cabine.	101
Figura 43 - Exemplos de colocação do sonómetro, na cabine de um <i>Dumper</i>	102
Figura 44 - Bombas de aspiração pessoal.	104
Figura 45 - Conjunto cassete - ciclone e bomba para a amostragem de poeiras respiráveis.	104
Figura 46 - Esquema de montagem do sistema filtro-suporte-cassete.	105
Figura 47 - Conjunto cassete de 3 corpos e respectivo suporte para a amostragem de poeiras totais.	105
Figura 48 - Esquema de calibração para as bombas de aspiração.....	106

Figura 49 - Postos de trabalho avaliados: Carros de Perfuração (<i>Rocs</i>) a) com cabine, b) sem cabine, c) Pá Giratória, d) Pá Carregadora em desmonte, e) Britador Primário, f) Pá Carregadora Giratória, g) <i>Dumper</i> , h) Pá Carregadora em <i>Stock</i>	108
Figura 50 - Colocação da bomba de aspiração a) na zona próxima do sistema respiratório do trabalhador, b) na parte exterior do britador primário.....	109
Figura 51 - Colocação da bomba de aspiração em posição estacionária no carro de perfuração (<i>roc</i>) sem cabine amostragem em paralelo, a) com ciclone (PR) e b) com cassete (PT).....	110
Figura 52 - Amostragem em paralelo com ciclone (PR) e com cassete (PT). Colocação da bomba de aspiração, a) na zona próxima do sistema respiratório do trabalhador, b) na parte exterior do britador primário.	110
Figura 53 - Equipamento de Difração de Raios-X da UCTM-Lab LNEG.	112
Figura 54 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo correspondente à monitorização de VCI de uma sequência de três ciclos de trabalho do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013.....	117
Figura 55 - Aceleração instantânea em função do tempo, na monitorização de VCI numa sequência de onze ciclos de trabalho do <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7.	118
Figura 56 - Padrão de VCI, de um ciclo de trabalho do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7, em que (1) significa Tarefa de Furação e (2) Tarefa de Movimentação/posicionamento do veículo.....	118
Figura 57 - Execução de três furos (início da bancada) com os dois pés sobre o acelerómetro com o <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO 742HC01 , em que (2) significa Tarefa de Movimentação/posicionamento do veículo.....	121
Figura 58 - Execução do 4.º furo, com o pé esquerdo sobre o acelerómetro com o <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.....	122
Figura 59 - Execução do 5.º furo, com o pé direito sobre o acelerómetro com o <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.....	123
Figura 60 - Projeção do ruído em função do tempo durante a medição de uma sequência de nove ciclos de trabalho do <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7, em que (■) significa a Tarefa de Furação e (■) Tarefa de Movimentação e Posição.	124
Figura 61 - Projeção do ruído em função do tempo durante a perfuração de 5 furos, em que (■) representa o Primeiro Furo, (■) o Segundo,	126
Figura 62 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, no dia 30/05/2013, em que (1) significa Tarefa de Carga e (2) Tarefa de Arrumação de material..	129
Figura 63 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, no dia 13/06/2013, em que (1) significa Tarefa de Carga e (2) Tarefa de Arrumação de material.	129

Figura 64 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.....	130
Figura 65 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a dois ciclos de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, em que (■) significa Tarefa de Carga, (■) Tarefa de Desmonte/Arrumação e (■) Tarefa de Espera.	132
Figura 66 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520, com as pausas assinaladas () durante a Tarefa de Desmonte/Arrumação, em que (■) significa Tarefa de Carga e (■) Tarefa de Desmonte/Arrumação.....	133
Figura 67 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.	135
Figura 68 - Atividade simultânea da Pá Escavadora Giratória, com martelo hidráulico com a Pá Giratória com balde a carregar <i>Dumpers</i>	136
Figura 69 - Projeção do ruído em função do tempo, na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH, em que (■) significa Tarefa de Taqueio e (■) Tarefa de Espera/Seleção de Blocos.....	137
Figura 70 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de uma sequência de dez ciclos de trabalho do <i>Dumper</i> TEREX TR45 de 19/04/2013, em que as barras a cinza representam a Tarefa de Carga (1).....	139
Figura 71 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do <i>Dumper</i> TEREX TR45 de um ciclo de trabalho, em que (1) significa Tarefa de Carga, (2) Tarefa de Transporte Carregado, (3) Descarga e (4) Transporte Vazio	139
Figura 72 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do <i>Dumper</i> TEREX TR45 de três ciclos de 19/04/2013, em que (1) significa Tarefa de Carga, (2) Tarefa de Transporte Carregado, (3) Descarga e (4) Transporte Vazio.	140
Figura 73 - Predominância do eixo y na tarefa Despejar água (↑) e do eixo z na tarefa de transporte (↓) num ciclo trabalho do <i>Dumper</i> TEREX TR45.	142
Figura 74 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do <i>Dumper</i> VOLVO A35D.....	143
Figura 75 - Pormenor do nº de baldes descarregados (↓) no decorrer de 2 ciclos e início da 3ª Tarefa de Carga.	144
Figura 76 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a dez ciclos de trabalho do <i>Dumper</i> TEREX TR45, em que (■) significa Tarefa de Carga, (■) Tarefa de Transporte Carregado, (■) Tarefa de Descarga e (■) Tarefa de Transporte Vazio.....	145
Figura 77 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a quatro ciclos de trabalho, com sinalização de tempos longos de paragem, para cruzamento (assinalado na	

imagem com , do Dumper TEREX TR45 da Pedreira A no dia 7/12/2011, em que (--) significa Tarefa de Carga, (--) Tarefa de Transporte Carregado, (--) Tarefa de Descarga e (--) Tarefa de Transporte Vazio.....	146
Figura 78 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a quatro ciclos de trabalho do Dumper TEREX TR45 da Pedreira A no dia 12/01/2012, em que (--) significa Tarefa de Carga, (--) Tarefa de Transporte Carregado, (--) Tarefa de Descarga, (--) Tarefa de Transporte Vazio e (--) Tarefa de Descaraga de Água.	147
Figura 79 - Projeção do ruído em função do tempo, para sete ciclos de trabalho do Dumper VOLVO A35D, em que (--) significa Tarefa de Carga, (--) Tarefa de Transporte Carregado, (--) Tarefa de Descarga e (--) Tarefa de Transporte Vazio.....	148
Figura 80 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora CAT 966H em dois períodos distintos.....	150
Figura 81 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora CAT 966H no período da manhã.....	151
Figura 82 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora CAT 966H no período da tarde.	151
Figura 83 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora VOLVO L120F.....	152
Figura 84 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao ciclo de trabalho da Pá CAT 966H, em que (--) significa Tarefa de Abrir/Fechar Porta Cabine, (--) Tarefa de Carga IM, (--) Tarefa de Arrumação em <i>Stock</i> IM e (--) Paragem.	154
Figura 85 - Correspondência dos valores mais baixos aos baldes descarregados pela Pá Carregadora CAT 966H.	155
Figura 86 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a oito ciclos de trabalho da Pá Carregadora VOLVO L120F, em que (--) significa Tarefa de Carga de camiões, (--) Tarefa de Abrir e/Fechar porta da cabine, (--) e Tarefa Percurso entre <i>Stocks</i>	156
Figura 87 - Correspondência dos valores mais baixos aos 8 baldes (↑) descarregados pela Pá Carregadora CAT 966H.	157
Figura 88 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VMB de um ciclo de trabalho do <i>Dumper</i> TEREX TR45.	159
Figura 89 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho do <i>Dumper</i> TEREX TR45.	160
Figura 90 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI (eixo x, y, z) e de VMB (eixo x, y z) da Pá Carregadora CAT 966H em dois períodos distintos.	160
Figura 91 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VMB da Pá Carregadora CAT 966H em dois períodos distintos.	161

Figura 92 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VMB da Pá Carregadora CAT 966H no período da tarde.	161
Figura 93 - Relação Acelerações vs Ruído no <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO 742HC01, em que (---) representa o Primeiro Furo, (---) o Segundo, (---) Terceiro, e (---) a Tarefa de Recolha de Varas.....	165
Figura 94 - Relação Acelerações vs Ruído na Pá Carregadora Giratória, em que (---) significa a Tarefa de Espera/Movimentação de blocos e (---) Tarefa de Carga no <i>Dumper</i>	168
Figura 95 - Relação Acelerações vs Ruído na Escavadora Giratória com martelo hidráulico, em que (---) significa a Tarefa de Espera/Seleção de Blocos e (---) a Tarefa de Taqueio.....	170
Figura 96 - Relação Acelerações vs Ruído na atividade do <i>Dumper</i> em que (---) significa Tarefa de Carga, (---) Tarefa de Transporte Carregado, (---) Tarefa de Descarga e (---) Tarefa de Transporte Vazio.....	174
Figura 97 - Relação Acelerações vs Ruído na atividade da Pá Carregadora VOLVO L120F, em que (---) significa a Tarefa de Carga de camiões, (---) a Tarefa de Abrir/Fechar a porta da cabine e (---) o Percurso entre <i>Stocks</i>	181
Figura 98 - Amostragem de poeira no carro de perfuração – <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01.	183
Figura 99 - Captador de poeiras do carro de perfuração – <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01.	183
Figura 100 - Concentração de PR em cada um dos Postos de Trabalho avaliados.....	187
Figura 101 - Concentração de PT em cada um dos Postos de Trabalho avaliados.....	188
Figura 102 - Concentração de Sílica em cada um dos Postos de Trabalho avaliados.....	193
Figura 103 - Projeção das variáveis no plano factorial constituído pelos eixos F1, F2.	197
Figura 104 - Projeção das variáveis no plano factorial constituído pelos eixos F1, F3.	198
Figura 105 - Projeção dos indivíduos no plano factorial constituído pelos eixos F1, F2.....	199
Figura 106 - Projeção dos indivíduos no plano factorial constituído pelos eixos F1, F3.....	200
Figura 107 - Diferentes tipo de <i>stockagem</i> de agregados.....	213
Figura 108 - Rega dos caminhos da Pedreira.	213
Figura 109 - Aspersores de água na torva do Britador primário.	213
Figura 110 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo correspondente à monitorização de VCI de uma sequência de três ciclos de trabalho do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013.....	216
Figura 111 - Espectrograma representativo da monitorização de VCI de uma sequência de três ciclos de trabalho do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013.	216

Figura 112 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de um ciclo de trabalho, em que (1) significa Tarefa de Carga, (2) Tarefa de Transporte Carregado, (3) Descarga e (4) Transporte Vazio 217

Figura 113 - Espectrograma representativo da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de um ciclo de trabalho. 217

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de minerais de construção, por substância no ano de 2011.	5
Tabela 2 - Números de estabelecimentos por subsector de atividade, no ano de 2012.	5
Tabela 3 - Número de trabalhadores por subsector de atividade, no ano de 2012.....	5
Tabela 4 - Acidentes de trabalho por atividade económica (GEP, 2010).	6
Tabela 5 - Acidentes de trabalho mortais por atividade económica (ACT, 2014).....	7
Tabela 6 - Tipo de Local onde ocorrem Acidentes de trabalho mortais.	7
Tabela 7 - A origem do estudo sobre as vibrações na indústria extrativa e respetivos sistemas de vibração.	13
Tabela 8 - Veículos/Equipamentos e respetivas tarefas, às quais se encontra associada a geração de vibração.	17
Tabela 9 - Resumo dos estudos consultados com a avaliação da exposição a VCI em carros de perfuração, pás carregadoras e <i>dumpers</i>	20
Tabela 10 - Valores de acelerações medidos em diferentes tipos de veículo LHD.	21
Tabela 11 - Valores de acelerações medidos em diferentes tarefas em veículos LHD.....	21
Tabela 12 - Valores médios de VDV.	23
Tabela 13 - Valores médios de Acelerações.	24
Tabela 14 - Efeitos no corpo humano, segundo as frequências da vibração.....	30
Tabela 15 - Medidas Organizacionais ou de Controlo Administrativo.....	31
Tabela 16 - Medidas Construtivas.....	32
Tabela 17 - Medidas de proteção individual e promoção da vigilância da saúde.....	32
Tabela 18 - PAIR prevista na ISO 1999 para um trabalhador exposto a elevados níveis de ruído durante 45 anos.	36
Tabela 19 - Doenças profissionais identificadas.	36
Tabela 20 - Metodologia de recolha de dados.....	39
Tabela 21 - Valores médios de L_{Aeq}	41
Tabela 22 - Níveis de ruído, em dB(A), a que estão expostos os operadores de <i>Dumpers</i>	41
Tabela 23 - Níveis de ruído típicos de atividade em indústria extrativa.	42
Tabela 24 - Níveis de ruído em dB(A) em Pás Carregadoras.	42
Tabela 25 - Níveis de ruído em <i>Dumpers</i> com capacidade de 30 e 50 ton.	43

Tabela 26 - Normas com metodologias de amostragem e determinação de poeiras respiráveis, totais e sílica cristalina em suspensão.	51
Tabela 27 - Estrutura do modelo legal e normativo.	60
Tabela 28 - Valores limite e valores de ação de exposição a vibrações.....	64
Tabela 29 - Obrigações do empregador a fim de reduzir a exposição às vibrações ocupacionais.	64
Tabela 30 - Princípios gerais da avaliação dos riscos de vibrações.	65
Tabela 31 - Medidas de redução da exposição a vibrações.....	65
Tabela 32 - Valores de ação e limite de exposição ao Ruído.....	66
Tabela 33 - Princípios gerais da avaliação de riscos.	67
Tabela 34 - Medidas de redução de exposição ao ruído.	67
Tabela 35 - Medidas de proteção individual contra o ruído.....	68
Tabela 36 - Relação entre os Valores limite de exposição e de ação e as Medidas de proteção individual.....	68
Tabela 37 - Informação legal relativa a instrumentos de medição de ruído.	68
Tabela 38 - Concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho.....	69
Tabela 39 - Número <i>Chemical Abstracts Service</i> (CAS) da sílica cristalina, valor limite de exposição e consequências para a saúde humana.....	70
Tabela 40 - Classificação de atividade económica segundo a CAE – Rev. 3.....	72
Tabela 41 - Operações associadas à laboração da pedreira onde serão controlados parâmetros de risco.	77
Tabela 42 - Princípios gerais da avaliação dos riscos – Vibrações.....	87
Tabela 43 - Disposições de medição de vibrações.....	90
Tabela 44 - Medição de vibrações transmitidas ao corpo inteiro.....	90
Tabela 45 - Sensação de conforto sentida pelo operador em função da vibração.....	96
Tabela 46 - Características do equipamento para a avaliação do ruído.	98
Tabela 47 - Configuração do Sonómetro 01dB Blue Solo.....	100
Tabela 48 - Princípios gerais da avaliação de riscos – Ruído.	100
Tabela 49 - Medição do ruído.	101
Tabela 50 - Características do material utilizado para amostragem de poeiras respiráveis.....	105
Tabela 51 - Características do material utilizado para amostragem de poeiras totais.	106

Tabela 52 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira A.	107
Tabela 53 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira B.	107
Tabela 54 - Métodos de amostragem e determinação da concentração de poeiras respiráveis, totais e sílica cristalina.	111
Tabela 55 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7.	116
Tabela 56 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.	116
Tabela 57 - Excerto dos dados recolhidos nas campanhas de amostragem relativos a VCI.	116
Tabela 58 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7.	119
Tabela 59 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI do <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 19/04/2013.	120
Tabela 60 - Exposição diária A(8) de cada tarefa e do posto de trabalho (Critério de ponderação legal)	122
Tabela 61 - Exposição diária A(8) na tarefa de execução do 4º furo (Critério de ponderação legal).	123
Tabela 62 - Exposição diária A(8) na execução do 5º furo (Critério de ponderação legal)... ..	123
Tabela 63 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7.	125
Tabela 64 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7.	125
Tabela 65 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7.	125
Tabela 66 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01.	126
Tabela 67 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01.	126
Tabela 68 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01.	127
Tabela 69 - Parâmetros da ficha técnica para cálculo da exposição diária efetiva com proteção auricular.	127
Tabela 70 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nos <i>Rocs</i> de perfuração.	127
Tabela 71 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D.	128

Tabela 72 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.	128
Tabela 73 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI na Pá Carregadora Giratória CAT 374D.	130
Tabela 74 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 no dia 30/07/2013.	131
Tabela 75 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Carregadora Giratória CAT 374D no dia 30/05/2013.	131
Tabela 76 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI Carregadora Giratória HITACHI ZX520.	131
Tabela 77 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora Giratória CAT 374D.	132
Tabela 78 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória CAT 374D.	132
Tabela 79 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico para o Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória CAT 374D.	132
Tabela 80 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.	133
Tabela 81 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.	133
Tabela 82 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.	134
Tabela 83 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nas Pás Giratórias.	134
Tabela 84 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.	134
Tabela 85 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH no dia 30/07/2013.	135
Tabela 86 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.	135
Tabela 87 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.	137
Tabela 88 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH.	137

Tabela 89 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH.	138
Tabela 90 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH da Pedreira B.....	138
Tabela 91 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>Dumper</i> TEREX TR45.	138
Tabela 92 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>Dumper</i> VOLVO A35D.	138
Tabela 93 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI do <i>Dumper</i> TEREX TR45 no dia 19/04/2013.	140
Tabela 94 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no <i>Dumper</i> TEREX TR45.	141
Tabela 95 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no <i>Dumper</i> VOLVO A35D.	144
Tabela 96 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no <i>Dumper</i> TEREX TR45.	145
Tabela 97 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho <i>Dumper</i> TEREX TR45.....	145
Tabela 98 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho <i>Dumper</i> TEREX TR45.	145
Tabela 99 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no <i>Dumper</i> TEREX TR45 no dia 7/12/2011.....	146
Tabela 100 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho <i>Dumper</i> TEREX TR45 no dia 7/12/2011.	146
Tabela 101 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho <i>Dumper</i> TEREX TR45 no dia 7/12/2011.....	146
Tabela 102 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas do <i>Dumper</i> TEREX TR45.	147
Tabela 103 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho <i>Dumper</i> TEREX TR45 no dia 12/01/2012.	147
Tabela 104 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico para o Posto de trabalho <i>Dumper</i> TEREX TR45 no dia 12/01/2012.....	148
Tabela 105 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no <i>Dumper</i> VOLVO A35D.	148
Tabela 106 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho <i>Dumper</i> VOLVO A35D.....	148
Tabela 107 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho <i>Dumper</i> VOLVO A35D.....	149
Tabela 108 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nos <i>Dumpers</i>	149

Tabela 109 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora CAT 966H.	149
Tabela 110 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora VOLVO L120F.	149
Tabela 111 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI à Pá Carregadora CAT 966H.	152
Tabela 112 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI à Pá Carregadora VOLVO L120F.	153
Tabela 113 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Carregadora VOLVO L120F.no dia 11/07/2013.....	153
Tabela 114 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora CAT 966H.	154
Tabela 115 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora CAT 966H no dia 27/03/2012.....	155
Tabela 116 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora CAT 966H.	155
Tabela 117 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Pá Carregadora CAT 966H no dia 27/03/2012.....	155
Tabela 118 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora VOLVO L120F.	157
Tabela 119 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora VOLVO L120F.	157
Tabela 120 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico para o Posto de trabalho Pá Carregadora VOLVO L120F no dia 1/08/2013.	157
Tabela 121 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nas Pás Carregadoras em zonas de <i>Stockagem</i> e Expedição.	158
Tabela 122 - Caracterização da exposição do trabalhador a VMB no <i>Dumper</i> TEREX TR45.	159
Tabela 123 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI do <i>Dumper</i> TEREX TR45.	159
Tabela 124 - Caracterização da exposição do trabalhador a VMB à Pá Carregadora CAT 966H.	161
Tabela 125 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nos <i>Rocs</i>	164
Tabela 126 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nas Pá Carregadoras Giratórias.....	166

Tabela 127 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas na Escavadora Giratória com martelo hidráulico.....	169
Tabela 128 - Comparação dos valores de VCI e VMB no <i>Dumper</i> TEREX TR 45.....	170
Tabela 129 - Resumos dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nos <i>Dumpers</i>	171
Tabela 130 - Comparação da percentagem de tempo gasto no ciclo de trabalho do <i>Dumper</i>	173
Tabela 131 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nas Pás Carregadoras.....	175
Tabela 132 - Comparação dos valores de VCI e VMB nas Pás Carregadoras.....	176
Tabela 133 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nos <i>Rocs</i>	176
Tabela 134 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nas Pá Carregadoras Giratórias.....	178
Tabela 135 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas na Escavadora Giratória com martelo hidráulico.....	178
Tabela 136 - Resumos dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nos <i>Dumpers</i>	179
Tabela 137 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nas Pás Carregadoras.....	180
Tabela 138 - Resumo das metodologias de amostragem aplicada às poeiras.	182
Tabela 139 - Resultados obtidos referentes à concentração de PR nos postos de trabalho avaliados.....	184
Tabela 140 - Resultados obtidos referentes à concentração de PT nos postos avaliados.	185
Tabela 141 - Resultados relativos ao Teor em SiO ₂ em cada amostra recolhida e concentração média de SiO ₂ nos postos de trabalho avaliados.	191
Tabela 142 - Indivíduos/Amostras recolhidas (linhas de matriz de <i>input</i> em ACP).....	195
Tabela 143 - Variáveis que caracterizam a amostragem e os resultados das PR e Poeiras de Sílica.....	196
Tabela 144 - Aplicação de ACP aos dados da recolha de PR nas duas Pedreiras e percentagem de explicação dos respetivos eixos factoriais.	196
Tabela 145 - Coordenadas das variáveis nos eixos factoriais.	196
Tabela 146 - Coordenadas dos indivíduos nos eixos factoriais.	197
Tabela 147 - Quadro resumo de Exposição a VCI, Ruído e PR com SiO ₂	207

Tabela 148 - Quadro resumo da Relação entre os parâmetros avaliados.....	208
Tabela 149 - Principais medidas de minimização do ruído das operações associadas à laboração de pedreiras.....	212
Tabela 150 - Excerto da Ficha de campo de recolha de dados (ANEXO I) do dia 18/04/2013.	216
Tabela 151 - Excerto da Ficha de campo de recolha de dados (ANEXO II) do dia 13/06/2013.	218

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula de cálculo do parâmetro SEAT.....	22
Equação 2 - Fórmula de cálculo de aceleração eficaz ponderada (RMS) para VCI.	95
Equação 3 - Fórmula de cálculo do parâmetro A(8) característico de cada Tarefa em VCI. ..	96
Equação 4 - Fórmula de cálculo do parâmetro A(8) associada ao Posto de Trabalho em VCI.	96
Equação 5 - Fórmula de cálculo de aceleração eficaz ponderada (RMS) para VMB.	96
Equação 6 - Fórmula de cálculo do parâmetro A(8) associada ao Posto de Trabalho em VMB.	97
Equação 7 - Fórmula de cálculo do $L_{EX,8h}$, Exposição pessoal diária ao Ruído.	102
Equação 8 - Equação para o cálculo do $L_{Aeq, Te}$, Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A.	102
Equação 9 - Equação para o cálculo da Exposição pessoal diária efetiva, $L_{EX,8h,efect}$	103
Equação 10 - Equação para o cálculo do Nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico}	103
Equação 11 - Equação para o cálculo do Volume da amostra de Poeiras.....	111
Equação 12 - Equação para o cálculo da concentração de Poeiras.	111

ÍNDICE DE ANEXOS

(Os Anexos encontram-se em CD)

ANEXO I - Recolha de dados – VCI <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7	2 Páginas
ANEXO II - Recolha de dados – VCI <i>Dumper</i> TEREX TR45	2 Páginas
ANEXO III - Recolha de dados – VCI Pá Carregadora Giratória CAT 374D	2 Páginas
ANEXO IV - Recolha de dados – VCI <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HCO1	2 Páginas
ANEXO V - Recolha de dados – VCI <i>Dumper</i> VOLVO A35D	2 Páginas
ANEXO VI - Recolha de dados – VCI Pá Giratória HITACHI ZX 520	2 Páginas
ANEXO VII - Recolha de dados – VCI Pá Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH	2 Páginas
ANEXO VIII - Recolha de dados – VCI Pá Carregadora VOLVO L120F	2 Páginas
ANEXO IX - Inquérito aos trabalhadores	1 Página
ANEXO X - Recolha de dados – Ruído Pá Carregadora CAT 966H	2 Páginas
ANEXO XI - Recolha de dados – Ruído <i>Dumper</i> TEREX TR45	1 Página
ANEXO XII - Folha de Amostragem de Poeiras	1 Página
ANEXO XIII - Especificações Técnicas do <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7	4 Páginas
ANEXO XIV - Especificações Técnicas da Pá Carregadora Giratória CAT 374D	28 Páginas
ANEXO XV - Especificações Técnicas da Pá Giratória HITACHI ZX 520	24 Páginas
ANEXO XVI - Especificações Técnicas do <i>Dumper</i> VOLVO A35D	8 Páginas
ANEXO XVII - Especificações Técnicas do DUMPER TEREX TR45	24 Páginas
ANEXO XVIII - Especificações Técnicas da Pá Carregadora CAT 966H	20 Páginas
ANEXO XIX - Especificações Técnicas da Pá Carregadora VOLVO L120F	32 Páginas
ANEXO XX - Evaluation of measurement uncertainties (Task-based measurement), ISO 9612	2 Páginas
ANEXO XXI - Fichas de Laboratório para Poeiras	1 Página

ABREVIATURAS

A(8) – Exposição pessoal diária às vibrações, para um período de 8 horas;

ACGIH – *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*;

ACT – Autoridade para as Condições do Trabalho;

AESST – Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho;

APCER – Associação Portuguesa de Certificação;

CAE – Classificação Portuguesa das Atividades Económicas;

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia;

DL – Decreto-Lei;

DORT – Distúrbios Osteomusculares relacionados com o Trabalho;

EODS – *European Occupational Disease Statistics* (Estatística Europeia de Doenças Ocupacionais);

GEP – Gabinete de Estratégia e Planeamento;

HAVS – *Hand-Arm Vibration Syndrome* (Síndrome da Vibração Mão-Braço);

HSL – *Health and Safety Laboratory*;

Hz – Hertz, unidade de frequência;

IARC – *International Agency for Research on Cancer* (Agência Internacional de Pesquisa do Cancro);

IPAC – Instituto Português de Acreditação;

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização);

K – Fator de expansão associado ao intervalo de confiança;

$L_{Aeq,Te}$ – Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, para a duração efetiva do dia de trabalho;

$L_{Aeq,Tn}$ – Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, da amostra n;

L_{Cpico} – Nível de pressão sonora de pico, ponderado C;

Leq – É igual ao valor de $L_{A,eq}$ (é a sigla definida no sonómetro e software);

$L_{EX,8h}$ – Nível de exposição ao ruído, ponderado A, normalizado para um valor de exposição diária de 8h de trabalho;

LHD – *Load-Haul-Dump* (veículo de carga-descarga e transporte);

LMERT – Distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho;

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia;

L_p – Nível de pressão sonora;

L_{pA} – Nível de pressão sonora, em dB(A), ponderado de acordo com a curva de ponderação de resposta normalizada A;

MCE – *Mixed Cellulose Ester*;

MDHS – *Methods for the Determination of Hazardous Substances* (Métodos para a determinação de Substâncias Perigosas);

N – Representa o número total de amostras do posto de trabalho;

NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health* (Instituto Nacional para a Segurança e Saúde Ocupacional);

NP – Norma Portuguesa;

NIST - National Institute of Standards and Technology;

NTP – *National Toxicology Program*;

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration*;

PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído;

PEL – *Permissible Exposure Limits*;

PRISMA® - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*;

PSOC – Poeiras Sem Outra Classificação;

PT – Posto de Trabalho;

PVC – *Polyvinyl Chloride*;

REL – *Recommended Exposure Limit*;

RMS – *Root Mean Square* (valor eficaz de aceleração);

SD – *Secure Digital Card* (cartão digital de Segurança);

SDI – Serviço de Documentação e Informação;

SEAT – *Seat Effective Amplitude Transmissibility*;

SHST – Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho;

SST – Segurança e Saúde no Trabalho;

T₀ – Duração de referência, T₀ = 8h;

T_e – Representa a duração efetiva da exposição durante um dia de trabalho, expressa em horas;

TLV – *Threshold Limit Values* (Valores limite);

TWA₈ – *Time-Weighted Average* (Média ponderada no tempo para um período de 8 horas);

U – Incerteza expandida;

VA – Valor de Ação;

VAE – Valor de ação de exposição;

VAI – Valor de ação inferior;

VAS – Valor de ação superior;

VCI – Vibrações de Corpo Inteiro;

VDV – Valor de Dose de Vibração;

VLE – CD - Valor Limite de Exposição – Curta Duração;

VLE – CM - Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima;

VLE – MP - Valor Limite de Exposição – Média Ponderada;

VLE – Valor Limite de Exposição;

VMB – Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço;

VWF – Vibration-induced white finger (Branqueamento dos dedos, induzida por vibração).

GLOSSÁRIO

Agregados britados - Material proveniente do desmonte, que já foi processado e transformado no produto final, que possui uma granulometria específica e ao qual é estipulado um valor comercial.

Audiometria - A audiometria é um estudo que permite avaliar com exatidão a funcionalidade de ambos os ouvidos, determinar se existe uma deficiência da capacidade auditiva e, neste caso, localizar também a sua origem (por exemplo, no ouvido médio ou no ouvido interno).

Britador Primário - Equipamento situado no início da instalação de britagem e utilizado para fragmentar a matéria-prima mineral proveniente diretamente da pedreira. Produz uma regularização do calibre para a alimentação da britagem secundária.

Desmonte - Operação de extração de matéria-prima mineral, vulgarmente com explosivos, de modo a desagregar o maciço remanescente, destacando a rocha, que entre outras finalidades, no caso em estudo será para a produção de agregados.

Empoeiramento - Termo genérico que identifica o pó que é produzido num local de trabalho.

Enrocamento - Material extraído de grande dimensão cuja finalidade são as obras marítimas.

Escombro - Material proveniente do desmonte.

Exposição pessoal diária ao ruído – $L_{EX,8h}$ – Representa o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas T_0 , que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A).

Exposição pessoal diária efetiva – $L_{EX,8h,efect}$ – Representa a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB(A).

Expressão dos valores limites de exposição - As concentrações das partículas são expressas em massa por volume de ar, em mg.m⁻³. Excetua-se o amianto que vem expresso em número de fibras por cmg.m⁻³ de ar.

Humidade relativa - É calculada através da interceção gráfica da temperatura seca com a húmida.

Instalação de Britagem - Conjunto de equipamentos necessários para o processamento de matérias-primas minerais nos vários estágios (britagem, separação e tratamento).

$L_{Aeq,T}$ - Valor do nível de pressão sonora ponderada A de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo T, tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído considerado cujo nível varia em função do tempo.

Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído – $\bar{L}_{EX,8h}$ - Média dos valores de exposição diários, com uma duração de referência de quarenta horas.

Nível de pressão sonora de pico - L_{Cpico} – Valor máximo de pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB(C).

Pedreira - Conjunto formado pela área de extração e zonas de defesa, pelos depósitos minerais extraídas, estéreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos¹.

Perturbações da audição e do equilíbrio - A audição é um sentido de grande importância para que saibamos o que se passa em nosso redor e uma ferramenta fundamental para a comunicação.

Pilha de stock - Pilha de materiais armazenados. Pode haver diferentes pilhas de acordo com a granulometria e/ou tipo de material.

Posto de trabalho - Conjunto de todas as tarefas realizadas pelo trabalhador durante um dia inteiro de trabalho ou turno².

Presbiacusia - A presbiacusia corresponde à perda da capacidade auditiva que se produz gradualmente com a idade, normalmente a partir dos 50 anos, como consequência do progressivo envelhecimento do órgão da audição.

Psicrómetro - Termómetro que tem a capacidade de ler temperaturas secas e húmidas.

Sonómetros - Instrumentos de medição utilizados para medir e/ou registar as grandezas características dos campos sonoros no domínio do audível, cujas indicações estão em expressa em unidades de medidas legais, compreendendo os respetivos calibradores.

Substância Ototóxica - Substância que tem efeito tóxico sobre o sistema auditivo e do equilíbrio.

Surdez - A surdez corresponde a uma diminuição do sentido da audição: pode-se tratar de uma incapacidade total para ouvir ou de uma perda parcial, também denominada hipoacusia.

Surdez profissional - Denomina-se assim a perda de audição devido à exposição prolongada ao ruído de elevada intensidade em ambientes laborais.

Tarefa - Parte da atividade ocupacional do trabalhador num determinado (especificado) intervalo de tempo de trabalho. O intervalo de tempo de trabalho normalmente consiste (é composto) numa sequência de atividades coordenadas que podem fazer um ciclo de trabalho¹.

Temperatura húmida - Leitura efetuada com o termómetro do Psicrómetro no estado húmido.

Temperatura seca - Leitura efetuada com o termómetro do Psicrómetro no estado seco.

Transdutor Triaxial - Sensor de leitura de velocidade de vibração, que lê segundo três direções: longitudinal, transversal e vertical.

Valor limite de exposição - concentração máxima (VLE - CM) - Valor limite expresso por uma concentração que nunca deve ser excedida simultaneamente.

¹ Decreto-Lei nº 270/2001, de 6 de Outubro

² NP EN ISO 9612:2011

Valor limite de exposição - média ponderada (VLE - MP) - Valor limite expresso em concentração média diária, para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, ponderada em função do tempo de exposição.

Valores de Ação superior e inferior - Níveis de exposição diária ou semanal ou os níveis da pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores.

Valores Limite de Exposição - Nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado.

Valores limites de exposição (VLE) - Concentrações de substâncias nocivas que representam condições às quais se julga que a quase totalidade dos trabalhadores possa estar exposta, dia após dia, sem efeitos prejudiciais para a saúde.

Velocidade do ar - Valor medido pelo Anemómetro em metros/segundo.

Vibrações mecânicas - Vibrações transmitidas pelas máquinas ao homem e que podem ser responsáveis por certas doenças profissionais.

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais - Indústria Extrativa e a Segurança e Saúde do Trabalho

A situação da segurança e saúde do trabalho, na UE é afetada por muitos fatores, entre os quais a alteração da estrutura demográfica, a disseminação das novas tecnologias e a diminuição da importância de setores económicos anteriormente dominantes, como a indústria e a exploração mineira. Pode ser referida a título de exemplo da importância deste último setor, a Comunidade Europeia do Carvão e do Aço, criada em 18 de abril de 1952 através do Tratado de Paris.

Fatores tidos como centrais no início da segunda metade do século XX foram perdendo importância, tendo progressivamente sido alterados. O número e o tipo dos postos de trabalho foram progressivamente sendo alterados na generalidade dos setores. O perfil etário da força de trabalho mudou. As novas tecnologias criam novas categorias e formas de emprego. A globalização implica que, ameaças à saúde outrora distantes, se propaguem facilmente por todo o planeta num curto espaço de tempo (OSHA, 2009).

A exploração de pedreiras de entre todas as atividades que se incluem na indústria extrativa é considerada na Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro, uma atividade de risco elevado, em que, no desenvolvimento das respetivas atividades profissionais, os trabalhadores se encontram expostos a riscos que podem ter influência, quer na saúde, quer na integridade física.

Cumulativamente ao interesse intrínseco do tema, a investigação que se desenvolveu também pretende contribuir para o conhecimento acerca de um setor tão importante, mas com tanto ainda por investigar. Independentemente da crescente produção científica e técnica sobre aspetos relacionados com os parâmetros que são objeto desta Tese (Vibrações, Ruído e Poeiras) e da melhoria das condições de Segurança e Saúde Ocupacionais que se registaram nos últimos anos, a verdade revela-se com um número insuficiente de obras que se possam considerar relevantes e estruturantes do conhecimento para esta indústria. Foi esta a perceção da investigadora, após a revisão bibliográfica realizada. Para além das razões acima expostas para a elaboração do presente trabalho de investigação, a grande motivação para a sua realização foi encontrada mais a montante, não só na inquietação que a produção de conhecimento gera no espírito, como no quotidiano profissional de quem trabalha nesta área.

O processo produtivo de extração e transformação de rochas industriais inclui operações fundamentais como a perfuração, o taqueio, a carga, o transporte e a britagem (Matos & Ramos, 2010). Estas operações fazem parte da rotina diária, constituindo o ciclo produtivo típico das explorações a céu aberto onde se desenvolveu o trabalho prático desta investigação. No decorrer deste ciclo produtivo, é grande a dependência de máquinas e veículos que geram vibração (Aye & Heyns, 2011), (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011), (Kunimatsu & Pathak, 2012).

O ruído está intimamente associado a todos os processos industriais, sendo os ligados à indústria extrativa dos mais intensos. Da pesquisa efetuada pode-se concluir que as variáveis inerentes aos equipamentos e respetivas operações são as mais significativas. Foi também verificado que a variável ruído se encontra muitas vezes associada a vibrações transmitidas aos sistemas mão-braço e corpo inteiro e a substâncias ototóxicas.

A exposição ocupacional a poeiras é um dos, se não o principal risco para a saúde na indústria extrativa, encontrando-se associado à generalidade das fases do processo produtivo. Das poeiras geradas em todas as fases do processo de produção são as de menor granulometria, nomeadamente as de sílica cristalina, as mais perigosas devido à sua capacidade de atingir a parte inferior do pulmão (os alvéolos) (Orme, 1998). Como aspeto consensual, a silicose aparece como doença ocupacional que pode ser prevenida, mas que não possui cura. Continuam a ocorrer novos casos de morte por silicose, mesmo em jovens trabalhadores, por atualmente não existir tratamento efetivo disponível (Thomas & Kelley, 2010), ((CDC), 2005) o controle efetivo da exposição à sílica cristalina no ambiente de trabalho é, por isso, crucial.

1.2 Caracterização da indústria extrativa – contexto atual

De acordo com dados da Direção Geral de Energia e Geologia, a produção da indústria extrativa nacional apresenta uma tendência de retrocesso nos últimos anos acompanhando a crise geral que se vive na sociedade portuguesa. No entanto, contrariando a forte queda da generalidade de todos os subsectores (minerais para construção, onde se inserem os agregados, minerais industriais e águas), o setor dos minerais metálicos tem conseguido manter uma evolução positiva. Assim, neste momento, os minérios metálicos são o principal setor da indústria extrativa, representando cerca de 45% do seu valor global (DGEG, 2013), Figura 1.

Dos minérios metálicos, o contributo da indústria extrativa para a exportação é importante em Portugal. Para além do tungsténio da mina da Panasqueira e dos metais básicos (cobre e zinco) das minas de Neves Corvo e de Aljustrel, as rochas ornamentais e alguns minerais industriais (caulinos, areias especiais, feldspatos) abastecem mercados exteriores exigentes. Quanto aos materiais para construção, as produções correspondentes aos seus 31% são apresentadas na Tabela 1.

Para o desenvolvimento desta atividade produtiva, o número de estabelecimentos em atividade, segundo a DGEG, no ano de 2012, tinha um valor total de 854, correspondendo os minerais para construção a cerca de 637 estabelecimentos que correspondem, tal como no ano anterior a cerca de 75% do total, como pode ser observado na Tabela 2. Na Tabela 3, apresenta-se o número de trabalhadores no setor da indústria extrativa, sendo que, o pessoal ao Serviço diz apenas respeito ao emprego direto declarado pelos estabelecimentos. Inclui o pessoal operário, técnico e administrativo exclusivamente afeto, correspondendo a um total de 11.377 trabalhadores (DGEG, 2013).

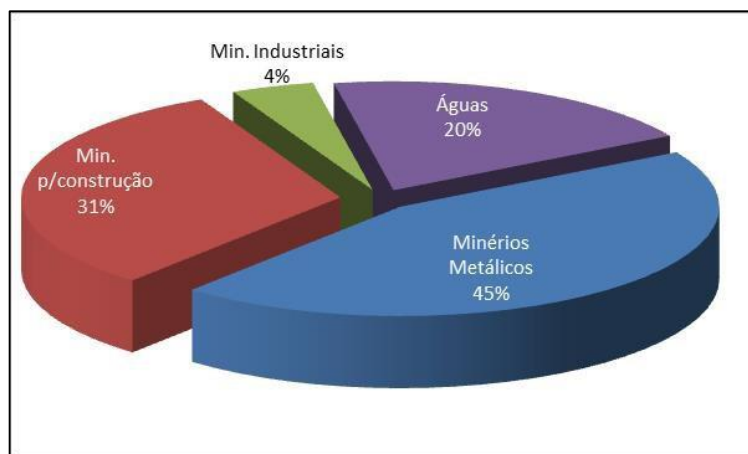


Figura 1 - Estrutura do valor da produção no ano de 2012.

(DGEG, 2013)

Tabela 1 - Produção de minerais de construção, por substância no ano de 2011.

Substância	Toneladas	Substância	Toneladas
Agregados	43.244.766	Areias e Saibros	6.313.838
		Pedra britada calcária	15.269.718
		Pedra britada silicosa	21.661.210
Minerais para cimento e cal	8.193.847	Minerais para cimento	7.666.852
		Minerais para cal	526.995
Rochas ornamentais	2.462.468	Mármore e calcários	849.749
		Granitos e Rochas similares	993.605
		Pedra para calcetamento	465.519
		Pedra rústica	123.922
		Ardósia e xistos	29.673
TOTAL	53.901.080	TOTAL	2.462.468

(DGEG, 2013)

Tabela 2 - Números de estabelecimentos por subsector de atividade, no ano de 2012.

Subsector	N.º de estabelecimentos
Minérios metálicos	5
Minerais para construção	637
Minerais industriais	148
Água	64
TOTAL	854

(DGEG, 2013)

Tabela 3 - Número de trabalhadores por subsector de atividade, no ano de 2012.

Subsector	N.º de estabelecimentos
Minérios metálicos	3.070
Minerais para construção	5.533
Minerais industriais	787
Água	1.987
TOTAL	11 377

(DGEG, 2013)

A Exploração de pedreiras de entre outras atividades que se incluem na indústria extrativa é considerada na Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro que procede à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, alterada pela Lei n.º 42/2012, de 28 de agosto que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, conformando-o com o Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, que estabelece os princípios e as regras necessárias

para simplificar o livre acesso e exercício das atividades de serviços e transpõe a Diretiva n.º 2006/123/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro, relativa aos serviços no mercado interno e que revê, no seu artigo 79.º as *Atividades ou trabalhos de risco elevado*. Será nestas atividade e durante o desenvolvimento das respetivas atividades profissionais que os trabalhadores da indústria extrativa se encontram expostos a riscos acrescidos que podem ter influência, quer na sua saúde, quer na sua integridade física. Nestas condições, haverá que abordar a proteção destes trabalhadores de forma ainda mais aprofundada e eficaz. Assim, relativamente ao número de acidentes de trabalho que afeta esta atividade, segundo o Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP, 2010), ocorreram no setor, em 2010, 1.674 acidentes, de entre os quais 5 mortais, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Acidentes de trabalho por atividade económica (GEP, 2010).

CAE Rev 3	Total de acid. de trabalho			Acid. de trabalho mortais		
	v.a.	%	Tx. Incid.	v.a.	%	Tx. Incid.
TOTAL	215 632	-	5 202	208	-	5,0
Subtotal	215 299	100	-	208	100	-
A Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	7005	3,3	1 291,9	28	13,5	5,2
B Indústrias extrativas	1 674	0,8	8 301,9	5	2,4	24,8
C Indústrias transformadoras	57 327	26,6	6 935,2	27	13,0	3,3
D Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	210	0,1	1 335,1	0	0,0	0,0
E Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição	2 862	1,3	8 794,5	3	1,4	9,2
F Construção	44 304	20,6	9 183,6	67	32,2	13,9
G Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos	33 942	15,8	4 607,0	22	10,6	3,0
H Transporte e armazenagem	10 323	4,8	5 833,0	33	15,9	18,6
I Alojamento, restauração e similares	12 172	5,7	4 176,2	4	1,9	1,4
J Atividades de informação e comunicação	638	0,3	605,0	1	0,5	0,9
K Atividades financeiras e de seguros	790	0,4	897,6	1	0,5	1,1
L Atividades imobiliárias	977	0,5	3 543,9	0	0,0	0,0
M Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	2 244	1,0	1 434,8	3	1,4	1,9
N Atividades administrativas e dos serviços de apoio	13 321	6,2	8 557,6	8	3,8	5,1
O Administração Pública e de Defesa; Segurança Social obrigatória	7 610	3,5	n.d.	2	1,0	n.d.
P Educação	1 686	0,8	n.d.	0	0,0	n.d.
Q Atividades de saúde humana e apoio social	11 493	5,3	n.d.	2	1,0	n.d.
R Atividades artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas	1 807	0,8	4 901,1	0	0,0	0,0
S Outras atividades de serviços	3 714	1,7	3 572,5	1	0,5	1,0
T Atividades das famílias empregadoras de pessoal doméstico e atividades de produção das famílias p/ uso próprio	1 180	0,5	819,5	1	0,5	0,7
U Atividades dos organismos internacionais e outras instituições extra-territoriais	20	0,0	472,6	0	0,0	0,0
CAE ignorada	333	-	-	0	-	-

(GEP, 2010)

Verifica-se ainda que a taxa de incidência mais elevada nos acidentes mortais se registou neste setor. Os acidentes não mortais corresponderam a 64.536 dias de trabalho perdidos (GEP, 2010). A Autoridade das Condições de Trabalho (ACT) possui dados mais atuais e identifica como acidentes mortais nos últimos 3 anos os reportados na Tabela 5 (ACT, 2014).

Nesta tipologia dos acidentes mortais, sabe-se que o “tipo de local” em que o acidente ocorre é, na sua maioria, em “zona industrial”, o que tem acontecido ao longo destes três últimos anos, seguido de “estaleiro, construção, **pedreira**, mina a céu aberto”, conforme pode ser visto na Tabela 6 (ACT, 2014).

Tabela 5 - Acidentes de trabalho mortais por atividade económica (ACT, 2014).

SETOR DE ATIVIDADE	2012	2013	2014
Agricultura, Produção Animal, Caça, Floresta e Pesca	23	17	3
Indústrias Extrativas	5	2	1
Indústrias Transformadoras	34	32	16
Eletricidade, Gás, Vapor, Água Quente e Fria e Ar Frio	0	1	0
Captação, Tratamento e Distribuição de Água; Saneamento, Gestão de Resíduos e Despoluição	1	1	0
Construção	43	34	17
Comércio por grosso e a retalho; Reparação de veículos automóveis e motociclos	10	14	4
Transportes e Armazenagem	13	15	7
Alojamento, restauração e similares	1	0	0
Actividades de Informação e de Comunicação	0	0	0
Actividades Financeiras e de Seguros	1	0	1
Actividades Imobiliárias	1	0	0
Actividades de Consultoria, Científicas, Técnicas e Similares	2	3	1
Actividades Administrativas e dos Serviços de Apoio	4	14	3
Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória	2	6	2
Educação	0	0	0
Actividades de Saúde Humana e Apoio Social	2	2	0
Actividades Artísticas, de Espectáculos, Desportivas e Recreativas	1	0	0
Outras Actividades de Serviços	0	0	0
Actividades das Famílias Empregadoras de Pessoal Doméstico e Actividades de Produção das Famílias para Uso Próprio	1	0	0
Actividades dos Organismos Internacionais e Outras Instituições Extraterritoriais	0	0	0
CAE ignorada	5	0	1
Total	149	141	56

(ACT, 2014)

Tabela 6 - Tipo de Local onde ocorrem Acidentes de trabalho mortais.

TIPO DE LOCAL	2012	2013	2014
Nenhuma informação	1	1	0
Zona industrial	20	23	6
Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto	40	24	11
Área de agricultura, produção animal, piscicultura, zona florestal	22	16	2
Local de atividades terciária, escritório, entretenimento, diversos	4	1	0
Estabelecimento de saúde	1	0	0
Local público	18	23	7
Domicílio	0	1	0
Local de atividade desportiva	1	0	0
No ar, em altura – com exclusão de estaleiros	3	3	1
Subterrâneo – com exclusão de estaleiros	7	0	0
Sobre água – com exclusão de estaleiros	0	9	0
Em meio hiperbárico – com exclusão de estaleiros	0	0	0
Outro tipo de local de trabalho	17	17	3
Em averiguação	15	23	26
Total	149	141	56

(ACT, 2014)

1.3 Estrutura da Tese

Esta tese encontra-se dividida em 10 capítulos. Pretende-se com a presente Introdução, inserida no Capítulo 1, fazer um breve enquadramento ao tema, referindo qual a estrutura utilizada ao longo do documento.

No Capítulo 2, é feito o levantamento do estado da arte no que toca às diferentes variáveis ocupacionais a tratar dentro da especificidade da temática: revisão bibliográfica sistemática de modo individualizado; enquadramento legal e normativo em função das vertentes de segurança e saúde no trabalho, da atividade económica em si e de modo específico para cada uma das variáveis, incluindo o enquadramento apropriado de cada um dos riscos estudados, como sejam, as suas características, proveniência, classificação, efeito na saúde humana, métodos de medição e de avaliação. A pesquisa bibliográfica desenvolveu-se com o propósito de dar resposta a algumas questões de investigação consideradas fundamentais:

1. É possível detetar padrões de comportamento em ciclos de trabalho de uma pedreira a céu aberto para as variáveis ocupacionais Vibrações, Ruído e Poeiras?
2. De que modo o conhecimento e a utilização desses padrões pode beneficiar a segurança e saúde dos trabalhadores e como o pode fazer?
3. É possível estabelecer relações entre as variáveis ocupacionais e operacionaliza-las de maneira a melhorar o processo produtivo?
4. Qual o perfil de exposição ocupacional a estas variáveis ocupacionais nos postos de trabalho de uma pedreira a céu aberto?

No Capítulo 3, são descritos os objetivos desta tese; é feito o enquadramento geográfico e geológico que permite a contextualização deste trabalho; definidas as metodologias utilizadas para a recolha de dados, e posterior tratamento dos mesmos. A definição destas metodologias é feita de modo diferenciado para cada uma das variáveis ocupacionais a estudar.

No Capítulo 4, apresentam-se os principais resultados, aos quais é feito tratamento adequado e respetiva análise.

No Capítulo 5 é feita, de um modo combinado, a discussão dos resultados obtidos.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões/constatações resultantes do tratamento dos dados, propostas individualizadas por variável ocupacional de medidas preventivas e/ou de minimização e algumas sugestões para trabalhos futuros.

No Capítulo 7 são apresentadas medidas preventivas por parâmetro.

No Capítulo 8 apresentam-se as perspetivas futuras.

No Capítulo 9 é identificada a bibliografia pesquisada/utilizada.

No Capítulo 10 encontra-se uma lista dos Anexos, que se encontram em suporte informático num CD.

2 INDÚSTRIA EXTRATIVA A CÉU ABERTO

2.1 Conhecimento Científico

Foi elaborada uma revisão da bibliografia sistemática segundo as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA[®]), para cada uma das temáticas de maior relevância para o desenvolvimento deste trabalho. Esta, teve por base uma pesquisa bibliográfica com recurso aos motores de busca disponibilizados pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sendo conduzida em Bases de Dados e Revistas Científicas. A pesquisa foi inicialmente efetuada para a totalidade das Bases de Dados e Revistas Científicas com disponibilidade de acesso, sendo gradualmente restringida aos recursos que efetivamente apresentavam artigos de interesse mais relevante. Deste modo, os recursos que se revelaram mais produtivos foram, de entre as diferentes Bases de Dados, as seguintes: *Web of Knowledge* (que incluem *Current Contents Connect*, *Derwent Innovation Index*, *Essential Science Indicators*, *Journal Citation Reports*, *Web of Science + Proceedings*), *SCOPUS* e *Academic Search Complete*. Na opção "revistas científicas" foram acedidas: *Annual Reviews*, *EBSCO Electronic Journals Service*, *Elsevier (ScienceDirect)*, *Springer*, *Taylor & Francis* e *Wiley InterScience*. Outra Base de Dados pesquisada e que se revelou de grande interesse pela ligação do tema às questões da Saúde Ocupacional foi a *PubMed*. A pesquisa foi desenvolvida através da combinação de um conjunto de palavras-chave pré-definidas que foram pesquisadas em todos os campos disponíveis, apenas se restringindo a pesquisa a um só campo quando o número de resultados de uma pesquisa era demasiado extenso para possibilitar uma análise efetiva. O operador lógico entre palavras-chave utilizado foi sempre a opção de "And". Os campos de pesquisa que mais resultados com interesse revelaram, pelo facto de serem os mais abrangentes - "Assunto" e "Todos os campos". No decorrer deste processo e sempre que o número de artigos era demasiado elevado, acima de 1899 artigos, a pesquisa era refinada combinando-a com uma terceira palavra-chave ou, em alternativa, quando a estratégia anterior não se revelava suficientemente seletiva, mantendo da mesma forma um elevado número de artigos, então a pesquisa era refinada limitando a data de publicação a datas posteriores a 2000 ou a 2005 ou pesquisando Ano a ano. Não foram excluídos artigos provenientes de outras fontes, como a bibliografia referida nos artigos selecionados pela primeira fase da revisão sistemática. Deste modo e após a refinação adequada e feita a avaliação acima enunciada, construiu-se uma base de dados, sendo os artigos agrupados em áreas de interesse baseadas nos objetivos do estudo.

Um dos critérios de elegibilidade comum a todos os artigos foi a língua; isto é excluíram-se todos os artigos não publicados em português ou inglês. Os outros critérios de elegibilidade são mencionados no início de cada um dos subcapítulos respetivo. De entre os critérios de inclusão, alguns são comuns a todas as áreas pesquisadas, como sejam os equipamentos/veículos utilizados na indústria extrativa a céu aberto (carros de perfuração, *dumpers*, pás carregadoras, pás giratórias); metodologias de avaliação e equipamento de

medição da variável em pesquisa, referência não demasiado profunda a doenças e diagnósticos e efeitos na saúde devido à variável em estudo. Os outros critérios de inclusão mais específicos de cada variável, são mencionados no início de cada um dos subcapítulos respetivo.

Nos subcapítulos seguintes serão apresentados os resultados obtidos para as seguintes temáticas: Vibrações no corpo humano, Ruído ocupacional e Poeiras ocupacionais.

2.1.1 Vibrações no Corpo Humano

A pesquisa, direcionada ao tema Vibrações no Corpo Humano desenvolveu-se utilizando-se as palavras-chave: *occupational vibration, whole-body vibration, hand arm vibration, mining, extractive industry, mining equipment, open cast, mining industry*. Estas foram combinadas com diferentes operadores booleanos e variando o local de pesquisa (título, resumo e palavras-chave).

Para além dos critérios de inclusão comuns já enumerados, para este tema utilizou-se como critério de seleção dos artigos o facto de estes se situarem na área das Vibrações no Corpo Humano, quer se trata-se de vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço; o facto de possuírem grupo de controlo quando havia comparação de resultados. Outro critério que pesou na inclusão dos artigos foi a população na qual se desenvolvia o estudo que era preferencialmente a da indústria extrativa, mineira ou da construção civil.

Enumeram-se os critérios de elegibilidade dos artigos aplicados a esta temática:

- data de publicação: excluem-se artigos que foram publicados antes de 1990 (definiu-se esta data por se pretender abranger equipamentos mais antigos ainda em utilização na indústria);
- tema (pertinência para o objetivo da revisão): excluíram-se artigos que não abordavam vibrações ocupacionais na indústria extrativa e ainda artigos focados em estudos epidemiológicos que estabeleciam umnexo de causalidade entre as vibrações ocupacionais e as doenças profissionais.

No sentido de restringir a pesquisa, em qualquer uma destas buscas, foi também utilizada outra estratégia de refinação através da pesquisa de artigos publicados dentro de períodos de “Datas”.

Após a refinação adequada e feita a avaliação acima enunciada, construiu-se uma base de dados em Excel onde os artigos foram agrupados em áreas de interesse baseadas nos objetivos do estudo. O diagrama PRISMA apresentado na Figura 2, expressa em números, o resultado da revisão sistemática realizada para o tema vibrações no corpo humano.

Da pesquisa bibliográfica resultaram 648 artigos potencialmente relevantes. Após a sequência definida de vários passos, apenas 61 artigos foram selecionados para análise mais profunda.

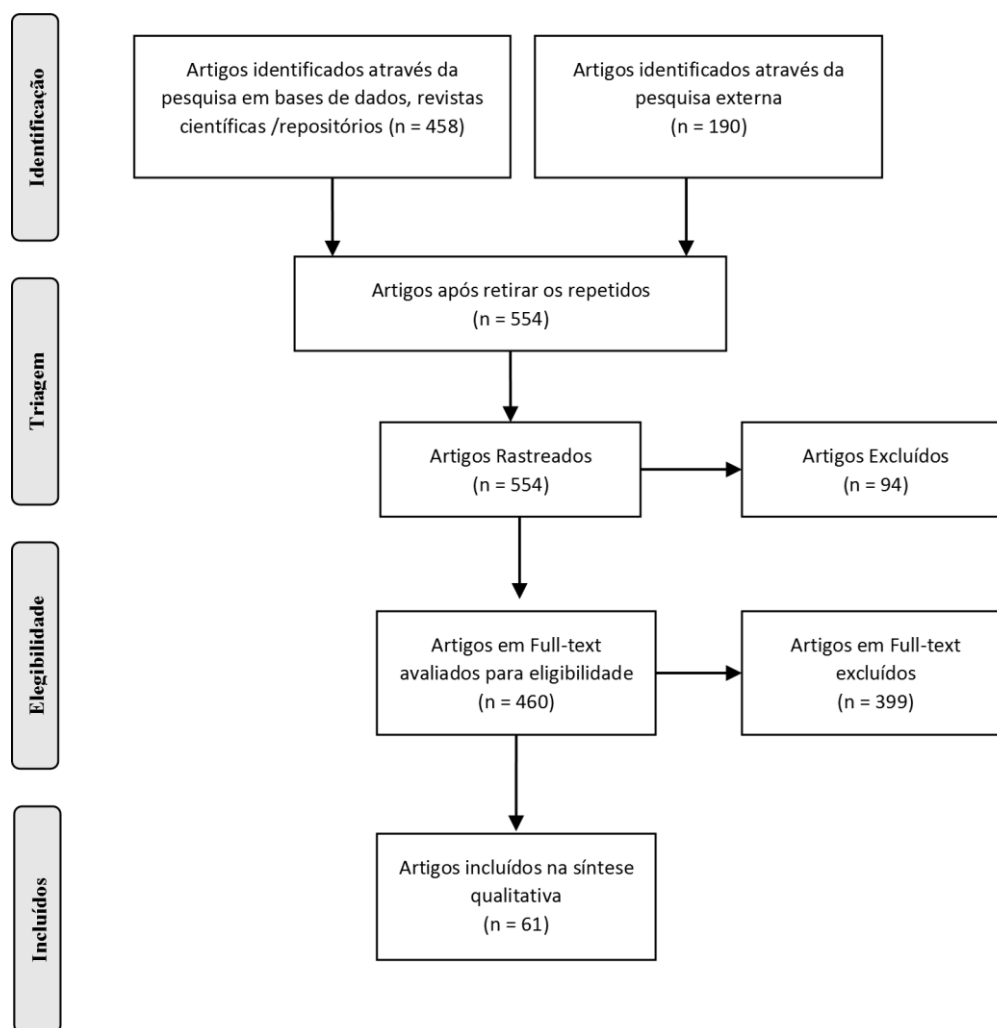


Figura 2 - Diagrama PRISMA da pesquisa realizada sobre Vibrações no Corpo Humano.

Do total de 648 artigos, 94 eram repetidos; 18 desses artigos foram excluídos pela língua, pois eram redigidos em línguas que não o português ou inglês; 9 artigos foram excluídos por não estarem disponíveis em formato de *full-text* acessível; 67 artigos foram excluídos pelo facto de o ano de publicação, ser anterior a 1990. O número de artigos que foi excluído por não serem pertinentes para o objetivo da revisão foi de 399.

É da maior importância a avaliação das vibrações transmitidas ao corpo humano, pois estas revelam ter um forte impacto nos trabalhadores, quer a nível físico, através da sua saúde, quer também, em determinadas situações, a nível psíquico. Fatores inerentes ao próprio fenómeno da vibração, como sejam a magnitude, a frequência, a direção e tempo de exposição influenciam o nível de conforto e podem contribuir para o risco de lesão do trabalhador (Dickey, Eger, & Oliver, 2010). Os efeitos adversos das Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) são multifatoriais e resultam da interação das variáveis vibracionais, com as características do trabalho, com os fatores de tensão relativos ao trabalho, com as questões fisiológicas e as características individuais (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008).

Para efeitos deste estudo, as vibrações são classificadas em dois tipos, conforme o local do corpo por onde se dá a exposição, conforme a Figura 3:

- Vibrações transmitidas ao corpo inteiro: são de baixa frequência e alta amplitude e situam-se na faixa de 0,5 a 80 Hz;
- Vibrações do sistema mão-braço (localizadas): situam-se na faixa de 8 a 1250 Hz.

Durante o desenvolvimento do trabalho de investigação proposto, nos postos de trabalho avaliados foi possível encontrar os dois tipos de vibrações transmitidas aos trabalhadores.

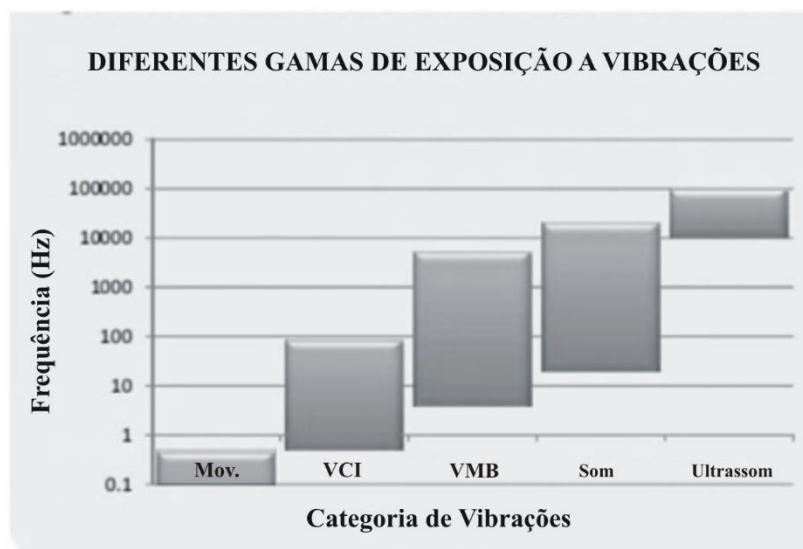


Figura 3 - Diferentes gamas de exposição a vibrações.

(Paschold & Mayton, 2011).

A vibração transmitida ao corpo humano é geralmente dividida em duas categorias bem definidas, a VCI e a vibração transmitida ao conjunto constituído pelo sistema mão-braço (VMB). A VCI ocorre quando o corpo humano é suportado sobre uma superfície tal como uma cadeira ou superfície como o chão que está a vibrar. Isto pode levar ao desconforto, causando interferência com a atividade ocupacional, debilitando a saúde do trabalhador. Vários distúrbios de saúde têm sido relatados entre as pessoas expostas a valores elevados de vibração de corpo inteiro. Estes incluem problemas nas costas, gastrointestinal, sistema reprodutivo, visual, entre outros distúrbios (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000). A vibração transmitida ao sistema mão-braço, pelo contrário, é uma forma de vibração transmitida através dos locais onde a mão está em contacto com o equipamento, máquina ou ferramenta, sendo que a vibração entra no corpo através da mão. A exposição prolongada à vibração ocupacional está associada com um risco aumentado de Síndrome da Vibração Mão-Braço (HAVS), uma doença crónica, progressiva, que afeta o sistema músculo-esquelético, sistema vascular e neurológico. Pode levar rapidamente a fases caracterizadas por branqueamento dos dedos, formigamento, perda de sensibilidade, entorpecimento e dor nos dedos. Nos seus estágios mais avançados, esta doença pode evoluir para a perda de eficácia quase total da função da mão e necrose dos dedos. Este Síndrome é uma doença industrial muito comum, ainda que continue a ser uma das mais negligenciadas em termos de proteção dos trabalhadores quando da avaliação de risco e da potencial compensação (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000).

A origem da vibração na indústria extrativa

De entre os artigos analisados referentes a trabalhos desenvolvidos nesta vertente de investigação, são vários os que fazem referência aos dois sistemas de transmissão de vibrações ao corpo humano, sistema corpo inteiro, que doravante será referido como VCI e VMB. Na Tabela 7, apresenta-se de um modo resumido uma listagem dos autores e respetivos países onde foram desenvolvidos estudos na indústria extrativa.

Tabela 7 - A origem do estudo sobre as vibrações na indústria extrativa e respetivos sistemas de vibração.

Fonte / Ano	País	Setor Industrial	Sistema	
			Vibrações no Corpo Inteiro (VCI)	Vibrações no sistema Mão Braço (VMB)
(Dasgupta & Harrison, 1996)	Índia	Extrativa		X
(Csaba & Stoica, 1999)	Roménia	Extrativa		X
(van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000)	África do Sul	Extrativa	X	X
(Hill, et al., 2001),	Canadá	Extrativa		X
(Kumar, 2004)	Canadá	Extrativa	X	
(Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005)	Japão	Extrativa		X
(Mandal & Srivastava, 2006)	Índia	Extrativa	X	
(Nyantumbu, et al., 2007)	África do Sul	Extrativa		X
(Phillips, Heyns, & Nelson, 2007)	África do Sul	Extrativa		X
(Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008)	USA	Extrativa	X	
(Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008)	Índia	Extrativa	X	
(Howard, Sese, & Boswick, 2009)	USA	Extrativa	X	
(Salmoni, Cann, & Gillin, 2010)	Canadá	Extrativa	X	
(Smets, Eger, & Grenier, 2010)	Canadá	Extrativa	X	
(Aye & Heyns, 2011)	África do Sul	Extrativa	X	
(Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011)	USA	Extrativa	X	
(Kunimatsu & Pathak, 2012)	Japão	Extrativa	X	
(Dentoni & Massacci, 2013)	Itália	Extrativa	X	

Vibrações transmitidas ao sistema Mão Braço (VMB)

Nas pedreiras, há vários processos produtivos nos quais são utilizados equipamentos que produzem vibração e onde os trabalhadores estão potencialmente expostos a vibrações que lhes afecta o sistema mão-braço. Os níveis de vibração encontrados em algumas ferramentas manuais são suficientemente elevados para causar danos quando operados por longos períodos de tempo. Exemplos dessas ferramentas são os martelos pneumáticos que também (Donoghue, 2004) refere como originando o aparecimento da síndrome de HAVS e que nas pedreiras portuguesas se encontram praticamente em desuso. A vibração pode ser transmitida ao corpo através de uma ou das duas mãos encostadas à ferramenta vibratória.

A gravidade dos efeitos fisiológicos devido a vibrações transmitidas ao sistema mão-braço pode ser influenciada por vários fatores, de entre os quais se destacam: o espectro de frequência das vibrações; a amplitude das vibrações; o tempo de exposição diário; a duração e frequência dos períodos de trabalho e de repouso; a posição das mãos; dos braços e do corpo durante a exposição; o tipo de equipamento e material a trabalhar e o estado de conservação do equipamento.

Num estudo realizado em cento e dois trabalhadores expostos a vibrações, desenvolvido na perspetiva da avaliação das condições de trabalho e dos efeitos para a saúde de trabalhadores de pedreiras no Vietname (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005) procurou-se encontrar evidências de síndromes de VMB entre os trabalhadores. O estudo teve em linha de conta o facto de, nos países desenvolvidos, a síndrome da vibração transmitida ao sistema braço-mão (HAVS) se ter tornado uma importante causa de doenças ocupacionais no século passado (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005).

Por sua vez a doença dos dedos brancos induzida por vibrações (vibration-induced white finger – VWF) é uma das mais bem conhecidas e típicas características clínicas desta síndrome. Segundo (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005) nos países com latitudes mais altas o VWF é potenciado pelas condições meteorológicas desfavoráveis onde a temperatura baixa exerce uma influência decisiva no aumento da VWF.

Por outro lado, durante muito tempo, não houve acesso a informação sobre HAVS oriunda de países possuidores de clima tropical. Devido a essa falta de informação, era impossível calcular o impacto deste fenómeno a nível da saúde dos trabalhadores nesses países, visto que mesmo as normas da International Organization for Standardization (ISO) a aplicar neste tipo de estudo eram baseadas só na informação fornecida pelos países mais desenvolvidos (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005). A avaliação feita a cento e dois trabalhadores, cujo trabalho diário era desenvolvido em setenta e três carros de perfuração, com uma temperatura ambiente entre os 25 e os 30 °C ao longo de todo o ano, permitiu concluir que, não foi encontrada nenhuma evidência clara da ocorrência de VWF de acordo com testes à função fisiológica ou entrevistas a respeito das queixas subjetivas. O mesmo autor tinha apresentado resultados semelhantes obtidos entre operadores de motosserras na Papua Nova Guiné e na Indonésia (Futatsuka, Inaoka, Sakurai, Moji, & Igarashi, 1995). Esses resultados podem indicar que o frio provoca o efeito de branqueamento devido a um mecanismo fisiopatológico da hiperatividade ou como uma resposta reforçada dos receptores vasomotores ao estímulo frio (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005). Suzuki (Suzuki & Itoh, 1970), refere que a temperatura ambiente crítica responsável pelo fenómeno dos dedos brancos é cerca de 15°C. Segundo (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quan, 2005), as razões pelas quais os trabalhadores não exibiram VWF eram explicadas pelo seguinte facto de as condições de trabalho se processarem em ambiente quente (superior a 25°C todo o ano); de a idade média ser inferior e terem menos experiência profissional, assim como se trata de uma atividade de trabalho sazonal (visto ser impossível utilizar o *rock* durante a estação das chuvas, que dura em média 2 a 3 meses por ano). Outra das conclusões é que, no entanto 5-10% dos operadores de carro de perfuração sofrem de uma forma moderada de HAVS.

Um estudo efetuado entre mecânicos suecos permitiu detetar a ocorrência da HAVS com uma média diária de exposição de 14 minutos a 3,5 m.s⁻², e uma exposição média de 12 anos, constatou-se que 15% dos trabalhadores apresentavam a síndrome dos dedos brancos induzidos por vibração, prevendo-se que, ao fim de 20 anos de exposição, a percentagem de mecânicos com este sintoma aumentasse para 25% (Barregard, Ehrenström, & Marcus, 2003).

As principais causas das vibrações no sistema mão-braço, segundo (Swust, Drimmelen, & Burdof, 1997) devem-se ao tipo de alimentação (elétrica ou pneumática), à idade do equipamento (ano de construção), ao peso, à energia de impacto, à pressão imposta na operação (martelos pneumáticos), ao número de impactos por minuto, à potência e à superfície de trabalho.

Avaliação de vibrações no sistema VMB - Posicionamento do acelerómetro

No caso das medições de VMB, estas vão ser influenciadas pela força do punho do operador. Para garantir a reprodutibilidade e a precisão da medição (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000), garantia que em todos os casos avaliados, o operador estava explicitamente instruído a segurar o transdutor com muito rigor para assegurar que a medição que era obtida tinha precisão e era reprodutível.

Embora o procedimento acima exposto seja uma medida internacionalmente aceite, neste processo um problema encontrado, foi o facto de, em alguns casos, os operadores largarem o equipamento enquanto ele se encontrava em funcionamento e apenas o seguravam levemente, por vezes, apenas com os dedos. Nestes casos, o autor era confrontado com o problema de que o conjunto transdutor de mão não podia ser utilizado (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000).

VMB e outras Variáveis – Ruído

O efeito produzido pelas VMB em mineiros aumenta a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), no entanto esta desenvolve-se longe da parte do corpo que está em contato com o fator de risco (braço/mão) (Szanto & Ligia, 1999), estando esta correlação diretamente relacionada com a duração da exposição do trabalhar aos agentes causais (Csaba & Stoica, 1999).

No estudo de Phillips (2007), desenvolvido em minas da África do Sul, são comparados os níveis de ruído e vibração associada a três carros de perfuração manual diferentes (também denominados no artigo de martelos manuais), um pneumático, um hidráulico e um elétrico e um protótipo tipo broca automotora blindada. Feitas as avaliações de ruído, todos os resultados obtidos para os equipamentos em termos de ruído emitido eram superiores a 85 dB(A). O martelo pneumático atingiu níveis de 114 dB(A), enquanto a broca automotora blindada cumpriu o limite de exposição de 85 dB(A) para 8 horas. Foram registados níveis de vibração até 31 m.s^{-2} . Estes níveis excedem em muito os níveis recomendados e legislados. Em conclusão o autor recomenda que devem ainda ser feitos avanços significativos a nível do conhecimento técnico e de engenharia no fabrico de carros de perfuração de impacto de modo a reduzir ou eliminar a PAIR e a HAVS. Isolar o operador da broca/martelo, é uma possível direção para o desenvolvimento futuro, tanto para a exposição a vibração como para a exposição a ruído (Phillips, Heyns, & Nelson, 2007).

VMB, VCI e outras Variáveis – Temperatura

É sobejamente conhecido o fenómeno de que a temperatura afeta a circulação sanguínea, em especial nas mãos ou extremidades, que prontamente reagem ao serem expostas ao frio. Num estudo de (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000) em minas sul-Africanas, uma das medidas preventivas para a HAVS é conhecido normalmente como 'aquecimento do local de trabalho'. Ora, nas minas sul-Africanas, especialmente em minas de ouro onde a maioria dos carros de perfuração se encontram em operação, a temperatura do local de trabalho é, em geral, superior a 25°C. Isto, obviamente, faz aumentar a circulação periférica do sangue dos operadores. No entanto, os sintomas de HAVS e branqueamento dos dedos, são menos óbvios num clima quente e portanto, um trabalhador exposto a elevados níveis de vibração pode estar a acumular danos vasculares sem experimentar os sintomas. Quando esse trabalhador muda para um ambiente frio os sintomas aparecem porque o dano já existe. Van Niekerk e et al (2000) demonstram que os sinais vasculares e os sintomas neurológicos associados à exposição das mãos a vibração, podem-se desenvolver de forma independente. Acredita-se que isso pode ser relevante no contexto do ambiente ocupacional sul-Africano, onde se tem especulado que o desenvolvimento dos sinais vasculares podem aparecer por atraso devido às temperaturas muito altas que se fazem sentir nos próprios locais de trabalho (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000).

A exposição ao frio pode não ser um fator responsável pela causa de distúrbios músculo-esqueléticos, mas pode acelerar o aparecimento ou agravar a dor em operadores expostos a VCI. É uma boa prática para garantir que aqueles que trabalham no frio não agravam os seus sintomas, lhes seja fornecida roupa impermeável quente (HSE, 2005).

Vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro (VCI)

São várias as ocupações que expõem os operadores de veículos pesados a níveis potencialmente perigosos de vibração de corpo inteiro (VCI) (Cann, Salmoni, & Eger, 2003), (Kumar, 2004), (Kunimatsu & Pathak, 2012). Na Grã-Bretanha, estima-se que semanalmente mais de 9 milhões de pessoas estão expostas a VCI ocupacional, sendo que destas exposições, 374.000 excedem os limites recomendados por lei, atingindo a profissão de camionista o valor mais elevado relativamente a qualquer outra ocupação (Smets, Eger, & Grenier, 2010).

A operação de veículos industriais motorizados expõe assim, o corpo humano a vibrações mecânicas que se transmitem ao corpo inteiro. Os principais pontos de entrada no corpo humano são os pés, o assento e as costas. Este tipo de veículos pode apresentar riscos, especialmente quando usados em condições inadequadas e/ou de forma incorreta (Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006). De entre as profissões que são exercidas na posição sentada, a dos motoristas ou operadores é uma das que mais ocasionam desconforto físico. Nesta profissão, em função da realização da tarefa que exige constantes inclinações, rotações e exposição a vibrações, determinados grupos musculares ficam contraídos por muito

tempo havendo também a repetição de vários movimentos dos membros superiores e inferiores para comandar o veículo (Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006). Ao contrário do que acontece com outros agentes de exposição, em que o trabalhador é sujeito passivo, expondo-se aos riscos, no caso das vibrações, tem que haver contacto entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmite a vibração.

O processo produtivo de extração e transformação de rochas industriais inclui operações fundamentais como a perfuração, o carregamento e detonação da pega de fogo, o taqueio, a carga, o transporte e a britagem (Matos & Ramos, 2010). Estas operações fazem parte da rotina diária da indústria extrativa, constituindo o ciclo produtivo típico das explorações a céu aberto onde se desenvolveu o trabalho prático desta investigação. No decorrer deste ciclo produtivo, é grande a dependência de máquinas e veículos que geram vibração, o que faz com que os trabalhadores que as operam estejam expostos (Aye & Heyns, 2011), (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011), (Kunimatsu & Pathak, 2012). Na Tabela 8 enumeram-se alguns exemplos de máquinas e respetivas tarefas/atividades associadas, que são potenciais fontes de vibração em explorações a céu aberto.

Tabela 8 - Veículos/Equipamentos e respetivas tarefas, às quais se encontra associada a geração de vibração.

Veículo/Equipamentos	Tarefa
Carro de perfuração (<i>Rock</i>)	Posicionamento Perfuração
Retroescavadora/Pá carregadora	Escavação, abertura de valas Carga Transporte
<i>Dumper</i>	Transporte Carregamento pela pá Descarga

Adaptado (Kunimatsu & Pathak, 2012)

Carros de perfuração (vulgarmente nas pedreiras designados por *Rocs*).

Os operadores de *rocs* de perfuração têm um risco de exposição a VCI relativamente baixo (Howard, Seseck, & Bloswick, 2009). De entre os veículos pesados estudados e utilizados na indústria extrativa a céu aberto, foram os *rocs* de perfuração, aqueles que conduziram a valores de aceleração RMS (*Root-Mean-Square*), mais baixos. Encontraram-se valores para o eixo predominante vertical (z) na ordem dos $0,30 \text{ m.s}^{-2}$ (Howard, Seseck, & Bloswick, 2009) e de $0,16 \text{ m.s}^{-2}$ (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000), sendo que de acordo com estes autores, neste posto de trabalho, o operador estará salvaguardado do risco de exposição a VCI.

Pás carregadoras (escavadoras)

Outros dos equipamentos pesados amplamente utilizados na indústria extrativa a céu aberto para operações de escavação, carga e transporte são as pás carregadoras e em alguns casos as escavadoras. Estes equipamentos, de grande porte e com grande capacidade de trabalho e carga, têm melhorado significativamente a eficiência produtiva e económica das operações.

Não se pode no entanto, ignorar os efeitos secundários negativos da sua utilização massiva (Frimpong, Galecki, & Chang, 2011).

Os estudos efetuados com o objetivo de caracterizar o risco de exposição a VCI em pás carregadoras giratórias indicam valores de RMS muito distintos. Nos trabalhos de (Howard, Sesek, & Bloswick, 2009), (Aye & Heyns, 2011), (Dentoni & Massacci, 2013) a exposição a VCI não ultrapassa o valor de ação de $0,5 \text{ m.s}^{-2}$ (valor definido na legislação como limite a não ultrapassar em determinadas condições e a partir do qual a entidade patronal tem que tomar medidas no local de trabalho onde este valor é encontrado), no entanto, autores como (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008) destacam as condições de risco a que podem estar sujeitos estes trabalhadores, com exposições a VCI superiores ao valor de ação ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$), podendo mesmo chegar a $2,3 \text{ m.s}^{-2}$.

Relativamente à predominância de um eixo, não se pode considerar que exista um claramente dominante. O eixo vertical z e o eixo longitudinal x são os apresentados como dominantes por alguns autores (Aye & Heyns, 2011) (Dentoni & Massacci, 2013), o que torna notória a discrepância da caracterização da exposição a VCI nestes equipamentos relativamente aos restantes e que, devido à sua operacionalidade multifacetada, podem levar a situações distintas.

Reconhece-se que a presente pesquisa é escassa em artigos sobre determinados veículos; Apesar da pesquisa sistemática e exaustiva efetuada, foi encontrado um número muito limitado de dados relativamente à avaliação de VCI em escavadoras (Coggins, Lente, & Mccallig, 2010). Para além das pás escavadoras, também é escassa a literatura sobre equipamentos como os carros de perfuração (*Roc*) e Escavadoras Giratórias com martelo hidráulico acoplado. A razão desta escassez, deriva do facto de estes equipamentos operarem essencialmente em regime estacionário, o que lhes confere pouco interesse em termos de análise uma vez que as vibrações em máquinas que necessitam na sua rotina de trabalho de executar grandes trajetos e imprimir velocidades elevadas, produzem níveis de vibrações superiores aquelas que trabalham paradas ou em regime de baixa ou muito baixa velocidade (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010).

Ressalva-se o facto de alguns dos artigos mencionados se referirem a estudos executados com equipamentos adstritos a obras do setor da construção civil e não propriamente à indústria mineira, seja ela subterrânea ou a céu aberto, mas foram considerados para análise e interpretação, uma vez que uma boa parte desses equipamentos são do mesmo tipo, desenvolvem as mesmas funções e as suas características mecânicas são em tudo similares (Howard, Sesek, & Bloswick, 2009).

Dumpers

Os *Dumpers* são veículos usados em muitas situações no transporte de grandes quantidades de rocha (entre 7 e 350 toneladas) entre o desmonte e as instalações de britagem ou outros locais,

dentro da área da exploração (Mandal & Srivastava, 2006), (Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011).

Um importante estudo desenvolvido por Salmoni et al (2010) em trinta e três veículos mostrou, em todos os trabalhadores analisados, exposição a níveis de VCI acima do valor de ação ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$), ficando um número considerável acima do limite de exposição ($1,15 \text{ m.s}^{-2}$). O eixo dominante foi o eixo vertical (z) (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010). Num estudo semelhante, com uma amostra de quarenta *dumpers*, Mandal e Srivastava (2006) demonstraram que os valores de RMS, medidos no eixo dos z, variavam entre 0,64 e $1,82 \text{ m.s}^{-2}$, com um valor médio de $1,10 \text{ m.s}^{-2}$. Os operadores destes veículos estavam expostos a VCI, em média, 5 horas por dia de trabalho. Este estudo confirmou o risco para a saúde dos trabalhadores reportando as principais patologias e salientando as dores de costas, ombros, pescoço e joelhos como tendo o maior número de queixas (Mandal & Srivastava, 2006).

No estudo efetuado por (Smets, Eger, & Grenier, 2010) foi medida VCI, numa exploração mineira a céu aberto em oito *dumpers* de transporte de superfície com três capacidades do balde diferentes (35, 100, 150 toneladas). A vibração foi medida na interface do assento do operador de acordo com a norma ISO 2631-1:1997 (ISO2631-1, 1997). A medição foi efetuada durante 1 h de operação normal e para as tarefas comuns, viagem descarregado, carga, viagem carregado e descarga, tendo sido feitas vinte e duas avaliações. Os valores de aceleração mais elevados foram observados no eixo z (vertical). Os resultados demonstraram que em vinte das vinte e duas medições foi ultrapassado o limite recomendado para o eixo vertical (eixo z) na versão da ISO 2631-1 (1985) (ISO2631-1a, 1985) que era de $0,63 \text{ m.s}^{-2}$. As frequências dominantes foram encontradas na gama de 1,6-2 Hz nas direções x e y, e 3,15 Hz na direção z (vertical) (Smets, Eger, & Grenier, 2010). À viagem sem carga foi associada a aceleração de vibração mais elevada, seguida da viagem com carga, operação de carregamento e descarga, respetivamente. O autor concluiu que a velocidade de deslocação e de condução do terreno tinha uma grande influência sobre a magnitude da exposição à vibração e que como a massa do veículo diminuiu, aumentou a velocidade de condução associada à viagem descarregado, contribuindo assim para a aceleração de alta vibração. Outros estudos (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008), (Aye & Heyns, 2011), foram reportando conclusões idênticas, evidenciando os riscos a que estão expostos estes trabalhadores.

Apresentam-se na Tabela 9 alguns estudos que avaliaram a exposição a VCI em carros de perfuração (*rocs*), pás carregadoras giratórias e *dumpers* na indústria extrativa a céu aberto. Foram analisados os parâmetros: valor eficaz de aceleração (RMS), o eixo predominante e as frequências dominante da vibração a que os trabalhadores se encontravam expostos.

Howard et al (2009) efetuou um estudo comparativo, em trinta e cinco locais de trabalho de uma indústria extrativa a céu aberto, em termos de exposição a VCI. De entre as categorias profissionais avaliadas, destacaram-se, pela pertinência para esta investigação, as pás carregadoras - escavadoras (n=3), *dumpers* (n=6), e carros de perfuração (n=3). Os autores concluíram que os operadores dos carros de perfuração foram os menos expostos a VCI.

Menos expostos do que esta categoria profissional só os trabalhadores de escritório. Seguiram-se, por ordem crescente de risco, os operadores das pás carregadoras e dos *dumpers*. No caso dos carros de perfuração, os valores médios de RMS variaram entre 0,15 e 0,76 m.s^{-2} com um valor médio de 0,30 m.s^{-2} . Para as pás carregadoras os valores situaram-se entre 0,11 e 0,67 m.s^{-2} , com um valor médio de 0,45 m.s^{-2} , tendo-se obtido para os *dumpers* valores entre 0,02 e 1,92 m.s^{-2} , com um valor médio de 0,58 m.s^{-2} . Em termos médios, apenas os trabalhadores dos *dumpers* estiveram acima dos valores de ação (0,5 m.s^{-2}). Porém, os valores máximos nas pás carregadoras (0,67 m.s^{-2}) e carros de perfuração (0,76 m.s^{-2}) também o ultrapassaram. Independentemente dos valores obtidos, os autores concluem que os trabalhadores das pás carregadoras e carros de perfuração estão pouco expostos ao risco de VCI, destacando sim o risco de exposição para os operadores dos *dumpers* (Howard, Seseck, & Bloswick, 2009).

Tabela 9 - Resumo dos estudos consultados com a avaliação da exposição a VCI em carros de perfuração, pás carregadoras e *dumpers*.

Equipamento	Fonte / Ano	RMS [m.s^{-2}]	Eixo predominante	Frequências dominantes [Hz]
Carro de perfuração	Howard, Seseck e Bloswick (2009)	0,30	-	-
	van Niekerk, Heyns e Heyns (2000)	0,16	z	-
Pá carregadora giratória	Dentoni e Massacci (2013)	0,52-0,97	x	-
	(Kunimatsu & Pathak, 2012)	0,5-2,3	-	-
	Aye e Heyns (2011)	0,21-0,51 0,25-0,39	z x	-
	Howard, Seseck e Bloswick (2009)	0,45	-	-
<i>Dumper</i>	Smets, Eger e Granier (2010)	0,80	-	2 – 4
	Mandal e Srivastava (2010)	1,10	z	-
	Howard, Seseck e Bloswick (2009)	0,58	-	-
	Eger, Stevenson et al. (2008)	0,77	z	1,0-1,25 (x) 1-1,25 (y) 3,15 – 4 (z)
	Kumar (2004)	0,37-11,73	z	2 – 4
	van Niekerk, Heyns e Heyns (2000)	0,75	z	-

Num outro estudo mais pequeno conduzido por Kumar, (Kumar, 2004) onde foram avaliados quatro *dumpers*, com idades e capacidades de carga diferentes, foram avaliados oito homens e seis mulheres. Relativamente ao percurso efetuado pelos *dumpers*, é feita a referência de que na altura das medições, o piso estava coberto por uma camada de neve, pelo que o troço seria mais suave, face às condições encontradas em época de verão. As tarefas avaliadas foram a carga, viagem carregado, descarga e viagem descarregado. As maiores intensidades de vibrações foram encontradas para o eixo dos z, num dos *dumpers* de menor capacidade, conduzido por um condutor do sexo feminino e durante o período de viagem sem carga, onde as acelerações nos três eixos x, y e z, foram respetivamente de 15,94 m.s^{-2} , 15,10 m.s^{-2} e 11,73 m.s^{-2} . Neste trabalho o autor refere que os maiores valores de aceleração medidos, foram no eixo dos z, na gama de frequências de 4 a 8 Hz, que é a frequência de ressonância da massa abdominal do corpo humano.

Também Eger e et al (2011), avaliaram VCI em operadores de veículos LHD (*Load-Haul-Dump Vehicles* - Veículos de carga-descarga e arrastamento) de diferentes tamanhos, numa mina subterrânea, oito de tamanho pequeno e nove grandes, com carga e sem carga. Os resultados obtidos mostraram que as vibrações são superiores para os LHD pequenos sem carga do que para os carregados, cujos resultados se podem ver na Tabela 10 (Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011).

Tabela 10 - Valores de acelerações medidos em diferentes tipos de veículo LHD.

LHD (Características)	Valores médios não ponderados de acelerações medidas nos LHD (o eixo predominante (z))
Pequenos com carga	1,40 m.s ⁻²
Pequenos sem carga	1,70 m.s ⁻²
Grandes com carga	0,96 m.s ⁻²
Grandes sem carga	1,0 m.s ⁻²

(Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011)

Dickey et al (2010) desenvolveram um trabalho que envolveu a recolha de dados no terreno em veículos LHD numa mina subterrânea e a posterior extrapolação para testes em laboratório. Para a concretização do seu modelo recorreram a um sistema de seis eixos (três de translação e três de rotação) para avaliar interações entre acelerações dos vários eixos, podendo deste modo avaliar a transmissividade das vibrações através dos diferentes tipos de assentos usados nos veículos. No estudo são apresentados valores não ponderados de acelerações medidas nos LHD durante a execução de várias tarefas, tendo-se verificado que o eixo predominante, em qualquer das tarefas foi sempre o eixo dos z, cujos resultados se apresentam na Tabela 11 (Dickey, Eger, & Oliver, 2010).

Tabela 11 - Valores de acelerações medidos em diferentes tarefas em veículos LHD.

Tarefas	Valores não ponderados de acelerações medidas nos LHD	
	Médios	Máximos
Transporte carregado	1,33 m.s ⁻²	4,05 m.s ⁻²
Transporte Vazio,	1,56 m.s ⁻²	5,37 m.s ⁻²
Descarga	1,40 m.s ⁻²	2,38 m.s ⁻²
Limpeza de frente (<i>mucking</i>).	1,93 m.s ⁻²	4,08 m.s ⁻²

(Dickey, Eger, & Oliver, 2010).

Num trabalho semelhante ao anterior, os autores estudaram as acelerações transmitidas ao sistema corpo inteiro em trinta e três moto-scrapers (*“raspadores de terra”*), utilizando para essa finalidade dois acelerómetros triaxiais, um sob o assento e o outro no piso do veículo. Para cumprir o objetivo do estudo foram analisadas cinco tarefas da rotina destes veículos: marcha lenta, raspagem, transporte com carga, transporte sem carga e descarga. Os resultados demonstram que o eixo predominante é o dos z e que as operações de transporte com carga e descarga apresentam os valores mais altos de acelerações, sendo 1,55 m.s⁻² e 1,49 m.s⁻², respetivamente. Verificou-se também que o eixo dos z excedeu sempre o VAE (valor de ação de exposição) em todos os equipamentos e apenas alguns excederam o VLE (valor limite de

exposição). Foi também avaliada a transmissividade do assento, SEAT (Seat Effective Amplitude Transmissibility). Este parâmetro traduz a razão entre os valores da aceleração ponderada obtidos para o eixo z, respetivamente, sobre o assento e sobre o piso do veículo.

O cálculo é feito segundo a expressão (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010):

$$\text{SEAT r.m.s (\%)} = \frac{a_{wz, \text{assento}}}{a_{wz, \text{piso}}} \times 100$$

Equação 1 - Fórmula de cálculo do parâmetro SEAT.

O valor encontrado é superior a 1 na maioria dos assentos, o que significa que os assentos avaliados amplificavam as acelerações medidas na base do veículo maioritariamente no eixo dos z. Como medidas de prevenção, os autores fazem sugestões no sentido da melhoria das vias de circulação que deverão ser o mais niveladas e suavizadas possível, as velocidades de circulação baixas e o design dos assentos melhorado (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010).

De modo a avaliar a interferência do tipo de assentos a utilizar nos veículos pesados usados na indústria, em particular nos equipamentos que provocam valores de vibrações muito elevados, como é o caso dos *dumpers*, Gunaselvam e Van Niekerk (2005) testaram, em laboratório, seis tipos diferentes de assentos recorrendo a seis operadores, três considerados pesados, com pesos entre 98 kg e 103 kg, e três considerados leves, com pesos entre 52 kg e 55 kg. Para a avaliação das vibrações transmitidas aos operadores, foram utilizados dois acelerómetros triaxiais, um no piso do veículo e outro na interface assento/operador. Os valores do parâmetro SEAT foram calculados para três tipos de piso, estrada de alcatrão, estrada com cascalho, e estrada com lombas, tendo-se chegado a valores de SEAT superiores para os operadores dos veículos que circulavam na estrada de alcatrão, no entanto nos outros pisos os valores de SEAT foram quase sempre superiores para as mulheres (Gunaselvam & Van Niekerk, 2005).

Num estudo em tudo semelhante, efetuado por Eger e et al (2008), foram avaliadas VCI em sete veículos LHD. Das avaliações feitas verifica-se que o eixo predominante foi o eixo dos z e a aceleração média medida neste eixo foi de $1,06 \text{ m.s}^{-2}$, sendo que no mesmo veículo se avaliou um valor máximo de $1,55 \text{ m.s}^{-2}$. Os resultados globais indicam que, de acordo com os critérios para a saúde, dois dos sete veículos estão acima dos limites estabelecidos segundo a norma ISO 2631-1 (ISO2631-1, 1997), utilizando valores de acelerações RMS ponderadas em frequência para 8 horas, A(8). Neste estudo ainda é feita a avaliação dos operadores em termos de saúde de acordo com a Norma ISO 2631-5 (ISO2631-5, 2004), norma que avalia a exposição dos operadores a vibração contendo múltiplos choques, através da qual se verificou que a totalidade dos veículos apresentaram valores abaixo dos limites da zona de vigilância (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008).

O choque provocado por veículos contra certas superfícies contribui para as VCI, de onde resultam queixas de dores de pescoço e costas (Paschold & Mayton, 2011).

Na segunda parte deste estudo, posteriormente à avaliação de VCI, os autores (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008), avaliam as posturas adotadas pelos operadores enquanto conduzem os veículos LHD. Nessa avaliação são calculadas percentagens de adoção de determinadas posições ao longo do tempo, tais como a postura neutra, rotação do pescoço leve e severa, rotação do tronco e flexões frontais e laterais do tronco. Os autores afirmam que em adição à exposição a VCI, as posições não-neutras evidenciadas durante a condução dos LHD contribuem para o aumento de contração de lesões musculoesqueléticas.

Para o bom desenvolvimento de todas estas tarefas e boa conservação destas máquinas e veículos pesados é essencial a manutenção dos mesmos (Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006), (Barregard, Ehrenström, & Marcus, 2003) e uma boa gestão das medidas construtivas de forma a atuar sobre a fonte e sobre as vias de propagação da vibração que afeta os operadores das máquinas e veículos. Este facto sendo da maior importância para a própria redução das vibrações sofridas pelo operador, implica diretamente com o outro sistema de vibrações que se pode encontrar neste setor industrial, a vibração transmitida ao sistema mão-braço.

Vanerkar e et al (2008) analisaram VCI em equipamentos que desenvolvem a sua atividade em cinco explorações mineiras, duas de Bauxite e três de Ferro. No caso deste estudo, os resultados obtidos apresentam-se sob a forma do parâmetro VDV (*Vibration Dose Values* – Valor de Dose de Vibração). Os valores médios de VDV obtidos podem ser visualizados na Tabela 12 (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008).

Tabela 12 - Valores médios de VDV.

Veículo	VDV	
	Mina de Bauxite	Mina de Ferro.
<i>Dumpers</i>	9,27 m.s ^{-1.75}	10,81 m.s ^{-1.75}
Perfuradoras	13,53 m.s ^{-1.75}	3,93 m.s ^{-1.75}

(Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008).

Os valores obtidos para os *dumpers* são consistentes, no entanto para as perfuradoras são muito discordantes, pelo que o autor atribui as diferenças a uma má manutenção/manuseamento destes equipamentos, ao mau amortecimento de vibrações ou a uma maior dureza das formações rochosas de bauxite.

Plewa e et al (2012) apresentam um estudo interessante de VCI em veículos utilizados em atividades de construção civil, minas e atividades florestais. Foram medidas vibrações no terreno, avaliados os níveis de desconforto com base na Norma (ISO2631-1, 1997), e paralelamente foi registada a perceção de desconforto dos operadores. Os resultados revelam existir pouca relação entre os níveis calculados pela Norma e os índices de desconforto manifestado pelos trabalhadores, sendo que a maior discrepância se verificou no setor mineiro, afirmando não haver relação nenhuma entre os níveis de desconforto teóricos e os reportados (Plewa, Eger, Oliver, & Dickey, 2012). Outro trabalho que avaliou VCI em

diversos equipamentos de construção civil, foi efetuado por Cann e et al (2003), tendo entre outros, avaliado pás escavadoras (n=14), pás carregadoras (n=2) e *dumpers* (n=2). Os resultados obtidos mostram que o eixo dominante para pás carregadoras e *dumpers* foi o eixo dos z, mas para as pás escavadoras foi o eixo dos x (Cann, Salmoni, & Eger, 2003). Os valores obtidos apresentam-se na Tabela 13. O autor afirma haver uma grande diferença nos valores de vibrações entre equipamentos estacionários (escavadoras) e móveis (pás carregadoras e *dumpers*).

Tabela 13 - Valores médios de Acelerações.

Veículo	Acelerações ponderadas	
	Médios	Máximos
Escavadoras	0,51 m.s ⁻²	1,1 m.s ⁻²
Pás Carregadoras	1,16 m.s ⁻²	1,7 m.s ⁻²
<i>Dumpers</i> ;	1,21 m.s ⁻²	1,7 m.s ⁻²

(Cann, Salmoni, & Eger, 2003).

Metodologias aplicadas à medição das vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro

Os pontos de contacto entre o trabalhador/operador e a máquina são, por excelência, os pés e o assento (Kunimatsu & Pathak, 2012). Os operadores destas máquinas estão ainda expostos a choques de impacto (Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011).

Quando é detetada a transmissão de vibração pelo sistema mão-braço, esta é frequentemente atribuída às operações manuais e ao contacto com instrumentos geradores de vibração, como martelos pneumáticos, e não tanto ao contacto com os comandos dos veículos ou ao próprio volante (Hill, et al., 2001), (Donoghue, 2004), (Gallagher & Mayton, 2007), (Kunimatsu & Pathak, 2012).

Pelas razões citadas, a bibliografia consultada e toda a exposição narrativa será, focada nas VCI e segue, consensualmente, a Norma (ISO2631-1, 1997) (*Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements*). Foram seguidos os seus princípios metodológicos aquando das medição das vibrações “*in situ*”, assim como os métodos de cálculo dos parâmetros necessários à avaliação da vibração medida e adotados os valores limite de exposição e valores de ação.

De entre as recomendações metodológicas da norma citada, que tem já a sua congénere portuguesa (NPISO2631-1, 2007), interessa destacar no âmbito desta investigação a medição e análise da exposição às vibrações separadamente, levando em linha de conta a existência de vários períodos com características bastante distintas (Ponto 5.5 da Norma - Duração da medição). Usualmente, uma rotina em exploração mineira a céu aberto envolve um trabalho baseado em operações de curta duração bem definidas às quais se associam diferentes amplitudes de vibração, levando a que as medições devam ser efetuadas para cada uma das operações e o resultado obtido a partir da combinação dessas.

Alguns estudos têm sido feitos para a caracterização das tarefas que compõem os ciclos de trabalho dos veículos mineiros, quer a céu aberto quer subterrâneo. No entanto, é para os *dumpers* que se encontra o maior número de estudos. Pese o facto de ser este o tipo de veículo que possui a exposição a VCI mais elevada, tendo tarefas bem definidas e distintas entre si no decorrer do seu ciclo de trabalho típico.

Um facto, que é constatável, é que a vibração a que o trabalhador está exposto nos *dumpers* varia consideravelmente com a tarefa em causa. Na sua rotina normal, o ciclo de trabalho do *dumper* inclui tarefas como a carga, a viagem carregado, a descarga e a viagem descarregado. Smets, Eger e Grenier (2010) concluíram que a maioria do tempo desse ciclo de trabalho é gasto no transporte carregado, sendo que antagonicamente, a tarefa mais curta é a de descarga do material. O restante tempo do ciclo é dividido entre o Transporte Vazio e a operação de carga. Relativamente à amplitude das vibrações, o comportamento destas é menor nos momentos de inatividade ou seja em períodos de espera, contrastando com as tarefas de transporte (movimentação do veículo carregado ou descarregado) onde se registam os valores mais elevados (Kumar, 2004), (Smets, Eger, & Grenier, 2010).

Em contrapartida, no estudo de um processo de carga, desenvolvido por Dentoni e Massacci (2013) foi avaliada a exposição a VCI em pás carregadoras giratórias utilizadas na indústria mineira a céu aberto. Estas foram alvo de avaliação em duas tarefas: carga e arrumação do material, concluindo-se que a tarefa de carga conduz a uma maior exposição do trabalhador a VCI (Dentoni & Massacci, 2013).

Em alguns estudos, é reforçada a importância da determinação da exposição diária a VCI com a consideração de todas as tarefas, bem como a sua duração. Assim (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010), (Smets, Eger, & Grenier, 2010), (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011), nos seus estudos, paralelamente com a avaliação dos níveis de vibração, acompanharam visualmente as operações, registando os tempos de duração das tarefas e qualquer observação/nota que pudesse vir a ter influência nos resultados. Com mais pormenor ainda, outros autores registaram as operações com recursos a gravação de vídeo (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008) (Torma-Krajewski, Wiehagen, Etcheverry, Turin, & Unger, 2009), (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010).

Um outro aspeto bastante relevante na atividade mineira a céu aberto é a forte correlação entre as características dos equipamentos, as respetivas tarefas, as condições onde é desenvolvido o trabalho e o nível de exposição a VCI por parte dos trabalhadores (Kunimatsu & Pathak, 2012). Em resumo, as vibrações sofridas pelos operadores aquando da operação com os veículos pesados dependem, entre outros fatores, da força de excitação externa, da massa do veículo e de fatores ambientais, como sejam, o estado do pavimento, as características do material manipulado, a organização das operações e a experiência do trabalhador, entre outros.

Como seria de esperar, foi ainda confirmado por vários autores, (Frimpong, Galecki, & Chang, 2011) (Mandal & Srivastava, 2010), (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008)

que a exposição a VCI não depende do tipo de exploração (matéria prima em causa), mas mais das condições de trabalho e do tipo de equipamentos utilizados.

Para efetuar a avaliação das VCI são utilizados equipamentos que permitem registar a vibração nas três direções do espaço através da utilização de acelerómetros triaxiais que medem acelerações de translação. Geralmente, o acelerómetro encontra-se dentro de uma peça arredondada de borracha, a que vulgarmente se chama “bolacha” que, por sua vez, é fixada com fita adesiva, velcro ou uma cinta própria ao assento do operador, de modo a que, quando este estiver sentado, a interface seja feita através da tuberosidade isquial, zona de medição das vibrações transmitidas ao corpo inteiro pelo assento (Howard, Seseck, & Bloswick, 2009), (Smets, Eger, & Grenier, 2010). Em determinadas situações e para estudos concretos, pode também ser colocada no piso da cabine do veículo (onde o operador coloca os pés) ou no encosto do assento, no entanto, na grande maioria da bibliografia consultada, a sua colocação é, maioritariamente, feita no assento do operador. Por vezes, os acelerómetros podem ser colocados na plataforma do veículo, no contacto estabelecido pelos pés do trabalhador (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011). O posicionamento do acelerómetro em qualquer uma destas localizações deve seguir a indicação dos eixos conforme a Figura 4.

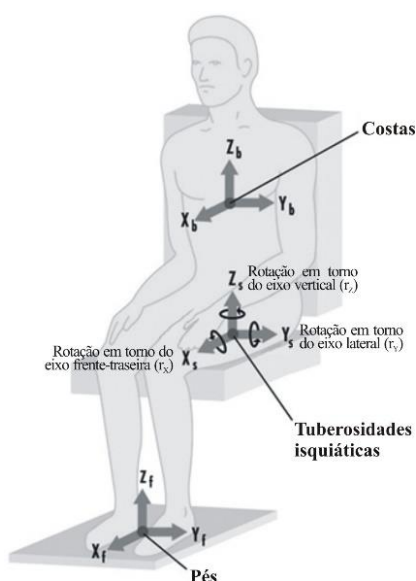


Figura 4 - Localização dos eixos dos acelerómetros na medição das VCI ³.

Paralelamente com a avaliação das vibrações transmitidas via assento ao operador, Salmoni e et al (2010) dedicaram um estudo a testar o tipo de assento utilizado nos veículos, com o intuito de avaliar a sua transmissividade, isto é, verificar se as vibrações geradas pelo próprio veículo, são as transmitidas ao operador pelo assento (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010). Nesse estudo, foram utilizados dois acelerómetros triaxiais, colocando um deles no habitual interface assento/operador, e o outro debaixo do assento, no chassi do veículo.

³(Fonte: <http://www.ilo.org/oshenc/part-vi/vibration/item/788-whole-body-vibration>)

Outros autores têm utilizado outro tipo de configurações. Por exemplo, três acelerómetros triaxiais colocados, um na região da sétima cervical (perto do pescoço), outro na terceira vértebra lombar (no fundo das costas) e outro sobre o assento (Kumar, 2004). São ainda usados acelerómetros com 6 graus de liberdade (6 eixos) que dão origem a resultados de medições de acelerações de translação e de rotação (Dickey, Eger, & Oliver, 2010).

Algumas das informações que muitos dos autores relatam e identificam nos seus estudos de VCI são as características das operações a medir:

- rotinas de trabalho (Torma-Krajewski, Wiehagen, Etcheverry, Turin, & Unger, 2009), (Smets, Eger, & Grenier, 2010);
- características das máquinas utilizadas (Kumar, 2004), (Howard, Sesek, & Bloswick, 2009), (Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011), (Dentoni & Massacci, 2013);
- operações realizadas pelo equipamento (Kumar, 2004), (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008), (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010), (Smets, Eger, & Grenier, 2010), (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011);
- natureza do pavimento (Mayton, Amirouche, & Jobes, 2005), (Howard, Sesek, & Bloswick, 2009), (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010), (Dentoni & Massacci, 2013);
- posição e características do assento (Mayton, Amirouche, & Jobes, 2005); (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010);
- tipo de vibração (contínua, intermitente, impacto), sua direção e origem (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011);
- número de vezes que a operação é realizada ou o ciclo de trabalho diário e duração média da operação ou do ciclo de trabalho (Mandal & Srivastava, 2010), (Smets, Eger, & Grenier, 2010).

Paralelamente são recolhidas outras informações importantes sobre os trabalhadores, mais propriamente informação demográfica, histórico clínico e ocupacional, estilo de vida, entre outros fatores (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008), (Mandal & Srivastava, 2010), (Smets, Eger, & Grenier, 2010), (Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011), (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011).

Os riscos de exposição a vibrações estão associados a determinados setores de indústria que utilizam equipamentos mecânicos no desenvolvimento da atividade, maioritariamente veículos de transporte e de carga. Assim, a indústria mineira, da construção, da agricultura, dos transportes e florestal, são as que apresentam maiores níveis de vibração. Vários autores afirmam que esses níveis de vibração são função do tipo de terreno, suspensão do veículo, velocidade a que se efetuam as viagens, do tamanho físico do ocupante, do tipo do veículo e também das características dinâmicas do veículo (Dickey, Eger, & Oliver, 2010), (Gunaselvam & Van Niekerk, 2005).

Principais efeitos das vibrações de corpo inteiro

O estabelecimento de relações entre a exposição a VCI e os efeitos decorrentes destas não se apresenta como tarefa fácil. Existe dificuldade em estabelecer uma relação clara entre a

exposição e o efeito, principalmente devido ao elevado número de fatores que influenciam o risco associado à exposição (Magnusson, Pope, Hulshof, & Bovenzi, 1998), sendo aconselhável uma abordagem prudente e holística (Mansfield, 2004).

Os operadores que se apresentam fatigados, são mais propensos a adotar estratégias de desempenho de maior risco, como resultando de uma redução do esforço, de modo a tentar compensar uma quebra no seu desempenho (Plewa, Eger, Oliver, & Dickey, 2012). Supondo que o desconforto físico é um sinal preliminar de futuros problemas de dores músculo-esqueléticas e de saúde, Plewa (2012) citando (Hamberg-van Reenena & et al, 2008), menciona que a consciência do desconforto e da dor pode ajudar a reduzir lesões desse tipo ao operador. No entanto, é difícil avaliar o desconforto porque ele é inteiramente subjetivo; as reações a determinadas magnitudes de vibração dependem muito das expectativas do operador, da duração da viagem, tipo de assento e tipo de piso, entre muitos outros fatores.

Os distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho (LMERT) surgem como fatores de risco associados com tarefas da exploração mineira a céu aberto e incluem esforços acentuados, posturas incômodos, movimentos repetitivos, solavancos, choques, stress, contacto da vibração com partes ou com o corpo todo. O ambiente da indústria mineira a céu aberto expõe os trabalhadores a extremos de temperatura e humidade, condições de vento e chão escorregadio e irregular, condições que também contribuem para o risco de lesões (Torma-Krajewski, Wiehagen, Etcheverry, Turin, & Unger, 2009).

De entre os efeitos para a saúde devido à exposição a VCI referidos na bibliografia o mais comum é a “dor nas costas”. Esta relação é estabelecida em diversos estudos epidemiológicos (Gallagher & Mayton, 2007), (Teschke, Nicol, Davies, & Ju, 1999), (Lings & Leboeuf-Yde, 2000), (Gallais & Griffin, 2006). Outras queixas físicas ou distúrbios referidos são: dor ciática, lombalgia, dor generalizada nas costas, hérnias discais e degeneração da coluna (Gallagher & Mayton, 2007), (Eger T. , Stevenson, Grenier, & Boileaud, 2011), (Seidel & Heide, 1986), (Dupuis, 1994), (Wikström, Kjellberg, & Landström, 1994), (Teschke, Nicol, Davies, & Ju, 1999), (Howard, Seseck, & Bloswick, 2009).

Apesar de a dor lombar ser a problemática mais associada a VCI, há outros problemas que também se revelam com este tipo de exposição, tais como dor ao nível do pescoço e dos ombros, problemas gastrointestinais, lesões ao nível dos órgãos reprodutivos no sexo feminino, e efeitos nas veias periféricas (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010). Podem também surgir náuseas, dores de cabeça, problemas de visão turva, problemas circulatórios e degeneração do sistema nervoso (Griffin, 2004), (Dias & Sampson, 2005), citado por (Coggins, Lente, & Mccallig, 2010), (Costa N. , 2012), (Grandjean & Kroemer, 2005).

No entanto, a relação causal entre estes sintomas e as VCI não é tão evidente como a que ocorre com os problemas gerados quando se trata de VMB. Associados à exposição excessiva e prolongada de VMB estão os denominados síndromes das VMB, no que se refere a efeitos ao nível do sistema vascular, sensorial e musculoesquelético, podendo ainda existir uma relação entre exposição a este tipo de vibrações e distúrbios cardiovasculares (Tamaian, 2007).

Existem, no entanto, outros fatores que aumentam o risco de dor nas costas nos operadores sujeitos a VCI, havendo necessidade de os ter em conta na altura da efetuar a avaliação de riscos. Eles incluem:

- má conceção do sistema de controlo, o que torna difícil para o motorista o ajuste e / ou operação da máquina ou veículo, ou conseguir uma boa visibilidade, sem torção, inclinando-se ou alongando-se;
- ajuste incorreto dos controlos, resultando em torção contínua, necessitando deste modo de se curvar, inclinar ou esticar para operar a máquina;
- ser obrigado a manter a posição de sentado por longos períodos sem ser capaz de mudar de posição;
- má postura durante a operação / condução de máquinas móveis e veículos;
- repetição da movimentação manual e elevação de cargas pelo condutor;
- subir várias vezes ou saltar para descer a partir de uma cabine alta ou de difícil acesso (HSE, 2005).

Os operadores dos equipamentos que foram alvo de estudo nesta investigação, motoristas/manobreadores de camiões, de pás carregadoras, pás giratórias e *dumpers*, encontram-se dentro da categoria profissional cujos, estudos epidemiológicos revelaram associações entre as dores de costas e a operação dos veículos.

Diversos estudos citados revelaram que estes trabalhadores estão mais suscetíveis a níveis de exposição a vibrações, superiores aos recomendados pelas normas ISO (Howard, Sesek, & Boswick, 2009), (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008), (Cann, Salmoni, & Eger, 2003). Alguns estudos permitem confirmar que o risco de contrair lesões musculoesqueléticas aumenta com o aumento do tempo de exposição (Gallagher & Mayton, 2007), (Teschke, Nicol, Davies, & Ju, 1999), (Bovenzi, et al., 2006).

Fatores como a idade, posturas de trabalho estáticas e incorretas, movimentação de cargas e trabalho “pesado”, tabagismo, quedas ou outros episódios causadores de dor, *stress* e pressão laboral, estado físico e morfologia do corpo, incluindo peso, altura, condição física, são alguns dos apontados em trabalhos de revisão sobre estudos epidemiológicos abordando exposição a vibrações de corpo inteiro em condutores, como influenciadores do aparecimento de dores lombares (Teschke, Nicol, Davies, & Ju, 1999) e (Gallais & Griffin, 2006).

Efetivamente, embora completamente subjetiva, a adoção de posturas inadequadas é um aspeto bastante importante no que diz respeito aos condutores. Trata-se de um fator de carga física adicional na coluna que, conjuntamente com a exposição às vibrações, está na origem multifatorial da “dor nas costas” ou lombar, referenciada pelos condutores/operadores profissionais (Teschke, Nicol, Davies, & Ju, 1999), (Bovenzi, et al., 2006).

Mediante as características da vibração que é transmitida ao corpo humano este reage de modo diferenciado a essa exposição. De entre essas características, evidenciam-se a frequência (número de oscilações por segundo, Hz), a magnitude ou amplitude (energia

associada à onda), a duração da exposição e a direção da vibração (vertical, lateral e longitudinal) (Gallagher & Mayton, 2007).

Mediante a zona do corpo afetada também varia a sua frequência natural. Quando essa parte do corpo é excitada por uma força externa com frequência de excitação coincidente com a frequência natural do sistema, a vibração é amplificada – frequência de ressonância (Leduc, Eger, Godwina, & Dickey, 2011).

A Figura 5 indica as frequências de ressonância das várias partes do corpo humano e na Tabela 14 apresentam-se, de acordo com os valores de frequência, alguns efeitos das vibrações sobre o corpo humano.

Tal como se evidencia na Figura 5 e na Tabela 14, os efeitos gerados na saúde do trabalhador são mais prováveis se a vibração estiver na gama de frequências de ressonância de uma determinada região do corpo. Verifica-se assim que atendendo às diferenças dos valores das frequências de ressonância, a exposição à vibração afeta locais específicos (Arezes, et al., 2011).

A par destes estudos, o desenvolvimento de normas internacionais (por exemplo as normas ISO) vem consagrar que a exposição a VCI afeta negativamente a segurança, o conforto, a *performance*, a eficiência (Gallagher & Mayton, 2007) e a saúde dos trabalhadores.

Tabela 14 - Efeitos no corpo humano, segundo as frequências da vibração.

Frequências [Hz]	Efeitos
Vibrações superiores a 600 Hz	Efeitos neuromusculares
Vibrações entre 150 a 600 Hz	Dedos
Vibrações entre 70 e 150 Hz	Mãos
Vibrações entre 40 e 125 Hz	Efeitos vasculares
Vibrações entre 1 e 40 Hz	Lesões nos ossos; Patologias ao nível da coluna vertebral; Afeções do aparelho digestivo; Hemorroidas; Dores abdominais; Obstipação; Perturbação da visão, da função respiratória e da função cardiovascular
Vibrações < (s) a 1 Hz	Náuseas e vômitos

(Arezes, et al., 2011).

Medidas de intervenção e controlo da exposição às vibrações

Do total de artigos consultados (n=61) só 14 propõem medidas de intervenção e controlo da exposição às vibrações. Na Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17, de um modo resumido encontram-se os autores que propõem as principais medidas de intervenção que têm como objetivo eliminar ou pelo menos reduzir a exposição às vibrações nos sistemas MB e VCI.

Na Tabela 15 listam-se os autores que enumeram as medidas organizacionais que essencialmente visam a organização das tarefas no sentido de reduzir o tempo de exposição às vibrações.

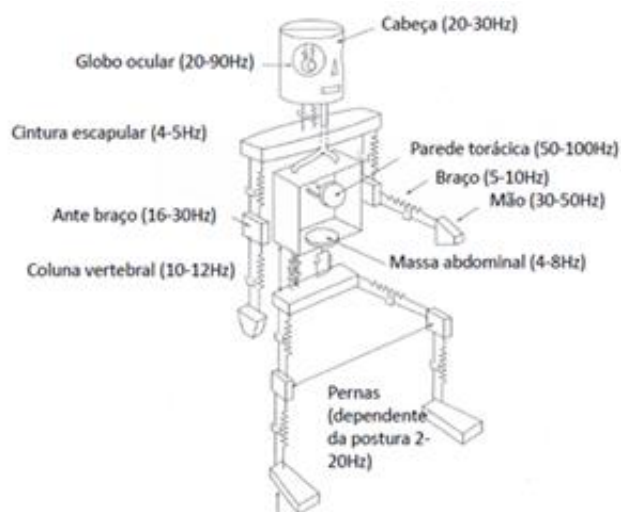


Figura 5 - Modelo mecânico do corpo humano com as gamas de frequências de ressonância das várias partes do corpo.

Adaptado de Bruel&Kjaer (1989).

Tabela 15 - Medidas Organizacionais ou de Controlo Administrativo.

Autores	País	Sistema Avaliado	MEDIDAS ORGANIZACIONAIS (controlo administrativo)
(McPhee, 2004),	Austrália	MB VCI	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização regular dos níveis de vibrações ocupacionais; • Rotatividade nos postos de trabalho que possuam níveis elevados de exposição; • Implementar períodos de recuperação/descanso após exposições severas; • Formação e treino dos trabalhadores. • Quando for possível a escolha entre diferentes processos, o processo que resulte na exposição do trabalhador aos níveis mais baixos de vibração deverá ser o escolhido; • Quando for possível a escolha entre diferentes ferramentas, aquela que resulte na exposição do indivíduo aos níveis mais baixos de vibração deverá ser a escolhida; • Os equipamentos e ferramentas devem ser mantidos de acordo com as instruções dos fabricantes; • Devem ser evitadas as ferramentas com formatos de punhos que resultam em pressão alta na pele, na área de contacto; • Quando há escolha, devem ser seleccionadas as ferramentas que requerem as menores forças de contacto;
(Gallagher & Mayton, 2007)	USA	VCI	
(Kunimatsu & Pathak, 2012),	Japão	MB VCI	
(Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006)	Brasil	VCI	
(Barregard, Ehrenström, & Marcus, 2003)	Suécia	MB	
(HSE, 2005)	Reino Unido	VCI	
(Cann, Salmoni, & Eger, 2003)	Canadá	VCI	
(Paschold & Mayton, 2011)	USA	VCI	
(Dasgupta & Harrison, 1996)	Reino Unido	MB	

Na Tabela 16 estão indicadas as medidas construtivas de atuação sobre a fonte e sobre as vias de propagação no sentido de reduzir ou eliminar a exposição às vibrações.

Na Tabela 17 listam-se os as medidas de proteção individual e promoção da vigilância da saúde que visam essencialmente atuar sobre o trabalhador.

Medidas de proteção individual

Revistas todas as alternativas, existe uma série de sugestões de atitudes que podem ser tomadas pelos próprios trabalhadores com o propósito de atenuar ou mesmo eliminar a exposição a VCI.

Tabela 16 - Medidas Construtivas.

Autores	País	Sistema Avaliado	MEDIDAS CONSTRUTIVAS (atuação sobre a fonte e sobre as vias de propagação)
(Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006)	Brasil	VCI	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de estradas de transporte e/ou outras superfícies operacionais a par do controlo da velocidade de deslocamento de veículos; • Manutenção periódica dos equipamentos, quer substituindo as peças gastas, quer fazendo apertos, alinhamentos ou ajustamentos para diminuir as vibrações; • Melhorar a suspensão do veículo; • Colocar o assento suspenso numa base vibratória, isto é suspensão e montagem anti vibrátil com excitação pela base móvel; • Adequação do assento ao trabalhador; • Aplicar uma suspensão hidráulica amortecida frontal para melhorar o funcionamento das máquinas; • Uso de almofadas de compressão nos trabalhadores nas zonas mais afetadas.
(Barregard, Ehrenström, & Marcus, 2003)	Suécia	MB	
(HSE, 2005)	Reino Unido	VCI	
(Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008)	Índia	VCI	
(Kunimatsu & Pathak, 2012),	Japão	MB VCI	
(Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008)	Canadá	VCI	
(Salmoni, Cann, & Gillin, 2010)	Canadá	VCI	
(Torma-Krajewski, Wiehagen, Etcheverry, Turin, & Unger,	USA	MB VCI	
(Dasgupta & Harrison, 1996)	Reino Unido	MB	

Tabela 17 - Medidas de proteção individual e promoção da vigilância da saúde.

Autores	País	Sistema Avaliado	MEDIDAS PROTEÇÃO INDIVIDUAL E PROMOÇÃO DA VIGILÂNCIA DA SAÚDE
(Arezes, et al., 2011)	Portugal	MB	<ul style="list-style-type: none"> • Qualquer trabalhador que possa ficar exposto à vibração de corpo inteiro, ou localizada, deve ser examinado fisicamente e ter um registo de qualquer histórico prévio; • Indivíduos que usam equipamento vibratório devem ser esclarecidos sobre o risco de exposição à vibração transmitida; • Utilização de luvas anti-vibratórias; • Devem ser tomadas providências no sentido de estimular o relato de sintomas e, em intervalos regulares, realizar exames médicos dos trabalhadores em risco; • Os trabalhadores que possuam as condições médicas seguintes encontram-se sujeitos a maior risco e devem ser avaliados cuidadosamente antes de usarem equipamentos que vibrem; • Doença primária de Raynaud; • Doença causada por dificuldades na circulação do sangue nas mãos; • Danos nas mãos que causem dificuldades circulatórias; • Desordens do sistema nervoso periférico; • Desordens do sistema musculoesquelético.
(Costa N. A., 2006)	Portugal	VCI	
(Soeiro, 2011)	Brasil	MB	
(Barregard, Ehrenström, & Marcus, 2003)	Suécia	MB	
(HSE, 2005)	Reino Unido	VCI	
(Dasgupta & Harrison, 1996)	Reino Unido	MB	

A adoção de medidas organizacionais é uma solução indicada por alguns autores no sentido de minimizar o tempo que o operador trabalha sentado, e a necessidade de movimentos, especialmente a torção do pescoço para a operação do veículo com carga (olhar para trás), minimizando, desta forma, patologias de coluna vertebral e lombalgias. Sobre a análise feita às condições ambientais, os movimentos efetuados em áreas com paralelepípedos submetem os operadores a maiores níveis vibracionais, enquanto nos ambientes internos esta exposição é minimizada em função das condições do pavimento/piso, pelo que também deve haver intervenções a esse nível (Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006).

Num estudo realizado por Arezes (Costa N. A., 2006), em que foram avaliados os níveis de exposição à vibração transmitida a operadores de empilhadores industriais (elétricos ou a gasóleo), os autores verificaram que os postos de trabalho em estudo apresentavam riscos para a saúde dos trabalhadores, sempre que o número de horas diárias de operação dos veículos se aproximava das 8 horas. Constataram também que a regularidade do piso, a reduzida velocidade de circulação e a existência de assentos com suspensão, constituíam fatores atenuantes dos níveis de vibração. Medidas adicionais devem ser tomadas para reduzir a adoção de posturas incorretas, também estas consideradas como fator de risco para o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas (Kittusamy & Buchholz, 2004).

Na análise deste tipo de problemas, a vigilância é fundamental, devendo ser recolhidos *á priori* dados individuais e abordados os fatores de risco, procurando identificar o perfil de risco do trabalhador, com recolha de dados relativos às condições de trabalho (tipo de ferramentas e tempo de exposição), aos antecedentes, hábitos tabágicos, tratamentos, ocupações/exposições anteriores. Por fim, numa perspetiva mais clínica de pesquisa de sinais ou sintomas, deve haver uma verificação das condições que motivam o aparecimento dos sintomas ou, na ausência destes, o diagnóstico precoce através da realização de exames complementares (Arezes, et al., 2011).

Limitações da maioria dos estudos avaliados relativamente ao número de amostras

Muitos dos estudos utilizam amostras relativamente pequenas, pelo facto de as empresas que colaboram estarem relutantes em ceder e permitir que se executem testes, ensaios e medições nos seus equipamentos de produção (Cann, Salmoni, & Eger, 2003).

2.1.2 Ruído Ocupacional

A aplicação da metodologia global para a pesquisa ao tema ruído desenvolveu-se com o conjunto formado entre os termos permanentes “*Occupational noise*”, “*Noise*” ou “*Noise exposure*”, a funcionar como 1ª palavra-chave e como 2ª palavra-chave “*Extractive Industry*”, “*Open pit mines*”, “*Mining*” e que foram pesquisados em todos os campos de pesquisa disponíveis. De modo a refinar a pesquisa foram introduzidas diferentes palavras-chave “*Opencast*”, “*Open pit mining industry*”, “*Quarry*”, “*Equipment quarry rock*”, “*drilling equipment*”, “*transportation equipment in extractive industry*”. Na tentativa de continuar a restringir a pesquisa, em qualquer uma destas buscas foi também utilizada, tal como na pesquisa sobre VCI, como estratégia de refinação a pesquisa artigos publicados dentro de intervalos de “*Datas*”. Deste modo, após a refinação adequada e feita a avaliação de acordo com as palavras-chave específicas, construiu-se uma base de dados, sendo os artigos agrupados em áreas de interesse baseadas nos objetivos do estudo.

Para além dos critérios de inclusão comuns já enumerados, para este tema utilizou-se como critério de seleção dos artigos o facto de estes se situarem na área exclusiva do ruído

ocupacional excluindo todos os artigos que fizessem referência a ruído ambiente. Outro critério que pesou na inclusão dos artigos foi a população na qual se desenvolvia o estudo que era preferencialmente a da indústria extrativa, mineira ou da construção civil, assim como o tipo de parâmetros medidos/avaliados pelo artigo, ser plausível de comparação com os que se pretende obter com este trabalho.

Os critérios de elegibilidade dos artigos enunciados acima e aplicados a esta temática foram:

- data de publicação: excluem-se artigos que foram publicados antes de 2000 (definiu-se esta década pelo facto de se ter revelado muito produtiva e abranger muitos artigos específicos deste tipo de indústria);
- tema (pertinência para o objetivo da revisão): excluíram-se artigos que não abordavam ruído ocupacional na indústria extractiva e ainda artigos focados em estudos epidemiológicos (medicina) que estabelecem um nexo de causalidade entre o ruído ocupacional e as doenças profissionais.

Na Figura 6 é apresentado o diagrama PRISMA, onde se expressa, em números, o resultado da revisão sistemática realizada.

Dos resultados obtidos, foram seleccionados 36 artigos que se apresentaram relevantes para o tema e que se revelaram válidos pela evidência do seu rigor científico e cujos dados/observações se mostravam devidamente sustentados ou validados. Posteriormente, o processo de triagem dos artigos que surgiam nas diversas buscas, foi feito, na grande maioria das situações, com base na informação que o resumo fornecia e em algumas situações, quando ao artigo se revelava de maior importância, através do acesso ao artigo na íntegra, obtendo deste modo a informação mais detalhada e completa. Do total de 1781 artigos, encontraram-se 235 repetidos; 3 desses artigos foram excluídos pela língua, por não se encontrarem redigidos em português ou inglês; 131 artigos foram excluídos por não estarem disponíveis em formato de *full-text* acessível; 758 artigos foram excluídos pelo facto de o ano de publicação, ser anterior a 2000. Foram excluídos 618 artigos por não serem pertinentes para o objetivo da revisão.

Caracterização da variável ocupacional Ruído

O ruído no local de trabalho é um problema global que afeta um vasto conjunto de setores industriais, de entre os quais se destaca a Indústria Extrativa. Os seus operários apresentam das taxas mais elevadas de problemas de audição. Por trabalharem com processos e máquinas com elevados níveis de ruído, esta categoria de trabalhadores está bastante mais exposta a este fator de risco. Os homens estão cerca de duas vezes mais expostos ao ruído no local de trabalho do que as mulheres e são afetados por mais do dobro de problemas de audição (OSHA, 2009). Os distúrbios da audição causados pelo ruído podem resultar de uma exposição pontual a um ruído impulsivo (mais de 140 decibéis (dB(C)) ou da exposição diária a sons de alta intensidade (mais de 85 decibéis (dB(A)) por várias horas, durante um período

prolongado. Na UE-27, calcula-se que haja 60 milhões de trabalhadores – 30% da força de trabalho – expostos a ruído excessivo (OSHA, 2009).

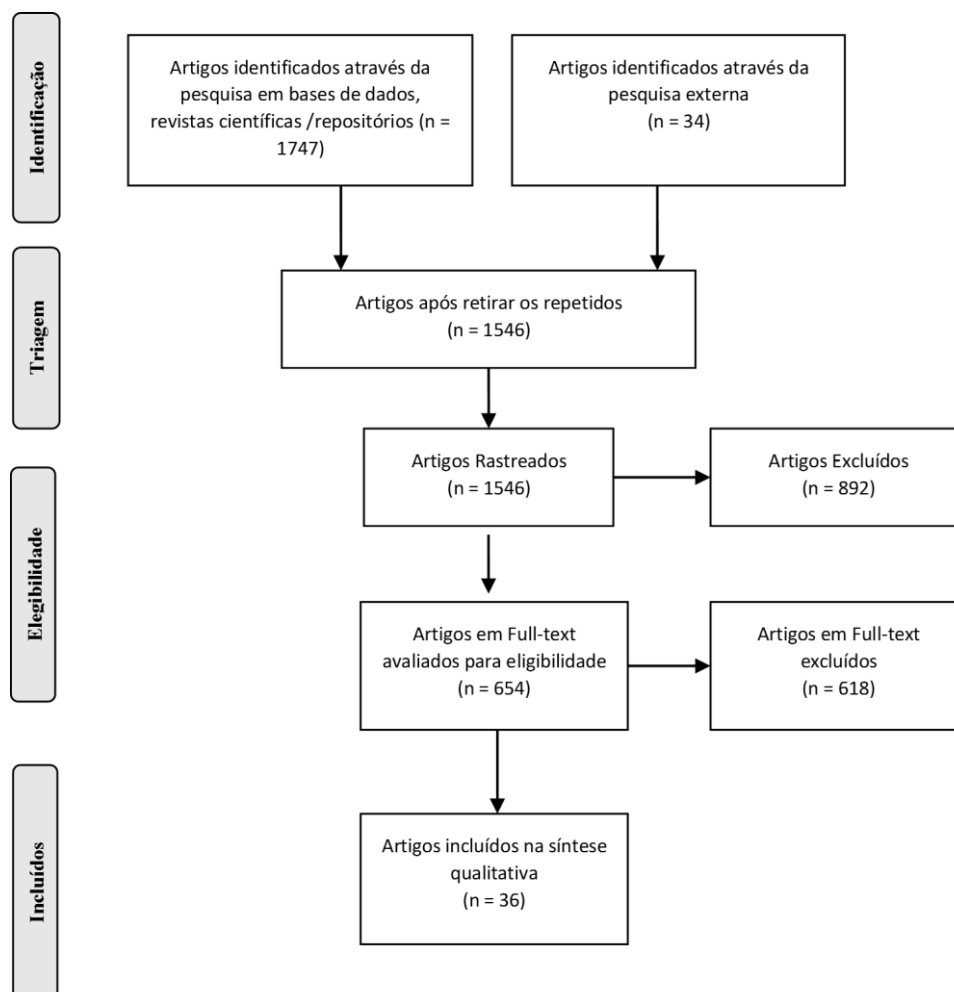


Figura 6 - Diagrama PRISMA da pesquisa realizada sobre Ruído Ocupacional.

A capacidade auditiva deteriora-se com a idade na generalidade da população. Numerosos estudos têm quantificado este fenómeno, na medida em que se encontra caracterizado na norma internacional ISO 7029 (ISO7029, 2000) onde se pode verificar efetivamente que a capacidade auditiva se deteriora mais com a idade nos homens do que nas mulheres. A norma ISO 1999 (ISO1999, 1990) permite ter uma previsão da distribuição da perda auditiva induzida por ruído (PAIR) associada à idade permitindo estimar a probabilidade de uma dada perda. Baseado na ISO 1999 (ISO1999, 1990), a Tabela 18 mostra a extensão da PAIR que pode ser esperada para um trabalhador com uma vida de trabalho de 45 anos, diariamente exposto a níveis de ruído contínuo de 80, 85, 90 e 95 dB(A). Os valores apresentados são para a PAIR na frequência de 4 kHz, que é a frequência prevista para dar a maior perda de audição. De notar que a perda auditiva é mínima, para uma exposição a 80 dB(A) e aumenta para níveis mais elevados com o crescimento deste valor (Lutman, Davis, & Ferguson, 2008). Os efeitos do ruído não se limitam aos danos na audição, podendo induzir também um aumento da fadiga e do stress, perturbações do sono e até problemas cardiovasculares, podendo ser

acompanhados por zumbidos nos ouvidos. No local de trabalho, um dos efeitos com maior potencial negativo ao nível do ruído reside no facto de este se sobrepor aos avisos sonoros e prejudicar a comunicação, potenciando também o risco de acidentes de trabalho (OSHA, 2009). São várias as doenças profissionais identificadas pelos vários autores pesquisadas neste trabalho. Na Tabela 19 apresentam-se algumas das doenças profissionais identificadas.

Tabela 18 - PAIR prevista na ISO 1999 para um trabalhador exposto a elevados níveis de ruído durante 45 anos.

Frequência onde é prevista a maior perda auditiva 4 KHz (dB)	Nível de exposição diária (dB(A))			
	80	85	90	95
PAIR (média (%))	1,7	6,6	14,9	26,5

(Lutman, Davis, & Ferguson, 2008)

Tabela 19 - Doenças profissionais identificadas.

Autor / Ano	País	Doença Identificada
(Fernández, Quintana, Chavarria, & Ballesteros, 2009)	Espanha	PAIR
(Picard, Girard, Simard, Larocque, & Turcotte, 2008)	Canadá	PAIR
(Harger & Barbosa-Branco, 2004)	Brasil	PAIR
(Penney & Earl, 2004)	EUA	PAIR, alterações da respiração, do sono, da saúde física e mental, alterações na função cardiovascular (por ex. hipertensão), alterações na pressão sanguínea e frequência cardíaca.
(Bauer, Daniel, & Vipperman, 2006)	EUA	PAIR
(Sensogut C. , 2007)	Turquia	PAIR, aumento da tensão sanguínea, nervosismo, insónia e fadiga.
(Matos, Baptista, & Diogo, 2011)	Portugal	PAIR
(Arezes & Miguel, 2002)	Portugal	Distúrbios no sono, perturbações do equilíbrio psicológico, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral, trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas.
(kovalchik & Duda, 2009)	África do Sul	PAIR
(Pandey, Thote, & Singh, 2011)	Índia	PAIR, instabilidade da pressão arterial, distúrbios do sono, outras consequências adversas como fadiga, ininteligibilidade do discurso, aborrecimento, perda de produtividade, absentismo, comunicação perturbada, acidentes.
(Mohapatra & Goswami, 2012)	Índia	PAIR
(Bauer & Babich, 2004)	EUA	PAIR
(Burger, von Wielligh, & Wet, 2004)	África do Sul	PAIR
(Gorai & Pal, 2006)	Índia	PAIR, Distúrbios do sono, incómodo e irritação, dificuldade no discurso/conversa, dificuldade de concentração e do estado de alerta.
(Santos & Campos, 2013)	Portugal	Traumatismo acústico, traumatismo químico.

Verifica-se que os custos dos distúrbios auditivos causados pelo ruído correspondem a cerca de 10% do custo total das indemnizações por doenças profissionais e que a incidência reconhecida desses distúrbios da audição diferem em função do país e da política de reconhecimento. Em 2005, a diferença entre os Estados-Membros era bastante evidente: 5,9% dos trabalhadores da UE-15 queixavam-se de problemas de audição, contra 13,5% nos 10 novos Estados-Membros e 9,7% na Bulgária e na Roménia. Verifica-se que os maiores números de casos se registam nos grupos etários dos 40 aos 54 anos e dos 55 aos 60 anos (OSHA, 2009).

A perda auditiva causada pelo ruído foi registada, em 2001, como a quarta doença profissional mais frequente na UE-12. Catorze milhões de trabalhadores da UE-27, ou 7% do total, acreditam que o seu trabalho afecta a sua saúde sob a forma de distúrbios auditivos, sendo a taxa de incidência dos distúrbios da audição de 11,5 casos por cada 100 000 trabalhadores (OSHA, 2009).

Audição e Ruído

O ouvido humano pode apenas captar ondas sonoras de uma frequência compreendida entre 16 e 20 mil hertz. Na realidade, o ouvido humano está especialmente adaptado para captar os sons de uma frequência média de mil a duas mil vibrações por segundo, o que tem uma explicação lógica, na medida em que são frequências correspondentes às dos sons da voz humana (Penha, 1998). Em contexto laboral, os trabalhadores com deficiência auditiva necessitam de um sinal de ruído até 25 dB acima (OSHA, 2009) do sinal necessário aos ouvintes normais para detetar, reconhecer e localizar sons de alerta. Devido às características dos sinais de alerta presentes na indústria e da necessidade de usar proteção auditiva, os trabalhadores com deficiência auditiva são mais propensos a acidentes do que os com audição normal (OSHAA, 2009). Os sintomas acima descritos estão também relacionados com fatores individuais como a sensibilidade, a idade e outras condicionantes ambientais e profissionais. Normalmente, as substâncias ototóxicas exercem ação predominante numa das partes do ouvido interno, podendo agir em mais do que um local.

A associação entre a exposição ocupacional a vibrações e a solventes e alterações auditivas ainda é pouco estudada. É frequente a presença de ruído em ambientes de trabalho onde ocorre exposição quer a vibrações, quer a solventes. Por isso as alterações auditivas encontradas são, na maioria das vezes, atribuídas ao ruído, sem maiores cuidados na investigação de outros fatores.

O ruído, que é essencialmente qualquer som indesejável, não é um perigo novo nem desconhecido. O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas extra-auditivas (Miguel, 2010). Na verdade, a perda auditiva induzida pelo ruído foi observada ao longo dos séculos. Antes da revolução industrial, no entanto, relativamente poucos trabalhadores estavam expostos a níveis elevados de ruído no seu local de trabalho. O advento da máquina a vapor, conjuntamente com a revolução industrial virou a atenção geral para o ruído, passando a vê-lo como uma fonte de riscos ocupacionais como a surdez ou o *stress*. A perda auditiva induzida por ruído é causada pela exposição a níveis sonoros elevados ou com longa duração, provocando danos às células ciliadas da cóclea. Inicialmente, a exposição ao ruído pode causar uma mudança temporária do limiar de audição, ou seja, uma diminuição da sensibilidade auditiva, a qual, normalmente, retorna ao seu antigo nível em poucos minutos a algumas horas. No entanto, a exposição repetida pode levar a uma mudança permanente do limiar de audição, o que significa uma perda auditiva irreversível.

O ruído pode também ser um fator que contribui para os acidentes industriais (Cohen, 1976). A exposição ocupacional ao ruído é quase onipresente neste setor industrial (Sensogut C. , 2007). Ela é gerada nas operações de perfuração, corte, manuseio de materiais, ventilação (quando aplicável), carga, transporte e transformação (britagem) (Donoghue, 2004).

Atualmente, devido às melhorias a nível tecnológico, através de uma maior eficiência energética, maior produtividade do trabalho, métodos de produção contínua e flexibilidade operacional, a mecanização tem vindo a aumentar e a ser empregue nas diferentes operações do processo produtivo. No entanto, paralelamente com esta melhoria, as fontes de ruído, bem como o ruído ambiente gerado para o exterior tem apresentado um aumento significativo. Trabalhos realizados com a finalidade de aumentar a produtividade têm apontado para a necessidade de utilizar máquinas mais potentes que mesmo em paralelo com melhorias na tecnologia de conceção, originam um aumento dos níveis de ruído (Sensogut C. , 2007) produzidos pelos equipamentos, mas que não resultam em exposição direta dos trabalhadores que se encontram sob proteção de medidas coletivas, como é o caso das cabines.

Comparando os níveis de exposição ao ruído encontrados na indústria mineira com outros setores (aeroportos, maquinaria florestal, indústria cimenteira, fundições, indústria têxtil, indústria de impressão, metalomecânica e casas de máquinas de navios), verifica-se que os níveis de ruído são apenas inferiores ao ruído provocado pelos motores a jato dos aviões nos aeroportos (Sensogut C. , 2007), advindo desse facto a importância dada à investigação em torno do impacto dos elevados níveis de exposição ao ruído encontrados na indústria mineira. Os níveis sonoros resultantes das atividades de extração (perfurações, explosões, escavações, carga e transporte) que ocorrem quer em explorações subterrâneas, quer em explorações a céu aberto, apresentam-se relevantes quando a preocupação é a saúde e performance no trabalho, uma vez que a perda auditiva permanente ou temporária dos mineiros corresponde à mais alta taxa de doenças e lesões nesta indústria (Sensogut C. , 2007).

Num estudo realizado entre 1995 e 2000, em Portugal na indústria mineira a céu aberto e nos seus principais processos produtivos, (Matos M. L., 2001), foram avaliados e caracterizados os níveis de ruído de 253 postos de trabalho em 34 pedreiras. Analisados os resultados, verificou-se que a operação de perfuração era a que apresentava maior percentagem de trabalhadores expostos a níveis de ruídos superiores a 90 dB(A), seguida da operação de beneficiação/transformação com cerca de 26,5% dos postos de trabalho também expostos a níveis de ruídos superiores a 90 dB(A). No mesmo trabalho, verificou-se que as operações de carga e transporte eram as que possuíam uma percentagem menor de postos de trabalho sujeita a níveis elevados de ruído. Independentemente das tarefas a desenvolver e dos equipamentos utilizados, os resultados da exposição dos trabalhadores ao ruído variam na dependência de diversos fatores, como sejam, aspetos individuais de cada trabalhador, intensidade e tempo de exposição ao risco (Sensogut C. , 2007).

A metodologia de recolha de dados e respetivos resultados apresentados nas pesquisas efetuadas encontra-se de uma forma resumida na Tabela 20. São utilizados maioritariamente sonómetros, noutros casos dosímetros, e em alguns são usados os dois equipamentos.

Também fruto da pesquisa bibliográfica e de modo a complementar a Tabela 20, Costa e Arezes (2012), concluem, que muitos dos artigos e trabalhos publicados sobre a avaliação da exposição ao ruído ocupacional, apresentam resultados que não incluem dois dos dados mais úteis em termos de qualificação dos mesmos do ponto de vista metodológico: a rastreabilidade dos dados e a incerteza das medições. Sem eles, os resultados desses artigos sofrem de algum défice de qualidade e não serão fiáveis não podendo ser comparados com outros resultados.

Tabela 20 - Metodologia de recolha de dados.

Autor/Ano	RECOLHA DE DADOS DO POSTO DE TRABALHO						
	Equipamento medição	Método e parâmetro de recolha	Tipo de resultados	Norma / ano	VLE	VAI ou VAS	Gama de frequências
(Suter, 2002)	Dosímetro.	L_{Aeq} .	L_{eq} , Dose e $L_{EX,8h}$ com intervalos com DP sem INC.	Comparação das normas Americanas e Europeias.	Sim, sem INC	Sim, sem INC	--
(Fernández, Quintana, Chavarría, & Ballesteros, 2009)	Sonómetro Integrador Classe 1. Dosímetro Classe 2. e respetiva configuração. Define o Calibrador.	L_{Aeq} e L_{Cpeak} e $L_{EX,8h}$	L_{Aeq} e L_{Cpeak}	ISO 1999:1990; ISO 9612:1997*	--	--	--
(Picard, Girard, Simard, Larocque, & Turcotte, 2008)	Sonómetro Tipo 2.	L_{eq} , L_{ex} e $L_{Aeq, 8h}$	Índices de acidentes	Específicas e ISO	--	--	--
(Edwards, Dekker, Franz, & van Dyk, 2011)	Dosímetro.	Com metodologia de recolha. Parâmetro medido L_{eq} e Dose.	L_{eq} em intervalos com DP sem INC.	--	Sim, sem INC.	Sim, sem INC	--
(Bauer, Daniel, & Viperman, 2006)	Sonómetros e Dosímetros.	Com metodologias de recolha de dados e respetiva programação.	L_{eq} em intervalos sem INC.	--	Sim, sem INC.	--	Frequências em 1/3 de oitavas.
(Ferreira & Guerreiro, 2010)	Sonómetro.	Com metodologia de recolha. Parâmetro medido L_{eq} intervalo.	L_{eq} em intervalos sem INC.	Sim.	Sim, sem INC.	Sim, sem INC.	Sim.
(Sensogut C. , 2007)	Sonómetro Tipo 2.	Com metodologia de recolha. Parâmetro medido L_{eq} .	L_{eq} em intervalos com DP sem INC.	--	--	--	--
(Cinar & Sensogut, 2013)	Sonómetro.	Parâmetro medido L_{Aeq} .	L_{eq} sem INC.	--	--	--	--
(Ferreira C. , 2011)	Sonómetro Classe I com respetiva programação.	Sim. L_{Aeq} , $L_{EX,8h}$.	$L_{EX,8h}$ com INC.	NP EN ISO 9612:2011	--	--	--
(Sensogut & Cinar, 2007)	Sonómetro Tipo 2.	Com metodologia de recolha. Parâmetro medido L_{eq} .	L_{eq} sem INC.	--	--	--	--
(Davies, Teschke, Kennedy, & Hodgson, 2009)	Dosímetros e Sonómetros de Vários modelos e tipologias.	Com metodologia de recolha.	L_{eq} com intervalo e DP. Dose com intervalo e DP	--	--	--	Sim.
(Pandey, Thote, & Singh, 2011)	Sonómetro.	Com metodologia de recolha de dados.	TWA (L_{eq})	Normas locais.	VLE sem INC.	Sim, sem INC.	--
(Mohapatra & Goswami, 2012)	Sonómetro.	Com metodologia de recolha. Parâmetro medido L_{eq} .	L_{eq} sem INC.	--	Sim, sem INC.	--	--
(Joy & Middendorf, 2007)	Dosímetros.	Parâmetro medido Dose.	Dose sem INC.	Sim. Americanas.	TWA sem INC	PEL	--

DP – Desvio padrão; INC. – Incerteza; TWA - Time Weighted Average; PEL - Permissible exposure limite; *tem correspondência NP EN ISO 9612:2011 (NPENISO9612, 2011); ISO 1999:1990 – tem correspondência com ISO 1999:2013 (ISO1999a), 2013)

As medidas que devem ser impostas, de modo a alcançar resultados de qualidade independentemente da estratégia utilizada são: apresentar sempre a metodologia de avaliação, os resultados "brutos" obtidos (anteriores à análise estatística e respetivas correções) e as incertezas de medição correspondentes (Costa & Arezes, 2012).

De entre a totalidade dos autores analisados na pesquisa efetuada verificou-se que apenas um (Ferreira C. , 2011), na Dissertação para obtenção de grau de Mestre, faz referência a valores de $L_{EX,8h}$ com o cálculo da incerteza da medição.

Embora o número de operadores avaliados, assim como os equipamentos, variem muito, dependendo das possibilidades e disponibilidades das empresas onde são realizados os trabalhos de recolha de dados, um dos parâmetros a que deve ser dada grande importância, é o tempo de medição das tarefas, que deve ser representativo e cobrir toda a gama de ruídos a que os operadores estão sujeitos (Fernández, Quintana, Chavarría, & Ballesteros, 2009). Para que a avaliação de um posto de trabalho seja feita de um modo mais completo e correto, para além da utilização de um equipamento de medição adequado, é habitual fazer-se em simultâneo, a observação e registo da tarefa anotando o respetivo tempo de duração (Bauer, Daniel, & Vipperman, 2006). Como resultado final da avaliação, para além de todos os dados referidos, estes, podem ser acompanhados de fotografias do operador e respetivo veículo/equipamento, descrição pormenorizada das tarefas e dados pessoais/antropométricos dos operadores (Fernández, Quintana, Chavarría, & Ballesteros, 2009).

Com base no facto de o setor da construção civil ter vários pontos em comum com o setor extrativo e que o maior deles é a utilização de equipamento/veículos pesados para tarefas de escavação e movimentação de terras, foram durante a pesquisa, muitas vezes encontrados e aceites como válidos artigos referentes ao setor da construção civil. Fernández e et al (2009), avaliou o ruído em algumas atividades, de entre as quais se destacam as comuns ao setor extrativo a céu aberto, alvo na investigação em curso, como sejam a escavação e movimentação de terra e as tarefas auxiliares de carga e descarga. Foram efetuadas oito medições para a tarefa de escavação e movimentação de terra e apenas uma medição para a tarefa de carga e descarga, sendo respetivamente os valores máximos de L_{eq} de 85.5 (>VAI - Valor de Ação Inferior) dB(A) e 99,3 dB(A) (>VLE – Valor Limite de Exposição) e os valores de L_{Pico} foram 147,7 dB(C) (>VLE) e 122,4 dB(C) (<VAI), respetivamente. Salienta-se que das oito medições para a tarefa de escavação e movimentação de terra, aproximadamente 40% estão acima do VAI mas abaixo do VAS (Valor de Ação Superior) em termos de L_{Aeq} , e que 50% estão acima do VLE para L_{Pico} . (Suter, 2002), no mesmo setor industrial, faz no seu artigo referência a resultados obtidos por outros autores a níveis de ruído em equipamentos utilizados na construção, entre eles equipamentos vulgarmente utilizados nas pedreiras, pás carregadoras, e que apresentam valores de L_{eq} de 94 dB(A), com gamas entre os 87 e os 100 dB(A) e pás escavadoras com valores de L_{eq} de 88 dB(A), com gamas entre os 80 e 93 dB(A).

De outros autores, que avaliaram ruído em diversas minas, quer com exploração subterrânea quer a céu aberto, é possível ver resumido na Tabela 21 os valores obtidos para alguns dos equipamentos avaliados.

Numa perspetiva de análise global, os trabalhadores estão expostos a ruído ocupacional na gama de 63,9 dB(A) aos 113,5 dB(A), sendo que 73,2% estão expostos a ruído acima dos 85 dB(A), correspondente ao VAS (Edwards, Dekker, Franz, & van Dyk, 2011). Cinar e Sensogut (2013), fizeram medições de ruído em alguns equipamentos presentes em minas, nomeadamente em 2 escavadoras giratórias com martelo hidráulico, uma marca *Komatsu* PC450LC e outra de marca *Daewoo* 290, em que os operadores dos equipamentos atribuíram graus de desconforto durante o trabalho de 1 e 3, respetivamente, numa escala de 0 a 5.

Tabela 21 - Valores médios de L_{Aeq}

Autor/Ano	Pá Carregadora	Dumper	Pá Escavadora	Pá Giratória com martelo hidráulico
(Edwards, Dekker, Franz, & van Dyk, 2011)	90 dB(A)	90 dB(A)	88 dB(A)	87 dB(A)
(Sensogut C. , 2007)	--	99-100 dB(A) descarga; 83-84 dB(A) durante a viagem com vidros fechados	73-74 dB(A) dentro da cabine e de janela fechada 83-84 dB(A) com o vidro aberto	91-92 dB(A)
(Cinar & Sensogut, 2013)	--	--	--	Komatsu PC450LC 73,6 dB(A) Daewoo 290 85,1 dB(A)

Num “*Case Study*” sobre o desenvolvimento de um modelo empírico de propagação do ruído em minas a céu aberto na Turquia, Sensogut e Cinar (2007) estudaram três equipamentos distintos, Pás Carregadoras de Rastos, *Dumpers* e Carros de Perfuração. No caso do *Dumper*, foram avaliadas duas situações distintas de exposição do operador ao ruído, com a janela aberta e com a janela fechada. Os níveis de pressão sonora, em dB(A), aos quais os operadores/condutores se encontravam expostos durante o tempo total de um ciclo de deslocação podem ser analisados na Tabela 22. Nesse estudo, verificou-se que os níveis de pressão sonora contínuo equivalente a que os operadores de *Dumpers* estão expostos durante um ciclo de atividade completo são de 89,2 dB(A) com a janela aberta e 73,3 dB(A) com a janela fechada (Sensogut & Cinar, 2007).

Tabela 22 - Níveis de ruído, em dB(A), a que estão expostos os operadores de *Dumpers*.

Posição	Tempo médio (s)	Janela fechada	Janela aberta
Parado	51	66,0	85,5
Manobra ao lado da Pá	48	72,3	89,7
Parado ao lado da Pá	111	70,3	82,8
Carga	138	72,5	86,1
Transporte com carga	82	77,1	95,7
Manobras	36	74,0	90,8
Descarga	30	76,0	94,2
Transporte vazio	98	77,8	94,7
Nível de ruído equivalente para um ciclo (L_{eq})		73,3	89,2

(Sensogut & Cinar, 2007)

A bibliografia encontrada, contendo avaliações feitas em equipamento de perfuração foi escassa. Nos poucos trabalhos que lhes fazem referência, não é grande a exatidão relativamente à tipologia e à sua caracterização. (Phillips, Heyns, & Nelson, 2007), fizeram um levantamento de níveis de ruído em três carros de perfuração manuais (hidráulico, pneumático e elétrico) e um carro de perfuração automotor de modo a poder compará-los entre si. Ao comparar os níveis de ruído obtidos, verificaram que o carro de perfuração menos ruidoso é o carro de perfuração automotor que apresentava um L_{eq} de 86,1 dB(A), seguido do carro de perfuração elétrico, com L_{eq} de 94,7 dB(A). No carro de perfuração hidráulico obteve-se um L_{eq} de 103,4 dB(A), sendo que o mais ruidoso foi o pneumático, com um L_{eq} de 103,8 dB(A) com isolamento e L_{eq} de 107,9 dB(A) em condições normais. Na Tabela 23 apresentam-se os resultados de uma avaliação feita por (Ferreira & Guerreiro, 2010) com os intervalos de níveis de ruído encontrados nas etapas mais relevantes do processo produtivo das atividades de pedreiras a céu aberto.

Num estudo publicado recentemente por Mohapatra e Goswami num trabalho de 2012 (Mohapatra & Goswami, 2012), realizado na Índia, e que teve como objetivo avaliar o nível de ruído em várias explorações de carvão a céu aberto, identificaram-se os níveis de ruído a que estão expostos os operadores de vários equipamentos pesados utilizados nesta atividade. Na Tabela 24, expressam-se os resultados obtidos neste estudo para a Pá Carregadora e na Tabela 25 apresentam-se os resultados para o *Dumper*.

Tabela 23 - Níveis de ruído típicos de atividade em indústria extrativa.

Atividades	Níveis de ruído Típicos
Desmatção e Decapagem	65 – 85 dB (*)
Perfuração	85 – 100 dB (*)
Detonação dos explosivos	70 – 140 dB (**)
Remoção	65 – 85 dB (*)
Beneficiação	85 – 100 dB (*)
Expedição	65 – 85 dB (*)

(Ferreira & Guerreiro, 2010)

* Os níveis de ruído foram captados junto do equipamento, fora da cabine;

** Os níveis de ruído foram captados a cerca de 20 metros da fonte (pega de fogo).

Tabela 24 - Níveis de ruído em dB(A) em Pás Carregadoras.

Condições de operação	Mínimo	Máximo	Média	L_{eq}
Parado	85,4	89,2	$87,075 \pm 1,66$	86,45
Cabine com porta aberta	82,2	88,4	$85,525 \pm 2,875$	84,5
Cabine com porta fechada	78,4	80,2	$79,375 \pm 0,767$	79,33
Cabine com porta aberta	86,4	89,8	$88,05 \pm 1,502$	87,8
Cabine com porta fechada	79,2	82,7	$80,95 \pm 1,524$	81,7
Cabine com porta aberta	89,2	91,5	$90,55 \pm 1,034$	90,34
Cabine com porta fechada	80,2	85,4	$83,35 \pm 2,288$	83,7
Com Dumper a 2,5m de distância	92,0	94,2	$93,325 \pm 0,956$	93,13

(Mohapatra & Goswami, 2012).

Durante as medições foram tidas em linha de conta, entre outras, as seguintes condições de operação: porta da cabine na situação de aberta ou fechada; operação de deslocação carregado e a operação de descarga.

Tabela 25 - Níveis de ruído em *Dumpers* com capacidade de 30 e 50 ton.

Condições de operação	Mínimo	Máximo	Média	Leq	Mínimo	Máximo	Média	Leq
	<i>Dumper com capacidade de 50 Ton</i>				<i>Dumper com capacidade de 30 Ton</i>			
Parado	82,4	84,3	83,475±0,853	83,63	83,7	86,5	84,974±1,187	84,5
Transporte com carga	86,5	88,6	87,55±0,903	87,62	90,6	92,2	91,4±0,73	91
Transporte	87,9	90,4	89±1,128	89,35	89,8	94,3	92,425±1,95	91,9
Descarga	90,5	93,4	91,92±1,281	91,37	91,6	94,7	93,05±1,377	93,6

(Mohapatra & Goswami, 2012).

Relativamente às Pás Carregadoras e comparando os resultados obtidos pelos diferentes autores com os valores admissíveis em Portugal, verifica-se que na situação da cabine com a porta fechada (a mesma condição avaliada na recolha de dados para esta tese) apresenta níveis entre 79,3 dB(A) e 83,7 dB(A) (valor abaixo do Valor de Ação Superior (VAS) de 85 dB(A)) (Mohapatra & Goswami, 2012). Contudo, caso o operador realizasse o seu trabalho com a porta aberta teria de usar proteção auditiva individual (PAI). No caso das avaliações realizadas no *Dumper*, o valor mais elevado é obtido na operação de descarga, apresentando um nível de 93,6 dB(A) que ultrapassa o Valor Limite de Exposição (VLE), previsto no legislação portuguesa.

No trabalho desenvolvido numa pedreira do norte de Portugal (Ferreira C. , 2011), cujo objetivo era avaliar a exposição ao ruído dentro de cabines de *Dumpers* e Pás Carregadoras de pneus, ao longo de dias típicos de trabalho com práticas normais por parte dos operadores, a autora, obteve valores dentro dos limites legais. O trabalho era efetuado sempre com as janelas das cabines fechadas.

Pandey e et al (2011), desenvolveram um modelo estatístico para a previsão da exposição ao ruído de operadores de máquinas utilizadas nas minas de carvão subterrâneas, a nível do tratamento de dados. Nesse modelo consideraram a idade da máquina como uma variável que está diretamente relacionada com o aumento da exposição ao ruído. A metodologia utilizada, para desenvolver o modelo estatístico socorreu-se da análise de regressão de dados obtidos através de um dosímetro (equação polinomial de 5ª ordem) (Pandey, Thote, & Singh, 2011).

Embora se verifique na Indústria Extrativa um progresso no controlo e avaliação de riscos para a saúde, ainda há muito espaço de manobra para a sua redução, aplicando-se estes princípios especialmente a riscos de lesões traumáticas, riscos ergonómicos e de exposição ocupacional ao ruído. Quanto à relação entre o ruído e as variáveis do processo produtivo na indústria extrativa a céu aberto, os autores concluem que o ruído durante o exercício de uma atividade profissional pode ser causa de perda de audição, pelo que o seu controlo e posterior redução assumem importância geral e crescente, tendo em vista a saúde dos trabalhadores. Nesta linha, defendem a importância do estabelecimento de metodologias que quando implementadas, conduzam a uma significativa redução dos níveis de ruído existentes e, consequentemente a uma melhoria das condições de trabalho (Matos, Baptista, & Diogo, 2011).

Exposição combinada: ruído e substância Ototóxicas

Contudo o ruído não é o único fator de *stress* no local de trabalho passível de ter impacte na audição. Aliada ao ruído, a vibração poderá ter um efeito sinérgico negativo no sistema auditivo. Certos agentes químicos, definidos como ototóxicos, causam, também, danos no sistema auditivo. Entre os presentes no ambiente ocupacional típico da atividade extrativa, podem estar os solventes, o monóxido de carbono entre outros, tornando imperativa a preocupação com a exposição combinada. De acordo com as publicações da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, a exposição simultânea ao ruído e às substâncias ototóxicas foi considerada como um risco emergente (OSHAa, 2009).

As exposições combinadas a ruído e a outros agentes físicos ou químicos (por exemplo, a vibração, solventes orgânicos, monóxido de carbono, drogas ototóxicas, alguns metais, poeiras), parecem ter efeitos sinérgicos sobre a perda auditiva (Hamernik & Henderson, 1976). Em diversos ambientes industriais encontram-se agentes químicos, definidos como ototóxicos, que afetam o sistema auditivo, entre os quais, solventes, asfixiantes e metais. A informação existente atualmente sobre este tema, indicia que, os trabalhadores expostos a substâncias ototóxicas e a níveis de ruído elevados correm mais riscos de vir a ter problemas de audição, do que os trabalhadores expostos ao ruído ou a estas substâncias separadamente (Santos & Campos, 2013).

2.1.3 Poeiras Ocupacionais

Deste modo e apresentada a metodologia global para a pesquisa, a aplicação ao tema Poeiras Ocupacionais desenvolveu-se através do conjunto formado entre o termo permanente “*Occupational Dusts*”, “*Occupational Silica*” ou “*Particulate matter/effect*” a funcionar como 1ª palavra-chave e como 2ª palavra-chave “*Extractive Industry*”, sendo pesquisados em todos os campos de pesquisa disponíveis. De modo a refinar a pesquisa foram introduzidas diferentes palavras-chave “*Opencast mining industry*”, “*Open pit mining industry*”, “*Quarry*”, “*Equipment quarry rock*”, “*drilling equipment*”, “*transportation equipment in extractive industry*”. Na tentativa de continuar a restringir a pesquisa, em qualquer uma destas buscas foi também utilizada outra estratégia de refinação através da possibilidade de pesquisar artigos publicados dentro de intervalos de “*Datas*”. Deste modo e após refinação adequada e feita a seleção a partir das palavras chave acima enunciadas, construiu-se uma base de dados, sendo os artigos agrupados em áreas de interesse baseadas nos objetivos do estudo.

Para além dos critérios de inclusão comuns já enumerados, para este tema utilizou-se como critério de seleção dos artigos o facto de estes se situarem na área exclusiva das poeiras ocupacionais, das poeiras respiráveis, poeiras totais mas ocupacionais e poeiras respiráveis com teores e concentração em sílica cristalina ou sílica livre. Outro critério que pesou na inclusão dos artigos foi a população na qual se desenvolvia o estudo que era preferencialmente a da indústria extrativa a céu aberto ou mineira e as metodologias quer de

amostragem em campo bem como de análise laboratorial ser plausível de comparação com as metodologias que se pensa vir a aplicar aos dados deste trabalho.

Os critérios de elegibilidade dos artigos enunciado acima e aplicados a esta temática foram:

- data de publicação: excluem-se artigos que foram publicados antes de 1995 (definiu-se esta década pelo facto de se ter revelado muito produtiva e abranger muitos artigos específicos deste tipo de indústria);
- tema (pertinência para o objetivo da revisão): excluíram-se artigos que não abordavam poeiras ocupacionais na indústria extrativa e ainda artigos focados em estudos epidemiológicos (medicina) que estabelecem um nexo de causalidade entre as poeiras ocupacionais e as doenças profissionais.

Na Figura 7 é apresentado o diagrama PRISMA, onde se expressa, em números, o resultado da revisão sistemática realizada.

Dos resultados obtidos, foram selecionados 42 artigos que se apresentaram relevantes para o tema e que se apresentaram válidos pela evidência do seu rigor científico e cujos dados/observações se mostravam devidamente sustentados ou validados. Posteriormente, o processo de triagem dos artigos científicos que surgiram das diversas buscas, foi feito, na grande maioria das situações, com base na informação que o resumo fornecia e em algumas situações, quando ao artigo se revelava de maior importância, através do acesso ao artigo na íntegra, obtendo deste modo a informação mais detalhada e completa. Assim do total de 3466 artigos, encontraram-se 224 repetidos; 17 desses artigos foram excluídos pela língua, por não se encontrarem redigidos em português ou inglês; 2370 artigos foram excluídos por não estarem disponíveis em formato de *full-text* acessível; 179 artigos foram excluídos pelo facto de o ano de publicação, ser anterior a 1995. Foram excluídos 634 artigos por não serem pertinentes para o objetivo da revisão.

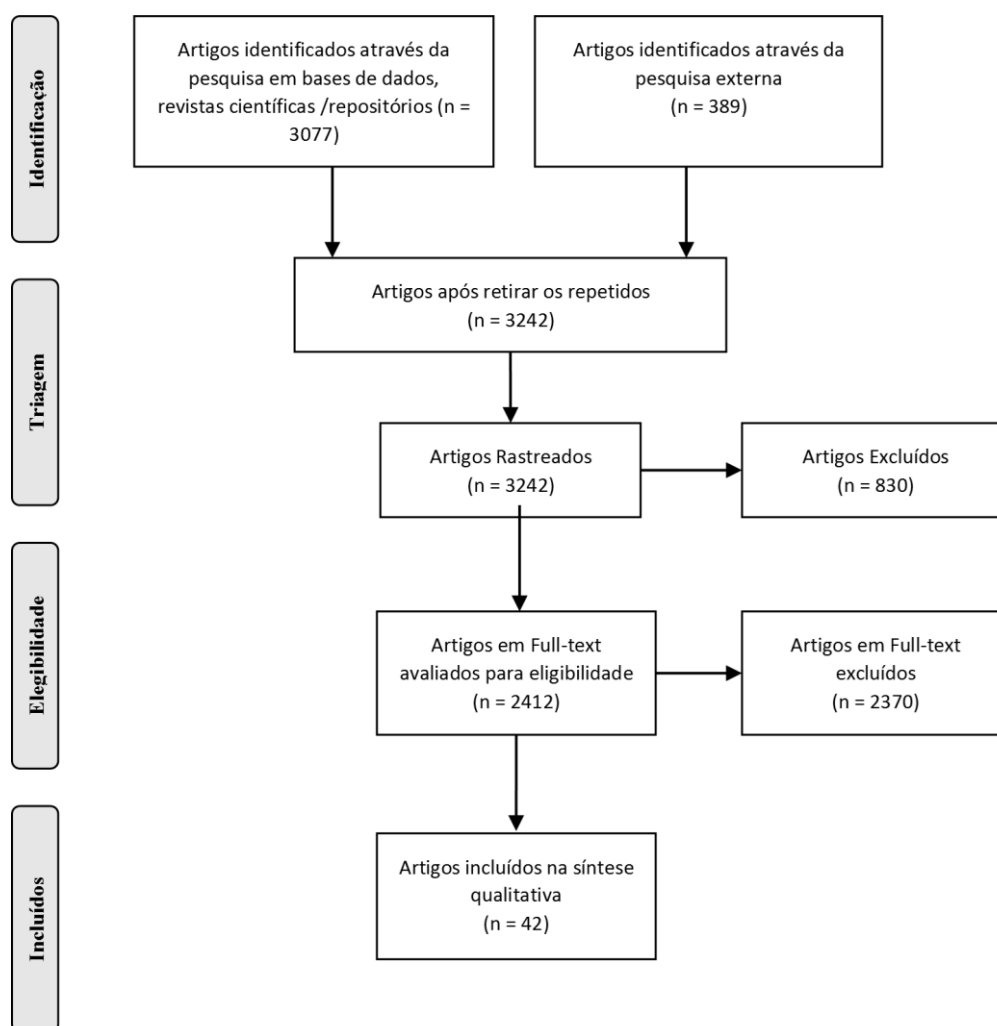


Figura 7 - Diagrama PRISMA da pesquisa realizada sobre Poeiras.

Características da substância - Poeira respirável de sílica cristalina

São vários os fatores preponderantes para determinar o grau de nocividade de um empoeiramento. Por um lado, as especificidades do trabalho efetuado, como seja por exemplo a intensidade do esforço desempenhado pelo trabalhador, podendo-se tratar de um trabalho leve, moderado ou pesado, revelando-se logo na quantidade de ar inspirado, por outro lado, as características do indivíduo exposto. Um dos fatores de maior preponderância são as características físicas das partículas, tais como sejam o tamanho, dureza do material constituinte e contorno exterior, o qual pode ou não possuir arestas vivas. Na avaliação das propriedades químicas dos contaminantes deve tomar-se em conta a composição química do contaminante, de modo a determinar o seu perfil toxicológico bem como a sua ação e efeitos no indivíduo exposto. Para além destes fatores a quantidade de partículas no ar inalado e tempo de exposição do trabalhador, contribui para o menor ou maior grau de nocividade do empoeiramento. Relativamente à sensibilidade individual dos indivíduos em situação de exposição a contaminantes, esta é variável de pessoa para pessoa.

A Sílica constitui um grupo mineral que é composto por silício e oxigénio com a fórmula química SiO_2 . O estado cristalino é o mais comum em que se apresenta, embora também

possa aparecer no estado amorfo. Algumas das suas características são: a rigidez, o facto de ser quimicamente inerte e de ter um elevado ponto de fusão, (Sanderson, Steenland, & Deddens, 2000), (Maciejewska, 2008). As três formas mais importantes da sílica cristalina, do ponto de vista da saúde ocupacional são o quartzo, a tridimite e a cristobalite, contudo, o quartzo representa a forma mais comum. Estas três formas de sílica também são chamadas de sílica livre ou sílica não combinada, para distingui-las dos demais silicatos.

Assim, e tendo em conta que a pesquisa teve como alvo principal a poeira ocupacional, todos os artigos pesquisados têm um denominador comum, em que a exposição a poeiras de sílica se revela como a mais frequente e perigosa na indústria extrativa a céu aberto. Pelo facto de as alusões feitas ao longo deste trabalho, serem formuladas de uma forma mais ou menos generalista a poeiras de sílica, parte-se do pressuposto que estas se referem a poeiras de granulometria respirável de sílica cristalina, na sua forma básica de quartzo α , que é a forma tóxica mais abundante de sílica.

De entre estas, a componente mais amplamente reconhecida como perigosa, são as partículas de sílica cristalina que, por exposição excessiva podem causar graves problemas respiratórios ou mesmo silicose (Orme, 1998), sendo considerada agente carcinogénico de classe 1, facto confirmado no estudo de Peretz e Checkoway (2006) e já antes estudado pelo grupo de trabalho liderado por Donaldson (Donaldson & Borm, 1998) que, no entanto, observou que a carcinogenicidade para os seres humanos não foi detectada em todas as circunstâncias industriais, verificando-se que esta pode estar dependente de características inerentes à própria sílica cristalina ou a factores externos que afectam a sua actividade biológica. Também Demircigil e Scarselli, nos seus estudos (Demircigil, 2010), (Scarselli A. , Binazzi, Forastiere, Cavariani, & Marinaccio, 2011), respectivamente na Turquia e em Itália, concluem que as actividades de desmonte, britagem, moagem entre outras, são consideradas de alto risco de exposição, especialmente em países em desenvolvimento, em que a sensibilização para este problema é menor. Mikolajczyk (2010), no estudo que realizou em minas de carvão a céu aberto na Polónia, conclui que a exposição a poeiras de sílica continua a ser o maior problema da higiene industrial e da medicina ocupacional naquele país (Mikolajczyk, 2010). Ao tratar de sílica cristalina, foca-se em especial o quartzo, porque é o mais abundante dos minerais de superfície, com um valor aproximado de quase 20 por cento na crosta terrestre (Madsen & Rose, 1995), e como tal, é um importante elemento de todos os tipos de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, bem como dos solos. Como é um elemento tão abundante, está presente em quase todas as operações de mineração. Nestas condições a sílica cristalina respirável poderá estar presente no ar do ambiente ocupacional e representa a fração que maior preocupação proporciona devido às suas consequências para a saúde (Ehrlich, Noll, Wusterhausen, Kalkoff, & Lehmann, 2012), (Maciejewska, 2008).

**Setores de atividade onde pode ocorrer exposição ocupacional a sílica livre cristalina.
Local de Exposição – postos e equipamentos de trabalho.**

A exposição ocupacional a poeiras de sílica cristalina em granulometria respirável pode ocorrer em diversos locais de trabalho nomeadamente na agricultura, minas e pedreiras, construção civil, indústria da fundição, do vidro, incluindo fibras de vidro, do cimento, da cerâmica, entre muitas outras atividades (Scarselli A. , Binazzi, Forastiere, Cavariani, & Marinaccio, 2011). São muito diversas as proveniências da sílica cristalina livre, podendo variar entre valores de 30% nos granitos, até 40% na ardósia, entre 40 a 60% no xisto, superiores a 90% na areia e arenito de natureza siliciosa, superiores a 95% no quartzito, entre outros minerais (NEPSI, 2006).

Outra das áreas de pesquisa que reúne o consenso de muitos autores é o local de exposição a poeiras – postos e equipamento de trabalho, zonas circundantes à pedreira, metodologias de recolha de amostras, relação entre a quantidade recolhida e os limites definidos em cada país.

Conforme definição da Organização Internacional de Normalização (ISO), poeira é um termo genérico usado para descrever partículas finas que se encontram suspensas na atmosfera do local de trabalho. Também, segundo o British Standard Institute (BSI), poeira é definida como pequenas partículas sólidas, convencionalmente com diâmetro inferior a 75 µm, que podem permanecer suspensas no ar por algum tempo. As poeiras podem ser classificadas mediante o efeito que provocam ao meio ambiente, à saúde ocupacional dos trabalhadores expostos e os efeitos fisiológicos nos trabalhadores. Assim a Figura 8, de um modo resumido, apresenta esta classificação das poeiras.

Na indústria extrativa em particular, são vários os processos que produzem partículas finas que podem resultar na exposição à sílica cristalina respirável, de entre os quais se destacam a extração, através das poeiras transportadas pelo vento, das explosões, da terraplanagem, do movimento de equipamentos com função de transporte, dos carregamentos/descargas, da perfuração, entre outros; a britagem e moagem, principalmente através dos processos por via seca; o armazenamento, nomeadamente no que respeita a poeiras transportadas pelo vento quando o mesmo se realiza em *stock* a céu aberto e não em silos fechados e devido ao movimento de veículos em torno do armazenamento; o carregamento e transporte, (Petavratzi, Kingman, & Lowndes, 2005), (NEPSI, 2006). No que se refere aos equipamentos transportadores, estes podem representar um contributo importante para a propagação de poeiras. Diversos camiões podem transportar diariamente cargas ao longo de grandes distâncias, passando por localidades onde existe um elevado número de casas situadas perto da estrada, podendo ser diretamente afetadas, devido à perda de material através de falhas nas coberturas quando sujeitas a altas velocidades, fricção dos pneus, entre outros (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012).



Figura 8 - Classificação das poeiras.

Adaptado de (Petavratzi, Kingman, & Lowndes, 2005)

Definição do VLE – Valor Limite de Exposição

Golbabaie e a sua equipa (Golbabaie, Barghi, & Sakhaei, 2004), num trabalho realizado no Irão, estudaram 5 atividades ou postos de trabalho, que incluíam: martelo perfurador manual, carro de perfuração vertical e horizontal, máquina de corte e pá carregadora, numa pedreira de mármore localizada no nordeste. As amostras de poeira (total e respirável) foram analisadas quanto ao teor de quartzo- α , sendo utilizado o método analítico de Difração de raios X (DXR). Os resultados mostraram que os operadores de martelos perfuradores manuais estavam expostos a maiores quantidades, quer de poeira total, quer respirável: $107,9 \pm 8,0 \text{ mg.m}^{-3}$, $11,2 \pm 0,77 \text{ mg.m}^{-3}$, respetivamente, enquanto os trabalhadores da máquina de corte tinham a menor exposição ($9,3 \pm 3,0 \text{ mg.m}^{-3}$, $1,8 \pm 0,82 \text{ mg.m}^{-3}$). A prevalência de doenças de pele e sinais respiratórios incluindo tosse, catarro e doenças alérgicas foram maiores nos trabalhadores do martelo de perfuração, no entanto, os sintomas respiratórios não apresentaram uma prevalência significativa. Também Bahrami (Bahrami, et al., 2008), relata as metodologias de amostragem e analíticas de estudos em pedreiras de quartzo e encontra valores de exposição que ultrapassam os VLE (Valor Limite de Exposição).

Um dos requisitos obrigatórios referidos na legislação ou normalização da generalidade dos países, incluindo os Estados Unidos da América e Europa e por inerência Portugal, na área de segurança e higiene ocupacionais, é a avaliação da exposição profissional dos trabalhadores aos agentes químicos no ambiente de trabalho. A avaliação da exposição profissional dos trabalhadores a esses agentes, consiste na determinação da sua concentração no ar dos locais de trabalho através de metodologias e equipamentos, indicados em normas, e a sua posterior comparação com valores de referência que representam níveis de exposição aceitáveis. Estes valores são estudados e propostos por entidades governamentais dos Estados Unidos, como a NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health* e a ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* e introduzidos na normalização Europeia através de normas ISO, que são transpostas para o sistema de normalização de cada país

membro. Alguns dos métodos utilizados para a amostragem, determinação de poeiras respiráveis e totais em suspensão, bem como para a determinação, de sílica cristalina da responsabilidade da NIOSH (USA) e da MDHS/HSE - *Methods for the Determination of Hazardous Substances / Health and Safety Executive* (UK), são apresentados na Tabela 26.

Scarselli, (Scarselli, Binazzi, & Marinaccio, 2008), estima que são necessárias aproximadamente 10-15 anos de exposição ocupacional para se dar o aparecimento da silicose e que a probabilidade de desenvolver a doença, em trabalhadores expostos durante 20 anos, a concentrações de sílica de cerca de $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$ é de 5-10%. Estipulou-se este nível como o VLE (Valor limite de Exposição) permitido para 8 horas de exposição, definido pela OSHA para sílica cristalina respirável nos Estados Unidos. Recentemente, a ACGIH reduziu o VLE permitido de 8 horas de exposição de trabalho para $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$.

Seguindo os valores mais recentes definidos pela ACGIH, em Portugal, recomenda-se que para valores de referência se utilizem os VLE definidos na Norma Portuguesa 1796:2007 (NP1796, 2007). Medir a concentração dos agentes químicos e comparar com os valores limite de exposição (VLE) estabelecidos é uma das formas para se proceder a essa avaliação (Matos, Santos, & Barbosa, 2010). Esta norma estabelece os VLE e define-os como sendo a concentração de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde. Esses VLE são estabelecidos para uso na prática da Higiene do Trabalho e constituem apenas linhas orientadoras ou recomendações no controlo dos riscos potenciais para a saúde nos locais de trabalho, tendo em atenção que os níveis de contaminação devem ser sempre os mais baixos possíveis. O parâmetro normalmente utilizado como comparativo com os valores obtidos nas recolhas efetuadas é o Valor limite de exposição - média ponderada (VLE-MP), que é por definição a concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde. O valor estipulado na Norma referida para a Sílica Cristalina é $\text{VLE-MP} = 0,025 \text{ mg.m}^{-3(R)}$ em que ^(R) é a Fração Respirável e a Notação A2 (NP1796, 2007) considera a Sílica Cristalina como um agente carcinogénico suspeito no Homem. Esta notação é usada sobretudo nos casos em que existe evidência limitada de carcinogenicidade no Homem e evidência suficiente de carcinogenicidade em animais de laboratório, com relevância para o Homem.

No estudo de Vinzents (Vinzents, 1995), recolheram-se amostras de poeiras totais e inaláveis, na perspectiva de estabelecer limites de exposição ocupacional, concluindo que as suas concentrações variam consoante o tipo de indústria. Verificou-se, segundo vários autores a preocupação, não só pela exposição dos trabalhadores nos seus postos de trabalho, mas também das populações que habitam as zonas circundantes deste tipo de indústrias. Nesse sentido, o trabalho apresentado por Mukhopadhyay (Mukhopadhyay, et al., 2011) refere uma amostragem, análise e avaliação de partículas nos postos de trabalho, $\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10} , e poeiras ambientais/totais, PM_{10} , conduzida ao longo de 2 anos, de modo a testar um sistema de controlo das poeiras em suspensão por via húmida.

Tabela 26 - Normas com metodologias de amostragem e determinação de poeiras respiráveis, totais e sílica cristalina em suspensão.

Norma	Fonte – instituição/autor, ano de publicação, país	Agente Químico	Método	Tipo de filtro, porosidade
NIOSH 0500	(NIOSH0500, 1994), USA	Partículas totais	Gravimetria	PVC 5 µm
NIOSH 0600	(NIOSH0600, 1998), USA	Partículas respiráveis	Gravimetria	PVC 5 µm
NIOSH 7500	(NIOSH7500, 2003), USA	Sílica cristalina	Difração de raios X	PVC 5 µm
NIOSH 7601	(NIOSH7601, 2003), USA	Sílica cristalina	Espectrofotometria de absorção visível (métodos químicos)	PVC ou MCE 10 µm
NIOSH 7602	(NIOSH7602, 1994), USA	Sílica cristalina	Espectrofotometria de absorção de infravermelhos	PVC ou MCE 0,8 ou 5 µm
MDHS 101	(MDHS101, 2005), Great Britain	Sílica cristalina em poeiras respiráveis em suspensão	Espectrofotometria de absorção de infravermelhos ou Difração por raio X	PVC ou Prata
MDHS 14/3	(MDHS14/3, 2000), Great Britain	Poeiras respiráveis e inaláveis em suspensão	Gravimetria	Vários

Fatores potenciadores de doenças por exposição a poeiras respiráveis de sílica cristalina.

A emissão de poeiras representa um problema em quase todas as indústrias de extração mineira, sendo essas produzidas através de várias etapas que constituem o processo de extração e tratamento, tal como referido anteriormente. Contudo, este material pode, também, ser oriundo de diversas outras fontes, tais como emissões oriundas dos veículos, emissões industriais e domésticas, fumos do tabaco, incêndios florestais, as próprias condições climáticas, através de processos como a erosão, que podem ser propiciadoras da formação de poeiras em suspensão, entre outras causas (Polichetti, Cocco, Spinali, Trimarco, & Nunziata, 2009). Relativamente a todas as fontes referidas, e em particular ao caso da indústria extrativa, é quase inevitável que as áreas vizinhas não sejam afetadas por poeiras fugitivas (Cattle, Hemi, Pearson, & Sanderson, 2012). Esta designação corresponde à poeira oriunda de fontes não facilmente identificadas ou de mais do que uma fonte (Petavratzi, Kingman, & Lowndes, 2005). Segundo Campos (Campos & Matos, 2013) no que diz respeito ao ambiente, as elevadas concentrações de material particulado podem acarretar consequências a nível de ecologia e agricultura da região. Os seus efeitos, dependendo sempre do material em questão, granulometria e composição química, podem influenciar a química dos solos e consequentemente contaminar as plantas da envolvente, podendo também afetar os animais. Quanto às condições de trabalho e à produtividade, a poeira pode afetar a visibilidade dos trabalhadores, quando se encontra em grande quantidade em suspensão e a sua granulometria é muito fina, podendo também contribuir para a redução do ciclo de vida dos equipamentos quando estes não são sujeitos à devida manutenção e limpeza. Por todos os malefícios do contacto com poeiras, é necessário prevenir a sua dispersão e entender como ocorre este fenómeno. As poeiras podem-se dispersar das fontes emissoras através da ação do vento, ou manter-se nos locais onde são produzidas ou por gravidade depositarem-se no chão. A sua granulometria, a topografia do terreno e as condições meteorológicas (velocidade e direção do vento, a intensidade de precipitação, entre outras), bem como, a presença de outras

fontes emissoras (unidades industriais, agricultura intensiva, etc.) e o tráfego rodoviário representam fatores que afetam a dispersão de poeiras. Na Figura 9 podem-se encontrar algumas das possíveis fontes geradoras de partículas em suspensão no ar e que irão em parte contribuir para as poeiras que serão avaliadas neste estudo.



Figura 9 - Possíveis fontes de Poeiras em suspensão (PM₁₀, PM_{2,5}).
Adaptado de (Polichetti, Cocco, Spinali, Trimarco, & Nunziata, 2009).

No caso de nenhum destes fatores estar presente a intensidade da deposição de partículas deve decrescer com a distância à fonte (Godoy, Mores, Santa Cruz, & Scenna, 2009), (Dinis, Góis, Fiúza, Carvalho, & Castro, 2012). Alguns autores apontam outros fatores que, associados à exposição a sílica, potenciam outras doenças. Segundo Stolt (Stolt & Källberg, 2004), a exposição dos trabalhadores à sílica está associada com o aumento do risco de desenvolvimento de artrite reumatóide. A patogénese desta doença reflete fatores genéticos e ambientais como é o caso do hábito de consumo de tabaco, pouco se sabendo sobre a influência de outros fatores. É sabido que fatores, como a idade, área residencial, classe socioeconómica e hábitos tabágicos, foram considerados como potenciais fatores que causaram entropia na análise da associação entre a exposição à sílica e a artrite reumatóide.

Outros autores (Jones, Morgan, & Richards, 2003), (Akbar-Khanzadeh & Brillhart, 2002) consideram como fatores de dúvida, os parâmetros: velocidade e direção do vento, humidade relativa e temperatura ambiente, que são determinados durante o período de amostragem das poeiras. Verifica-se que com o aumento da velocidade do vento houve uma redução significativa da concentração de poeiras de sílica. O facto de se trabalhar contra o vento, também contribui para a redução da exposição ao pó de sílica comparativamente com vento em direção favorável, no entanto, a diferença não foi estatisticamente significativa. No estudo de Akbar-Khanzadeh (Akbar-Khanzadeh & Brillhart, 2002), a concentração média ponderada de pó de sílica em 69% das amostras excedeu o valor limite de exposição de 0,05 mg.m⁻³, recomendado pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH,

em 2001, indicando uma forte necessidade de desenvolver métodos para controlar a exposição dos trabalhadores ao pó de sílica cristalina.

Na sua maioria, os autores pesquisados, debruçam-se sobre as poeiras geradas pelas máquinas e equipamentos ao longo do processo produtivo. (Jones, Morgan, & Richards, 2003) faz a caracterização físico-química da nuvem de poeiras gerada pela detonação dos explosivos no desmonte do maciço, numa pedreira a Norte de Cardiff, no País de Gales. Do estudo, verificou-se a existência de 3 nuvens distintas de poeiras, não só em termos de cor da nuvem projetada, como também de constituintes e respetivas granulometrias, tendo sido analisadas dentro da pedreira e na aldeia mais próxima. Assim, a nuvem que se expandia até maior distância, era constituída principalmente por partículas minerais e tomava a cor da rocha da pedreira, seguia-se uma nuvem de poeira cinzenta, constituída principalmente por partículas originadas pela combustão dos explosivos, seguida de uma nuvem de cor mais clara e que se localizava essencialmente na zona da detonação. As amostras foram analisadas por Microscopia Eletrónica de alta resolução que encontrou granulometrias diferentes conforme a nuvem de poeiras analisada e a localização da amostra. Deste modo, qualquer consideração feita em termos de efeitos adversos para a saúde, destas nuvens de poeira, tem de ter em conta estas três componentes, onde quer que se localize a amostragem. A distribuição granulométrica das poeiras correspondentes às partículas originadas pela combustão dos explosivos, situa-se abaixo dos 2 μm e as poeiras minerais transportadas pela 1ª nuvem possuem granulometrias acima dos 2 μm , aquando da sua deslocação para o exterior da pedreira, quando colhidas na aldeia mais próxima, as poeiras amostradas apresentam uma distribuição de tamanhos muito próximos. Concluiu-se com este estudo que, as poeiras amostradas na aldeia mais próxima, não correspondem na sua totalidade às poeiras geradas na pedreira, mas, são originadas por outras fontes industriais que não a pedreira, tais como trabalhos nas estradas circundantes, entre outros.

Deste modo, a pesquisa bibliográfica até agora apresentada, permite concluir que relativamente à substância potencialmente perigosa em avaliação – poeiras, são as de sílica cristalina, as que apresentam, para o tipo de indústria em análise, maior número de artigos com interesse científico comprovado, não só pelos efeitos que provoca na saúde do trabalhador, como também pelo facto de, em conjunto com outros agentes, se tornar potenciadora de várias doenças autoimunes. Como aspeto consensual, a silicose é uma doença ocupacional que pode ser prevenida, mas que não possui cura. Continuam a ocorrer novos casos de morte por silicose, mesmo em jovens trabalhadores. Porque atualmente, não existe tratamento efetivo disponível (Thomas & Kelley, 2010), ((CDC), 2005), o controle efetivo da exposição à sílica cristalina no ambiente de trabalho é, por isso, crucial.

Efeitos da sílica na saúde

Ao longo de toda a pesquisa ficou evidenciada a ligação entre a exposição a poeiras de sílica e os efeitos que esta pode exercer, em regra nefastos. A silicose, a principal doença com origem na exposição a este tipo de contaminante, pode ser definida como a doença que resulta da

exposição prolongada a poeiras de sílica. A inalação de poeiras contendo sílica cristalina pode ser prejudicial para a saúde humana, chegando a ser fatal se não forem usadas medidas preventivas adequadas. Este facto tem sido causa de elevada preocupação a nível mundial, desde que a humanidade começou a escavar a crosta terrestre (Thomas & Kelley, 2010).

Segundo Smith (Smith & Leggat, 2006), a Silicose, a Asbestose e a Pneumoconiose dos trabalhadores do Carvão, representam as três mais importantes doenças ocupacionais relacionadas com a poeira na Austrália. Um estudo que fez uma análise retrospectiva de 24 anos de dados de mortalidade nacional, realizado para o período de 1979 a 2002, verificou a existência de 1.000 casos de pneumoconiose, 56% dos quais foram causadas por asbestose, 38% por silicose e 6% por Pneumoconiose dos trabalhadores do Carvão. Entre 1979 e 1981, a silicose foi responsável por 60% de todas as mortes relacionadas com pneumoconiose na Austrália, seguido da asbestose (31%). Em 2002 porém, a asbestose passou a causar 78% de todas as mortes, enquanto a silicose desceu para 19%. Entre 1979 e 2002 a mortalidade relacionada com a exposição ao amianto aumentou três vezes, tendo por outro lado, as taxas de mortalidade por silicose e a Pneumoconiose dos trabalhadores do Carvão, diminuído significativamente durante o mesmo período de tempo. No geral, este estudo sugere que a pneumoconiose, particularmente a asbestose, continua a ser uma importante doença ocupacional na Austrália.

Num estudo transversal a 1249 trabalhadores (1224 homens e 25 mulheres) (Love, et al., 1997), realizado em nove médias e grandes empresas de exploração de carvão a céu aberto em Inglaterra, Escócia e País de Gales, o autor pretendia caracterizar uma variedade de grupos profissionais através da avaliação da exposição pessoal a poeira respirável e quartzo. O estudo foi complementado com dados que permitiram caracterizar a saúde respiratória dos trabalhadores, como sejam: radiografia completa ao tórax, sintomas respiratórios, história ocupacional, questionários e espirometria simples. As maiores concentrações de quartzo foram encontradas nos grupos de perfuração de rocha e nos condutores de bulldozers (usados para mover terra e pedra das camadas de carvão). Conclui-se com este estudo, que, embora algumas alterações leves, como, sintomas de asma, bronquite crônica, entre outros, possam ser de origem não-profissional (devido ao envelhecimento ou tabagismo), a associação com a exposição indica um pequeno risco de pneumoconiose nestes homens, advindo desse facto a necessidade de monitorizar e controlar os riscos, particularmente nas ocupações de alto risco como os grupos profissionais referidos.

A silicose apresenta-se tipicamente como uma doença crónica após 10 ou mais anos de exposição à sílica cristalina (Checkoway, 1995). A existência de uma relação quantitativa entre exposição a quartzo- α e risco de silicose é bem reconhecida desde sempre (McDonald, 1995), (Donaldson & Borm, 1998). Tendo em conta a idade média dos trabalhadores (31,6 anos \pm 1,9) e a média da sua história de trabalho (3,8 anos \pm 1,0), (Golbabaie, Barghi, & Sakhaei, 2004) concluíram que os trabalhadores são muito jovens para apresentarem sintomas graves de silicose e, portanto, a probabilidade de tosse, catarro, alergias e distúrbios cutâneos são muito baixos (Sanderson, Steenland, & Deddens, 2000). Tal como noutras pesquisas se

tem mostrado, os sintomas aparecem após 10 anos de experiência profissional, enquanto os trabalhadores analisados na pesquisa de Calvert têm um historial de trabalho muito curto para encontrar qualquer relação entre concentração de quartzo e sintomas respiratórios e da pele (Calvert, Steenland, & Palu, 1997). A exposição à sílica cristalina pode ser responsável pelo aumento do risco do desenvolvimento de tuberculose e outras doenças respiratórias, contribuir para doenças renais (Thomas & Kelley, 2010) e outras doenças autoimunes sistêmicas, incluindo esclerodermia, artrite reumatóide, lúpus eritematoso sistémico, e algumas escleroses de pequenos vasos com comprometimento renal. Estudos sobre grupos específicos de profissionais com alto nível de exposição à sílica, como é o caso dos mineiros, quer em trabalhos em subterrâneo quer a céu aberto, mostraram aumento das taxas de doenças autoimunes em comparação com as taxas esperadas na população em geral. A manifestação específica deste efeito pode depender de diferenças subjacentes na suscetibilidade genética ou outras exposições ambientais (Parks, Conrad, & Cooper, 1999).

Hnizdo, (Hnizdo, 2006), num artigo de revisão, sobre a doença pulmonar obstrutiva crónica causada pela exposição ocupacional a poeiras de sílica, sistematiza as evidências epidemiológicas e patológicas, considerando este tipo de poeiras uma das mais importantes toxinas respiratórias ocupacionais. Os estudos epidemiológicos e patogénicos revelaram que esta doença pode aparecer no trabalhador mesmo na ausência de sinais radiológicos de silicose e que a associação entre exposição cumulativa a poeiras de sílica e problemas de obstrução do fluxo aéreo é independente da silicose.

Numa análise mais nacional, na lista de doenças profissionais apresentada no Decreto Regulamentar n.º 6/2001 (DR6/2001, 2001), alterado pelo Decreto-Regulamentar n.º 76/2007 (DR76/2007, 2007), a sílica é considerada um fator de risco, que pode estar na origem de doenças do aparelho respiratório ou outras manifestações clínicas, nomeadamente, fibrose pulmonar consecutiva à inalação de poeiras contendo sílica livre ou combinada, diagnosticada radiologicamente; sílico-tuberculose, enfisema pulmonar e pneumotórax espontâneo; insuficiência cardíaca direita. Neste mesmo decreto, são referidos alguns dos trabalhos suscetíveis de provocar as doenças acima nomeadas, devido à exposição e inalação de poeiras contendo sílica livre ou combinada, de entre os quais se destacam os “trabalhos com rochas ou minerais contendo sílica, nas minas, túneis, pedreiras e outros locais”. A exposição ocupacional à sílica livre cristalina representa um risco para a saúde, que é passível de prevenção. A exposição prolongada a sílica livre cristalina respirável tem sido conhecida por causar uma das mais antigas doenças industriais, a silicose, e tem vindo a ser observado que existe um maior risco em trabalhadores expostos a partículas finas de sílica cristalina. Como evidenciado pelos, vários trabalhos pesquisados, a exposição à sílica pode contribuir para o aumento da taxa de incidência de doenças respiratórias como bronquite crónica e enfisema pulmonar, e de perturbações imunológicas; e tem também sido associada ao cancro no pulmão. Por outro lado, estudos epidemiológicos da exposição ocupacional à sílica cristalina respirável têm reportado um aumento da incidência ou mortalidade a partir de doenças extrapulmonares como a artrite reumatóide, outras doenças autoimunes, e doenças renais não malignas (Sanderson, Steenland, & Deddens, 2000), (Maciejewska, 2008), (Brown, 2009).

Silicose

A exposição ocupacional à sílica respirável está associada com diferentes doenças, incluindo função reduzida do sistema respiratório, doença pulmonar obstrutiva crónica, e a pneumoconiose sob a forma de Silicose, nas suas diversas formas (Peretz, Checkoway, Kaufman, Trajber, & Lerman, 2006). A silicose apresenta-se como uma doença ao nível dos pulmões cuja causa é a inalação, seguida da deposição de partículas de sílica cristalina respirável, com diâmetro igual ou inferior a 10 μm . O efeito das partículas de poeiras na saúde do trabalhador não depende exclusivamente da sua maior ou menor concentração na atmosfera dos locais de trabalho, da sua composição química e tempo de exposição a que o trabalhador está sujeito, mas também do tamanho da partícula. O tamanho das partículas é avaliado em função do seu diâmetro aerodinâmico, cuja definição é dada pela Norma Portuguesa NP EN 1540:2014 - Atmosferas dos locais de trabalho. Terminologia (NPEN1540, 2004), no alínea 3.17 *“Diâmetro aerodinâmico de uma partícula: diâmetro de uma esfera de densidade (massa volúmica) 1g/cm^3 com a mesma velocidade terminal devida à força gravítica em ar calmo que a da partícula, nas mesmas condições de temperatura, pressão e humidade relativa.”*

A Figura 10 evidencia o facto de o tamanho das partículas potenciar determinados efeitos na saúde, pois estas atuam a diferentes níveis do aparelho respiratório. A Norma Portuguesa NP 1796:2007 (NP1796, 2007), classifica as diferentes frações do seguinte modo:

- Fração inalável: agentes potencialmente perigosos quando se depositam em qualquer parte do trato respiratório (diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 100 μm);
- Fração torácica: agentes potencialmente perigosos quando se depositam na região dos canais pulmonares e na zona de trocas gasosas (diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 25 μm , sendo o diâmetro aerodinâmico médio igual a 10 μm);
- Fração alveolar ou respirável: agentes potencialmente perigosos quando se depositam na zona de trocas gasosas (diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 μm , sendo o diâmetro aerodinâmico médio igual a 4 μm).
- A silicose é uma das formas mais comuns de pneumoconiose (doença pulmonar atribuída à exposição ocupacional) e corresponde a uma fibrose nodular progressiva. Em 2001, o *European Occupational Disease Statistics* (EODS) classificou-a como a sexta doença respiratória ocupacional mais frequente (Santos, et al., 2010).

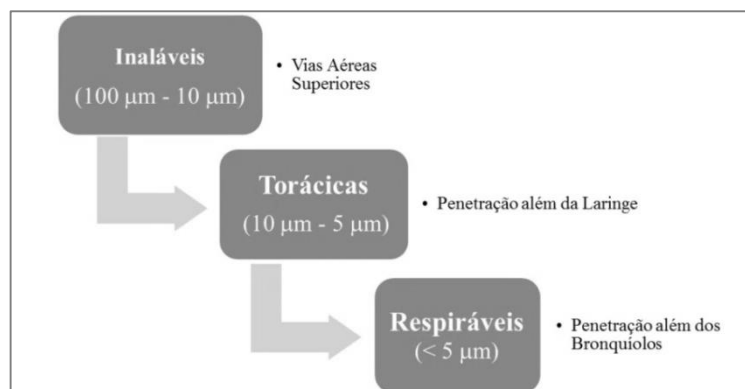


Figura 10 - Penetração das partículas de poeiras no aparelho respiratório.

Adaptado de (NP1796, 2007).

O desenvolvimento de silicose depende essencialmente da intensidade e da duração da exposição, variando portanto em função da quantidade de sílica respirável contida na poeira presente no local de trabalho. Deste modo, a silicose, dependendo da concentração de sílica cristalina respirável inalada, pode apresentar-se em três estágios distintos: **silicose crônica**, que ocorre após 10 ou mais anos de exposição a concentrações relativamente baixas e corresponde à forma de silicose mais comum; **silicose acelerada**, que se desenvolve 5 a 10 anos após a primeira exposição a concentrações elevadas de sílica; **silicose aguda**, que se desenvolve depois da exposição a elevadas concentrações de sílica cristalina respirável e resulta em sintomas dentro de um período de tempo entre poucas semanas a 5 anos após a exposição inicial. No caso da silicose aguda, a evolução é habitualmente muito rápida, com a apresentação de sintomatologia caracterizada por tosse, dispneia rapidamente progressiva, perda ponderal peso, insuficiência respiratória e morte precoce (Abú- Shams, Fanlo, & Lorente, 2005), (Santos, et al., 2010). Os sintomas associados à silicose nem sempre se apresentam como óbvios, e os doentes podem numa fase inicial não apresentar alterações funcionais do sistema respiratório. O diagnóstico para o caso de silicose é baseado na história de exposição à sílica e nas alterações radiográficas, sendo que raramente é necessário recorrer a biópsias pulmonares (Santos, et al., 2010).

Cancro do Pulmão

Segundo revisão de Brown (Brown, 2009), a Agência Internacional da Investigação sobre o Cancro (*International Agency for Research on Cancer – IARC*) concluiu que existiam evidências suficientes em humanos para classificar a sílica cristalina inalável, na forma de quartzo ou cristobalite, oriunda de fontes ocupacionais, como carcinogénica. Já Peretz, (Peretz, Checkoway, Kaufman, Trajber, & Lerman, 2006) anteriormente, num artigo de revisão bibliográfica sobre este mesmo tema, com elementos oriundo de Israel afirmava que o Instituto Nacional de Seguros de Israel considerava cancro de pulmão num trabalhador exposto à sílica cristalina como uma "Condição de saúde relacionada com o trabalho." Após a classificação da sílica como carcinogénico humano, os cientistas mais críticos têm tentado

demonstrar fraquezas nas evidências que levaram a IARC a tomar esta decisão. O cancro de pulmão é a principal causa de morte por cancro entre os adultos, embora a sua incidência tenha vindo a diminuir nos homens e esteja a estabilizar nas mulheres. O tabagismo é, de longe, o maior fator de risco para o cancro do pulmão, sendo responsável por cerca de 90% de cancro do pulmão em países onde o consumo de cigarros é comum. No entanto, a proporção de riscos atribuíveis à exposição no local de trabalho é significativa, significando o cancro do pulmão ocupacional cerca de 9 a 15% de todos os tumores pulmonares malignos (Peretz, Checkoway, Kaufman, Trajber, & Lerman, 2006).

Organizações americanas como a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), como a *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) e a *National Toxicology Program* (NTP), bem como a União Europeia e algumas organizações nacionais, têm vindo a desenvolver diversas listas de substâncias carcinogénicas de origem ocupacional. A ACGIH classifica o quartzo e a cristobalite como pertencentes ao grupo A2, isto é, suspeitos de serem cancerígenos no homem. A NIOSH e NTP consideram as formas básicas de sílica cristalina: quartzo, cristobalite e tridimite, como cancerígenos ocupacionais e cancerígenos para o homem, respetivamente (Maciejewska, 2008).

De referir, que diferentes estudos têm vindo a ser realizados e as conclusões ainda são relativamente controversas. Os estudos da IARC reportam que o risco de cancro no pulmão tende a aumentar com a exposição cumulativa à sílica cristalina respirável, a duração da exposição, os picos de intensidade da exposição, a presença de silicose, entre outros fatores. Contudo, os resultados não são consistentes. Apesar de vários estudos defenderem esta relação entre o risco de cancro no pulmão e exposição à sílica, muitos outros defendem que não é claro, até que ponto este aumento dos riscos, representa o efeito direto da exposição à sílica cristalina, o efeito secundário da silicose, incluindo os indivíduos que sofrem efeitos do tabagismo, ou um erro de viés na precisão do diagnóstico. Assim, é necessária mais investigação para entender o padrão complexo de interações que levam ao cancro de pulmão entre os trabalhadores expostos à sílica (Brown, 2009). A conclusão semelhante chegou (Peretz, Checkoway, Kaufman, Trajber, & Lerman, 2006), que analisou as diferenças de opinião quanto ao facto de existindo evidências científicas isso ser suficiente para concluir que uma substância tem potencial carcinogénico. Embora a avaliação da carcinogenicidade de uma substância ou de outro perigo para a saúde deva apontar para o mais alto grau de evidência disponível, quando a informação disponível não é suficiente para determinar a probabilidade que a substância estudada tem de causar a doença, o seu dano potencial deve ser considerado, em várias circunstâncias de exposição. Em suma, os autores acreditam que a determinação de que a sílica cristalina é cancerígena para os seres humanos é baseada em evidências. No que diz respeito à questão de saber se a exposição a sílica está associada ao aumento do risco de cancro do pulmão exclusivamente na presença de silicose, atualmente, este conceito ainda não foi estabelecido, nem validado, segundo os autores. Assim, a presença de silicose num trabalhador exposto a poeiras de sílica não é uma condição obrigatória para um risco aumentado de cancro do pulmão.

Medidas preventivas

De forma a tentar reduzir as concentrações para valores inferiores aos VLE, para além do reconhecimento precoce do perigo e da utilização de meios técnicos de controlo, algumas medidas devem ser tomadas. O conhecimento da situação de exposição a este tipo de poeiras, ou seja, o reconhecimento do perigo, é o primeiro passo para a proteção dos trabalhadores expostos. A aplicação de meios técnicos de controlo pode ser considerada como “Boas Práticas”, pelo facto de prevenirem a exposição. Uma grande parte das tarefas desenvolvidas na indústria é geradora de poeiras e consequentemente da sobre-exposição dos trabalhadores ao pó de sílica cristalina respirável, a qual contribui, significativamente, para a mortalidade e morbilidade ocupacional. Meeker (2009) avaliou o desempenho de sistemas de controlo disponíveis comercialmente do tipo pessoal e portátil. Com estes sistemas foram atingidas reduções de até 96% na concentração de quartzo respirável entre trabalhadores expostos com e sem sistema de controlo. No entanto, pode-se concluir que ainda há necessidade de estabelecer estratégias para melhorar o desempenho deste tipo de equipamentos (Meeker, Cooper, Lefkowitz, & Susi, 2009). Outras medidas preventivas, como seja, exames médicos regulares, proteção respiratória e formação, devem ser tomadas. A formação dada aos trabalhadores no início da sua atividade profissional é importante, mas as formações de reciclagem são igualmente importantes. O Equipamento de Proteção Individual (EPI) deve ser utilizado como o último recurso atendendo ao facto de que a sua utilização, ser habitualmente esporádica, a menos que haja uma fiscalização apertada e nesse caso como as máscaras respiratórias não são eficazes para concentrações de poeiras muito elevadas, utilizam-se os EPI's (Thomas & Kelley, 2010).

Na sua maioria, as operações de extração e transformação de rochas resultam na libertação de quantidades significativas de poeiras, não só para os locais de trabalho como para a atmosfera das zonas circundantes das pedreiras. Desde sempre que se utilizaram sistemas de supressão e exaustão direta dessas poeiras, de modo a que fossem total ou pelo menos parcialmente removidas dos locais de trabalho. A necessidade de maximizar a eficácia da capacidade de supressão das poeiras dos sistemas disponíveis, em conjunto com outros tipos de controlo eficazes, como *sprays* de água e coletores pessoais de poeira, continua a ser crucial para a saúde a longo prazo de trabalhadores das minas e pedreiras (Colinet, 2005). Para que esses sistemas de controlo de poeiras estejam rentabilizados no seu potencial máximo, é fundamental que a sua manutenção se torne parte da rotina de práticas operacionais. A gestão deve incentivar os trabalhadores a examinar regularmente os sistemas instalados. Um programa eficaz de redução da exposição a poeiras respiráveis dos trabalhadores também deve conter uma componente de educação e treino. Os trabalhadores devem estar cientes dos riscos potenciais para a saúde associados com a exposição a poeiras respiráveis em excesso.

Pelo facto de os operadores de equipamentos de perfuração terem um dos mais altos níveis de exposição a poeiras respiráveis e o operador das brocas de perfuração, ser, o trabalhador que se encontra no topo da lista das funções que têm a maior exposição à poeira de sílica

respirável, Randolph (2004), com o intuito de modificar esta situação, desenvolveu um método simples, com uma solução rápida para reduzir as concentrações de poeira respirável em cerca de 63% no local onde é despejada. Estas poeiras respiráveis, são provenientes de diversos locais e distintas operações do próprio equipamento. Assim, podem ser originadas pela operação desenvolvida pela broca durante a atividade de perfuração, pelo mau funcionamento de peças isolantes, e utilização de filtros inadequados, entre outras funções do captador de poeiras. De modo a reduzir a concentração de poeira respirável no captador, a solução proposta por Randolph (Randolph, 2004), consistia na colocação de um pedaço de pano (tipo manga) acoplado ao dispositivo de despejo final do captador, através de uma braçadeira bem ajustada que permitisse a sua expansão para depositar o material fino no chão, enquanto que a fração respirável se mantinha dentro dos limites da manga em suspensão. O comprimento do pano colocado (ou material similar) deve ser suficiente para permitir que se estenda desde o ponto de despejo do captador de poeira até ao chão e deve ser cortado de forma que tenha o comprimento suficiente para apenas tocar o chão quando a broca é mais pequena. O dispositivo desenvolvido, exige pouca ou quase nenhuma manutenção, é pequeno e barato. O método também ajuda os operadores de perfuração a manter os níveis de exposição à poeira respirável abaixo dos limites legais.

2.2 Enquadramento Legal e Normativo

De modo a que os requisitos de segurança e saúde no trabalho e as questões legais e normativas associadas à atividade extrativa possam facilmente ser entendidas, construiu-se a matriz de segurança da Tabela 27, que de uma maneira resumida apresenta para este setor e para cada uma das variáveis avaliadas o sistema legal e normativo que as abrange.

A Tabela 27, representa a estrutura do modelo legal e normativo, e nela é possível identificar uma estrutura de classificação dos diversos diplomas inerentes ao exercício duma determinada atividade económica e que constitui o modelo legal do sistema de gestão da prevenção de riscos profissionais da atividade em causa (Diogo, Teixeira, & Machado, 2005).

Tabela 27 - Estrutura do modelo legal e normativo.

	GERAL (SST)		Setorial (CAE)
	Sistema Normativo	Sistema Legal	
Variável Organizacional	NP 4397:2008	Lei n.º 3/2014, de 28/01	DL n.º 90/90 DL 270/2001 de 6/10 alterado pelo DL n.º 340/2007
Variável Técnica	Poeiras NP 1796:2007	Poeiras DL n.º 24/2012	DL n.º 162/90 de 22/05 DL n.º 324/95 Portaria n.º 198/96 de 4/06
	Ruído NP EN ISO 9612:2011	Ruído DL n.º 182/2006 de 6/09	
	Vibrações NP ISO 2631-1:2007 NP EN ISO 5349-1:2009	Vibrações DL n.º 46/2006 de 24/02	

Enquadramento Legal

Para além dos princípios gerais estabelecidos no Código do Trabalho, a Lei n.º 102/2009, de 10/09 (L102, 2009), com as alterações introduzidas pela Lei n.º 42/2012, de 28/08 (L42, 2012) e pela Lei n.º 3/2014, de 28/01 (L3, 2014), constitui o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e saúde no trabalho.

Segundo a alínea a) do artigo 3.º a Lei aplica-se “*a todos os ramos de atividade, nos setores privado ou cooperativo e social*”, bem como a todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores independentes, adequando-se deste modo à atividade económica avaliada, indústria extrativa. De salientar que relativamente à atividade económica em estudo e em particular, aos riscos a analisar, o artigo 79.º identifica, no geral, as atividades de indústrias extrativas como trabalhos de risco elevado, e menciona ainda no mesmo artigo os trabalhos que envolvem exposição à sílica, razão pela qual se justifica uma atenção especial.

Também de acordo com o artigo 5º, o trabalhador tem o direito de executar o seu trabalho em condições que respeitem a sua segurança e a sua saúde, as quais devem ser garantidas pelo empregador ou, em condições identificadas na lei, pela pessoa individual ou coletiva, que detenha a gestão das instalações em que a atividade é desenvolvida.

Encontra-se previsto no n.º 7 do artigo 15.º, que “*O empregador deve ter em conta, na organização dos meios de prevenção, não só o trabalhador como também terceiros susceptíveis de serem abrangidos pelos riscos da realização dos trabalhos, quer nas instalações quer no exterior*”. É dado realce a este artigo, uma vez que alguns dos parâmetros/riscos a avaliar neste estudo, concretamente as poeiras e o ruído, podem ultrapassar a “barreira” dos postos de trabalho e afetar não só os trabalhadores mas também as populações vizinhas.

A política de prevenção dos riscos profissionais deve ser desenvolvida com base numa constante avaliação dos riscos e segundo princípios, normas e programas que visem:

- A conceção e a implementação da estratégia nacional para a segurança e saúde no trabalho (que visa a efetivação do direito de segurança e saúde no trabalho através da salvaguarda da coerência das medidas e da eficácia de intervenção das entidades que exercem competências nas áreas da regulamentação, licenciamento, certificação, normalização, investigação, formação, informação, consulta e participação, serviços técnicos de prevenção e vigilância da saúde e inspeção);
- A definição das condições técnicas a que devem obedecer as diferentes fases das componentes materiais do trabalho, desde a conceção até à execução;
- A determinação das substâncias, agentes ou processos que devem ser proibidos, limitados ou sujeitos a autorização ou a controlo da autoridade competente;
- A promoção e a vigilância da saúde dos trabalhadores;
- O aumento da investigação técnica e científica dando resposta aos novos riscos emergentes;
- A educação, formação e informação dos trabalhadores;

- A sensibilização da sociedade;
- A eficiência do sistema de inspeção do cumprimento da legislação (L102, 2009).

Estas políticas de promoção e de prevenção da segurança e saúde no trabalho devem ser implementadas durante a fase de conceção de um local de trabalho, no estado inicial de uma atividade económica, durante a fase de projeto (fase de licenciamento), como é referido no artigo 12.º, “*A legislação sobre licenciamento e autorização de laboração contém as especificações adequadas à prevenção de riscos profissionais e à proteção da saúde*” (L102, 2009). É nesta fase de licenciamento (projeto), que se tomam decisões relevantes para a segurança dos trabalhadores no seu local de trabalho.

No que respeita à especificidade da indústria extrativa, o Decreto-Lei n.º 90/90, de 16/03 (DL90, 1990) estabelece o “*regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos (depósitos minerais, recursos hidrominerais e recursos geotérmicos), integrados ou não no domínio público, com exceção das ocorrências de hidrocarbonetos*”.

Este diploma refere que cada categoria de recursos geológicos é objeto de regulamentação própria, aprovada por decreto-lei. Assim, o Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6/10 (DL270, 2001), com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12/10 (DL340, 2007), estabelece o regime jurídico em matéria de revelação e aproveitamento de massas minerais, compreendendo a pesquisa e a exploração e que veio revogar o Decreto-Lei n.º 89/90, de 16/03 (revogado), que se aplicava ao aproveitamento de massas minerais.

Assim a atividade económica “Extração de saibro, areia e pedra britada” (CAE-Rev.3: 08121) enquadra-se numa dimensão organizacional em função da atividade económica através deste Decreto-Lei que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras) (DL270, 2001).

As massas minerais (pedreiras) são recursos geológicos do domínio privado cujo aproveitamento legal passa obrigatoriamente pela obtenção prévia de uma licença de exploração, vulgarmente conhecida como licença de exploração de pedreira, e que é emitida pela Direção Regional de Economia ou pela Câmara Municipal. São exemplos de massas minerais, todos os tipos de rochas ornamentais, as rochas industriais destinadas às indústrias da construção civil e obras públicas, tais como calcários, granitos e rochas similares, areias e seixos, e ainda outros recursos destinados à indústria transformadora (argilas vermelhas, calcário para cal e cimento, gesso, etc)⁴.

A preservação da segurança e saúde no trabalho é focada no n.º 2 do artigo 46.º (DL270, 2001), onde é mencionado: “*Aos exploradores de pedreiras e aos responsáveis técnicos da exploração compete tomar as providências adequadas para garantia de segurança dos trabalhadores e de terceiros e a preservação de bens que possam ser afetados pela exploração*”. No Anexo VI são definidos os elementos constituintes do Plano de Pedreira,

⁴ Fonte: www.dgge.pt, acessido em 02-10-2014

referindo-se uma das peças escritas à higiene e segurança, “*Elaboração do plano de segurança e saúde. Indicação das medidas adotadas para cumprimento da legislação acessória*”.

A variável técnica, isto é, a legislação referente às prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho, em função da atividade económica em estudo, é suportada por dois diplomas essenciais: o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22/05 (DL162, 1990), e a Portaria n.º 198/96, de 4/04 (Portaria198, 1996).

O Decreto-Lei n.º 162/90 (DL162, 1990), que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras, para além dos aspetos gerais, com vista à prevenção e minimização dos riscos, foca especificamente em alguns dos seus artigos os parâmetros/riscos a avaliar neste estudo.

Mais tarde, mas também no âmbito das questões de segurança e saúde no local de trabalho, surge o Decreto-Lei n.º 324/95, de 29/11 (DL324, 1995), que transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 92/91/CEE do Conselho, de 3/11, e a Diretiva n.º 92/104/CEE do Conselho, de 3/12, relativas às prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho a aplicar nas indústrias extrativas por perfuração a céu aberto e subterrâneas. O artigo 14.º deste decreto (DL324, 1995), salvaguarda que o mesmo não prejudica, em tudo o que representa uma melhor proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores, a aplicação do Decreto-Lei n.º 162/90 (DL162, 1990), bem como, os outros regimes jurídicos aplicáveis aos diferentes recursos geológicos.

No seguimento da implementação deste Decreto (DL324, 1995), ao abrigo do n.º 1 do artigo 10.º, surge a Portaria n.º 198/96, de 4/4 (Portaria198, 1996) que tem como objetivo regular as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais e postos de trabalho nas indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas.

2.2.1 Vibrações no Corpo Humano

Enquadramento Legal

Ao contrário dos riscos, ruído e poeiras, que são abordados no Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras (DL162, 1990), não é possível, neste diploma legal encontrar um artigo dirigido em particular para as vibrações transmitidas ao corpo humano. Todavia, por ser um risco físico capaz de afetar os trabalhadores, insere-se nas ‘Obrigações da entidade empregadora’ (Artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 162/90, de 22/05, (DL162, 1990)).

Concretamente no âmbito das vibrações ocupacionais e num plano transversal a todos os setores de atividade, é publicado o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24/02 que enuncia as prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a vibrações mecânicas. Este diploma estabelece valores limite de exposição e valores de ação de exposição a vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e ao

corpo inteiro, expressos na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** e determina um conjunto de responsabilidades do empregador a fim de minimizar a exposição às vibrações por parte dos trabalhadores, que se encontram transcritos na Tabela 29.

O valor de ação de exposição é o valor de exposição pessoal diária, calculado num período de referência de 8 horas, expresso em metros por segundo quadrado, que, uma vez ultrapassado, implica a tomada de medidas preventivas adequadas. O valor limite de exposição é o valor de exposição pessoal diária, calculado num período de referência de 8 horas, expresso em metros por segundo quadrado, que não deve ser ultrapassado. São passadas em revista as principais obrigações do empregador, na redução da exposição às vibrações ocupacionais por parte dos seus trabalhadores, na Tabela 29.

Em algumas das alíneas do Artigo 4.º do decreto, estabelecem-se os princípios gerais da avaliação dos riscos, nomeadamente o que se refere aos procedimentos usados nas medições no campo, bem como os equipamentos de medição utilizados (Tabela 30).

Tabela 28 - Valores limite e valores de ação de exposição a vibrações.

	Sistema mão-braço	Sistema corpo inteiro
Valor limite de exposição	5 m.s ⁻²	1,15 m.s ⁻²
Valores de ação de exposição	2,5 m.s ⁻²	0,5 m.s ⁻²

(DL46, 2006).

Tabela 29 - Obrigações do empregador a fim de reduzir a exposição às vibrações ocupacionais.

Artigo	
4.º	Avaliar e, se necessário, medir os níveis de vibrações a que os trabalhadores se encontram expostos; Possuir uma análise de riscos; Identificar as medidas necessárias para controlar a exposição dos trabalhadores.
5.º	Tomar medidas para eliminar ou reduzir as exposições ao mínimo; Tomar medidas imediatas para prevenir exposições acima do valor limite; Identificar as razões que levaram à ultrapassagem do valor limite.
6.º	Implementar programa de medidas técnicas e organizacionais: <ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas; - Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de vibrações possível; - Instalação de equipamentos auxiliares que reduzam o risco de lesões provocadas pelas vibrações, nomeadamente assentos ou punhos que reduzam as vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço, respetivamente; - Programas adequados de manutenção do equipamento, do local de trabalho e das instalações neste existentes; - Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho; - Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição a vibrações mecânicas; - Limitação da duração e da intensidade da exposição; - Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados; - Fornecimento aos trabalhadores expostos, de vestuário apropriado para a proteção do frio e da humidade.

(DL46, 2006).

Caso algum dos valores medidos de acelerações, após o tratamento legal devido, ultrapassar os limites estabelecidos nos números 1 e 2 do Artigo 3.º, devem ser implementadas as medidas previstas nos pontos 2 e 3 do Artigo 6.º, como se encontram descritas na Tabela 31.

Tabela 30 - Princípios gerais da avaliação dos riscos de vibrações.

Decreto-Lei n.º 46/2006 - Artigo 4.º
2 - A avaliação do nível de exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas pode ser realizada mediante a observação de práticas de trabalho específicas, com base em informações fiáveis, nomeadamente as fornecidas pelo fabricante, relativas ao nível provável de vibrações do equipamento ou do tipo de equipamento utilizado nas condições normais de utilização.
3 - Os sistemas de medição utilizados na medição dos níveis de vibrações mecânicas a que os trabalhadores se encontram expostos devem ser apropriados, cumprir os requisitos de normalização em vigor e ser calibrados anualmente.
4 - A avaliação e a medição dos níveis de vibrações mecânicas devem ser programadas e efetuadas a intervalos regulares e apropriados, tendo em conta a amplitude e a duração das vibrações a que o trabalhador se encontra exposto, sendo os dados delas resultantes conservados para consulta posterior.
6 - A medição da exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas deve ser feita de acordo com o disposto no anexo I ou II, os quais fazem parte integrante do presente decreto-lei, consoante se trate de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço ou ao corpo inteiro.

(DL46, 2006).

Tabela 31 - Medidas de redução da exposição a vibrações.

Decreto-Lei n.º 46/2006 - Artigo 6.º
2 - Se o resultado da avaliação dos riscos indicar que os valores de ação de exposição foram ultrapassados, o empregador deve aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais que reduzam ao mínimo a exposição dos trabalhadores.
3 - O programa de medidas técnicas referido no número anterior deve ter em consideração os seguintes aspetos:
a) Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas;
b) Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de vibrações possível;
c) Instalação de equipamentos auxiliares que reduzam o risco de lesões provocadas pelas vibrações, nomeadamente assentos ou punhos que reduzam as vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço, respetivamente;
d) Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e das instalações neste existentes;
e) Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho;
f) Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição a vibrações mecânicas;
g) Limitação da duração e da intensidade da exposição;
h) Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados;
i) Fornecimento aos trabalhadores expostos de vestuário apropriado para a proteção do frio e da humidade.

(DL46, 2006).

Enquadramento Normativo

No âmbito desta tese destacam-se as principais normas utilizadas para a avaliação da exposição dos trabalhadores às vibrações:

- NP ISO 2631-1:2007 “Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais.” (versão portuguesa da ISO 2631-1:1997) (NPISO2631-1, 2007).
- ISO 2631-5:2004 “Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks” (ISO2631-5, 2004);
- NP EN ISO 5349-1:2009 – Vibrações mecânicas. Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas pelo sistema mão-braço. Parte 1: Requisitos Gerais (ISO 5349-1:2001) (NPENISO5349-1, 2009);
- Norma Portuguesa NP EN ISO 5349-2:2014 – Vibrações mecânicas. Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas ao sistema mão-braço. Parte 2: Orientações para medições nos locais de trabalho (ISO 5349-2:2002) (NPENISO5349-2, 2014).

2.2.2 Ruído Ocupacional

Enquadramento Legal

O ruído, encontra-se neste trabalho, associado às operações de furação em desmonte, redução de dimensão de granulometria, de carga e transporte. O Decreto Lei 162/90 (DL162, 1990) refere no nº 1 do artigo 149º, a adoção de medidas adequadas à eliminação, redução e propagação dos ruídos, não podendo ser ultrapassado o valor de 85 dB(A). É pertinente comparar o valor limite definido neste Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras com o valor limite estipulado pela legislação que viria a entrar em vigor em 1992 - Decreto Regulamentar nº 9/92, que regulamenta o DL 72/92 de 28 de Abril, que na alínea i) do artigo 2º indicava um valor de exposição diária de 90 dB(A). Esse Decreto estabelecia o quadro geral de proteção dos trabalhadores contra os riscos decorrentes da exposição ao ruído durante o trabalho, e encontra-se atualmente revogado pelo Decreto-Lei 182/2006 (DL182, 2006) de 6/09. Verifica-se assim que o DL 162/90, sendo um diploma mais antigo que o decreto regulamentar, se apresentava mais restritivo em relação ao valor limite de exposição, o que demonstra, o protecionismo desta atividade industrial relativamente à saúde dos trabalhadores, no que se refere à exposição ao ruído nos locais de trabalho.

Deste modo, o diploma relativo às componentes materiais do trabalho em relação ao agente físico ruído, enquadra-se através do Decreto-Lei nº 182/2006, de 6/09 (DL182, 2006), que regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído).

Na Tabela 32 encontram-se os valores limite de exposição e os valores de ação retirados do nº 1 do artigo 3º.

Tabela 32 - Valores de ação e limite de exposição ao Ruído.

	Exposição Pessoal Diária	Nível de Pressão Sonora de Pico
	$L_{EX,Sh}$	L_{Cpico}
Valor limite de exposição (VLE)	87 dB(A)	140 dB(C)
Valor de Ação Superiores (VAS)	85 dB(A)	137 dB(C)
Valor de Ação Inferiores (VAI)	80 dB(A)	135 dB(C)

(DL182, 2006).

O nº 2 do artigo 1º deste decreto-lei torna-o aplicável a todas as atividades dos setores privado e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria. Os princípios gerais da avaliação de riscos definidos no artigo 4.º e que auxiliam a uma correta avaliação do ruído, para o caso concreto em estudo, encontram-se assinalados na Tabela 33. Entre outros, um dos deveres da entidade patronal, é assegurar a redução da exposição dos trabalhadores ao ruído como é referido no artigo 6º. As medidas de redução da exposição ao ruído que o empregador deve assegurar nos postos de trabalho, encontram-se resumidas na Tabela 34. Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não

possam ser evitados, isto é, os níveis sonoros, não possam ser eliminados ou reduzidos, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual de acordo com a legislação aplicável, tal como definido no artigo 7º, transcrito para a Tabela 35 e aplicar as medidas enumeradas na Tabela 36.

O empregador deve ainda assegurar que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição e medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores.

Também de importância crucial para a avaliação ocupacional do ruído, reveste-se o Anexo I do presente decreto, que descreve os passos a efetuar para uma correta medição do ruído. Por último, o Anexo II faz referência aos equipamentos de medição e respetivas características, e encontra-se reportada na Tabela 37.

Tabela 33 - Princípios gerais da avaliação de riscos.

Adaptado do Artigo 4.º (DL182, 2006)	
1 - Nas atividades suscetíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, o empregador deve avaliar e, se necessário, medir os níveis de ruído a que os trabalhadores se encontram expostos.	
2 - Os métodos e equipamentos de medição utilizados devem ser adaptados às condições existentes, nomeadamente às características do ruído a medir, à duração da exposição, aos fatores ambientais e às características dos equipamentos de medição.	
3 - A avaliação do resultado das medições referidas no número anterior deve ter em conta a incerteza da medição, determinada pela prática metrológica, de acordo com a normalização em vigor ou eventuais especificações europeias harmonizadas.	
4 - Os métodos e os equipamentos a utilizar devem permitir determinar os parâmetros e decidir, em cada caso, se foram ultrapassados os valores fixados no artigo anterior.	
5 - Entre os métodos referidos no número anterior pode ser incluída a amostragem, desde que seja representativa da exposição do trabalhador.	
6 - Os sistemas de medição utilizados na medição dos níveis de ruído devem ser apropriados e cumprir a legislação em vigor relativa ao controlo metrológico.	
7 - A avaliação feita com base na medição do ruído é efetuada de acordo com o estabelecido nos anexos I e II, os quais fazem parte integrante do presente decreto-lei, e deve permitir a determinação da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído, assim como a determinação do nível da pressão sonora de pico a que cada trabalhador está exposto.	

Adaptado de (DL182, 2006).

Tabela 34 - Medidas de redução de exposição ao ruído.

Nº	Medidas
1	Rotatividade dos postos de trabalho.
2	Escolha de equipamentos ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de ruído.
3	Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho.
4	Informação e formação dos trabalhadores para utilização correta e segura do equipamento.
5	Medidas técnicas: barreiras acústicas, encapsulamento, revestimento com material de absorção sonora, amortecimento e isolamento.
6	Manutenção dos equipamentos de trabalho.
7	Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade.
8	Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso.
9	Sinalização de acordo com a legislação, dos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos VAS.

(DL182, 2006).

Enquadramento Normativo

A referência à Norma Portuguesa NP EN ISO 9612:2011 – Acústica: Determinação da exposição ao ruído ocupacional – Método de Engenharia (NPENISO9612, 2011), é feita

implicitamente no ponto 5 do Decreto-Lei nº 182/2006, de 6/09 (DL182, 2006), quando é feita referência à incerteza da medição.

Tabela 35 - Medidas de proteção individual contra o ruído.

Medidas de proteção individual (Artigo 7º)
1 - Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados por outros meios, o empregador põe à disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual no trabalho que obedeçam à legislação aplicável e sejam selecionados, no que respeita à atenuação que proporcionam, de acordo com o anexo V, o qual faz parte integrante do presente decreto-lei.
2 - Para a aplicação do disposto no número anterior, o empregador:
a) Coloca à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais sempre que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores;
b) Assegura a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de ação superiores;
c) Assegura que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição;
d) Aplica medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos e controla a sua eficácia.

(DL182, 2006).

Tabela 36 - Relação entre os Valores limite de exposição e de ação e as Medidas de proteção individual.

Condição	Medidas
$L_{EX,8h} > VLE$	Tomar medidas construtivas e organizacionais.
$L_{EX,8h} \geq VAS$	Assegurar a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais.
$L_{EX,8h} > VAI$	Colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais.

Adaptado de (DL182, 2006).

Tabela 37 - Informação legal relativa a instrumentos de medição de ruído.

Anexo II – Instrumentos de medição
1 – Os instrumentos de medição devem dispor das características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir e das ponderações em frequência A e C e cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exatidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível a utilização de sonómetros da classe 1, para maior exatidão das medições.
2 - Deve ser evitada a utilização de sonómetros não integradores para a determinação da exposição pessoal do trabalhador quando a pressão sonora apresenta flutuações do nível sonoro, L_{pA} , de grande amplitude ou para períodos de exposição irregulares do trabalhador.

(DL182, 2006).

2.2.3 Poeiras Ocupacionais

Enquadramento Legal

O Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras (DL162, 1990), no seu artigo 147.º foca a questão das poeiras e define as concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho, de acordo com o seu teor em sílica, o que se encontra resumido na Tabela 38.

É também mencionado neste artigo a periodicidade com que as medições devem ser realizadas (frequência não inferior a três meses), caso ocorram repetidamente empoeiramentos com concentrações superiores às indicadas na Tabela 38, podendo a Direção-Geral de Geologia e Minas, ou a instituição que à data exerce as suas funções, exigir condições

especiais de trabalho, ventilação e/ou proteção individual. Seguem-se, no artigo 152.º as medidas apropriadas para a prevenção das pneumoconioses, doença profissional vulgarmente encontrada em ambiente ocupacional na indústria extrativa.

Tabela 38 - Concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho.

Teor em sílica	Concentração (mg.m ⁻³)
Inferior a 6 %	5
Entre 6 % a 25 %	2
Superior a 25%	1

(DL162, 1990).

Relativamente ao risco químico que se pretende estudar, as poeiras, no artigo 10.º do Decreto-Lei n.º 324/95 (DL324, 1995), direcionado para locais de trabalho exteriores, é feita referência ao facto de os postos de trabalho, na medida do possível, terem que estar protegidos contra as influências atmosféricas, queda de objetos, níveis sonoros, gases, poeiras e vapores nocivos. Também no seu 38.º artigo - Ventilação, é feita referência aos locais de trabalho com acesso autorizado, nos quais, devem ser controlados os riscos de explosão e de inalação de poeiras respiráveis.

Tendo em conta que o risco químico estudado – poeiras, se enquadra nos riscos químicos, no âmbito da variável técnica, em função da segurança e saúde no trabalho é relevante mencionar o Decreto-Lei n.º 24/2012, de 6/02 (DL24, 2012), que consubstancia as prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho.

Quanto ao risco de inalação de poeiras, com realce para a sílica cristalina, pese o facto de não existir nenhum diploma específico que vise a proteção dos trabalhadores contra este agente, os valores limites de exposição a ter em linha de conta são os apresentados no Decreto-Lei n.º 162/90 (DL162, 1990), tal como apresentado na Tabela 38.

Enquadramento Normativo

No que se refere à segurança e saúde no trabalho do risco químico em análise – poeiras, a Norma Portuguesa NP 1796:2007 (NP1796, 2007) estabelece os valores limite de exposição a agentes químicos, tomando como base os valores limite propostos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH). A comparação desses valores, de acordo com a Tabela 39, evidencia o facto de que esta norma apresenta valores bastante distintos dos citados na Tabela 38, retirados do Decreto-Lei n.º 162/90 (DL162, 1990), onde se verifica que mesmo o menor dos valores, que está definido para teores de Sílica superiores a 25 %, que é de 1 mg.m⁻³, é 40 vezes superior ao da norma, que é 0,025 mg.m⁻³ (NP1796, 2007). Todavia, é de referir que, a nível legal, são os valores transcritos para a Tabela 38, do Decreto Lei n.º 162/90 (DL162, 1990), que prevalecem e são tidos em conta em termos de conclusões.

Tabela 39 - Número *Chemical Abstracts Service* (CAS) da sílica cristalina, valor limite de exposição e consequências para a saúde humana.

Substância – designação	N.º CAS	VLE – MP (mg.m ⁻³)	Base do VLE
Sílica, cristalina α – Quartzo	14808-60-7 1317-95-9	0,025	Fibrose pulmonar; cancro do pulmão
Cristobalite	14461-46-1		

(NP1796, 2007).

Nesta norma é utilizada uma terminologia, mais ou menos generalista, da qual é importante ficar clara a sua definição, bem como a das diferentes categorias que possam aparecer. Assim, de acordo com a norma (NP1796, 2007), Valor Limite de Exposição (VLE) corresponde à “*concentração de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde*”.

O Valor Limite de Exposição – Média Ponderada (VLE – MP) corresponde à “*concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde*”.

O Valor Limite de Exposição – Curta Duração (VLE – CD) corresponde à “*concentração à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar repetidamente expostos por curtos períodos de tempo, desde que o valor de VLE – MP não seja excedido e sem que ocorram efeitos adversos*”. O VLE – CD é definido como “*uma exposição VLE – MP de 15 minutos que nunca deve ser excedida durante o dia de trabalho, mesmo que a média ponderada seja inferior ao valor limite*”.

O Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima (VLE – CM) corresponde à “*concentração que nunca deve ser excedida durante qualquer período de exposição*”.

3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objetivos da Tese

Face ao problema colocado e na sequência da pesquisa bibliográfica efetuada, pretende-se com esta tese contribuir para uma melhoria do conhecimento das relações entre os parâmetros ocupacionais e parâmetros do processo produtivo na indústria extrativa a céu aberto. Adicionalmente procura-se identificar potenciais utilizações alternativas para os parâmetros ocupacionais, para além da trivial verificação das conformidades legais.

Concretizando, e dentro desta visão global, o presente trabalho de investigação colocou como objetivo central o de :

- Identificar relações entre os Parâmetros Ocupacionais e Parâmetros do Processo Produtivo em Explorações a Céu-Aberto.

Foram considerados para o estudo, pela componente ocupacional, as vibrações no corpo humano, ruído e níveis de empoeiramento. Pelo lado do processo produtivo foi considerado um conjunto concreto e objetivo de equipamentos: Equipamento de Perfuração, Equipamento de Carga nas suas múltiplas utilizações e Equipamento de Transporte.

Para alcançar a meta definida foram traçados, os seguintes objetivos específicos:

- Detetar padrões de comportamento dos parâmetros ocupacionais nos diferentes tipos de equipamento em análise, de modo a distinguir, pela análise do parâmetro, medido, cada um dos tipos de equipamento;
- Para cada equipamento, associar os padrões de comportamento dos parâmetros ocupacionais a cada uma das fases do processo produtivo;
- Estabelecer relações entre os diferentes parâmetros ocupacionais avaliados para cada tipo de equipamento, em cada tarefa realizada;

Complementarmente com este trabalho, pretende-se:

- Avaliar as condições de trabalho dos operadores em termos de exposição;
- Propor estratégias para a melhoria das condições de trabalho dos operadores avaliados que, potencialmente, se venham a manifestar mais nefastas para a sua saúde e desempenho;
- Identificar potenciais relações entre elevados níveis de exposição e eventuais comportamentos menos adequados no posto de trabalho.

3.2 Referenciais Tecnológicos e de Contexto

O trabalho de campo foi desenvolvido em duas empresas portuguesas do norte de Portugal dedicadas à exploração de pedreiras e produção de agregados britados, contando ambas com mais de 35 anos de experiência. A atividade económica das pedreiras, onde se desenvolveram os trabalhos de recolha de dados, envolve uma série de vertentes que resultam da combinação

de fatores produtivos, tais como a mão-de-obra, as matérias-primas, os veículos e equipamentos, cujo objetivo final é o da produção de bens e serviços.

O Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de Novembro, (DL381, 2007) que aprova a Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE), na sua Revisão 3, constitui o quadro comum de classificação de atividades económicas adotado em Portugal.

Da leitura do artigo 2.º do diploma referido, a CAE – REV 3, a atividade económica abordada nesta investigação insere-se na secção “Indústrias Extrativas”, como se descreve na Tabela 40.

Tabela 40 - Classificação de atividade económica segundo a CAE – Rev. 3.

Secção	Indústrias Extrativas
Divisão	08 – Outras indústrias extrativas
Grupo	081 - Extração de pedra, areia e argila
Classe	0812 - Extração de saibro, areia e pedra britada; extração de argilas e caulino
Subclasse	08121 – Extração de saibro, areia e pedra britada

Segundo a Classificação Portuguesa das Atividades Económicas, Rev. 3, a extração de saibro, areia e pedra britada “*compreende a extração, dragagem, lavagem e beneficiação de areias especiais para a indústria transformadora e areias comuns para a construção; extração e britagem de pedras para agregados utilizados na construção; moagem de pedras para obtenção de pós no local da extração.*”

3.2.1 Enquadramento Geográfico

Uma das Pedreiras onde se realizou a recolha de dados de campo pode ser visualizada numa imagem retirada do Google earth, datada de 8/10/2011 conforme a Figura 11.



Figura 11 - Localização da Pedreira A.

Na Figura 12, encontram-se excertos da Carta Topográfica retirados da Carta militar n.º 143 e 144 do Instituto geográfico do exército (IGE143, 2012), (IGE144, 2012).

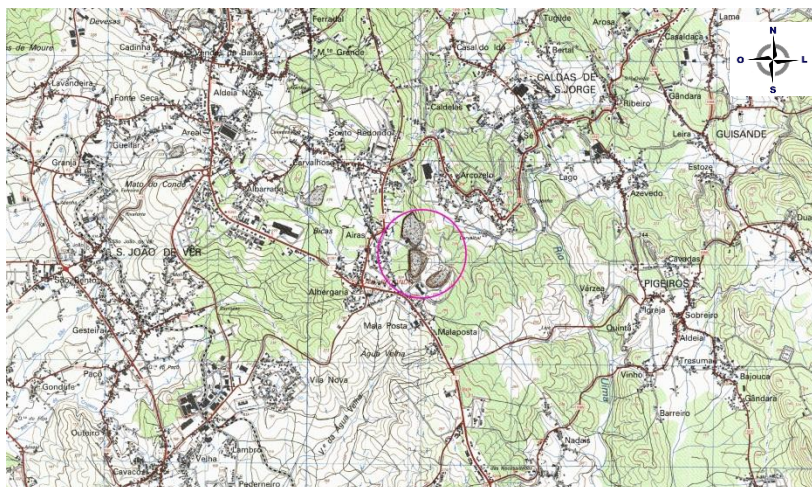


Figura 12 - Excertos da Carta militar n.º 143 e 144 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira A.

Um dos locais onde se desenvolveram trabalhos é uma pedreira de gnaiss, que fica situada no lugar da Malaposta, na freguesia de S. Jorge, concelho de Sta. Maria da Feira e distrito de Aveiro. Localiza-se nos limites das duas folhas da carta topográfica n.º 143 e 144, dos Serviços Cartográficos do Exército de Portugal, à escala 1 / 25.000 (IGE143, 2012), (IGE144, 2012). A Pedreira onde se realizou uma parte dos trabalhos de campo pode ser visualizada numa imagem retirada do Google earth, datada de 8/10/2011 conforme a Figura 13.



Figura 13 - Localização da Pedreira B.

Na Figura 14, encontra-se a Carta Topográfica retirada da Carta militar n.º 154 – S. João da Madeira do Instituto geográfico do exército (IGE154, 2000).

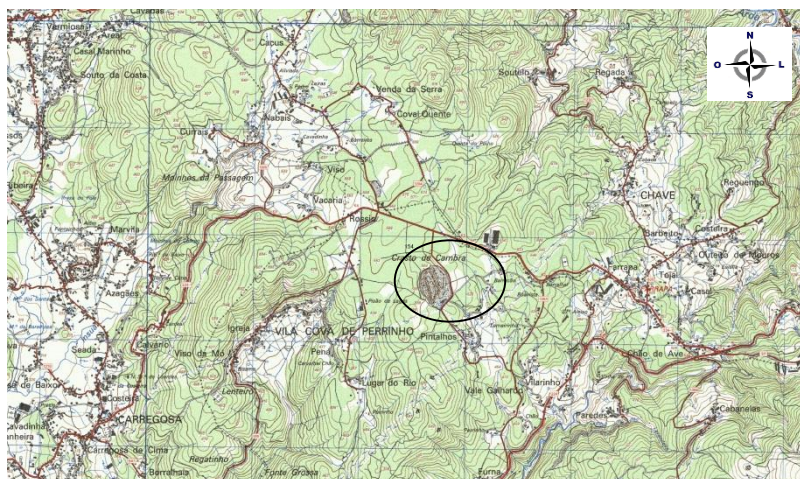


Figura 14 - Excerto da Carta militar n.º 154 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira B.

3.2.2 Enquadramento Geológico

Caso de Estudo 1 - Pedreira A

A pedreira A em termos geológicos encontra-se no limite de duas folhas da carta geológica de Portugal: 13-B Castelo de Paiva (Medeiros, Pilar, & Fernandes, 1964) e 13-A Espinho (Teixeira, Perdigão, & Assunção, 1962), conforme a Figura 15.

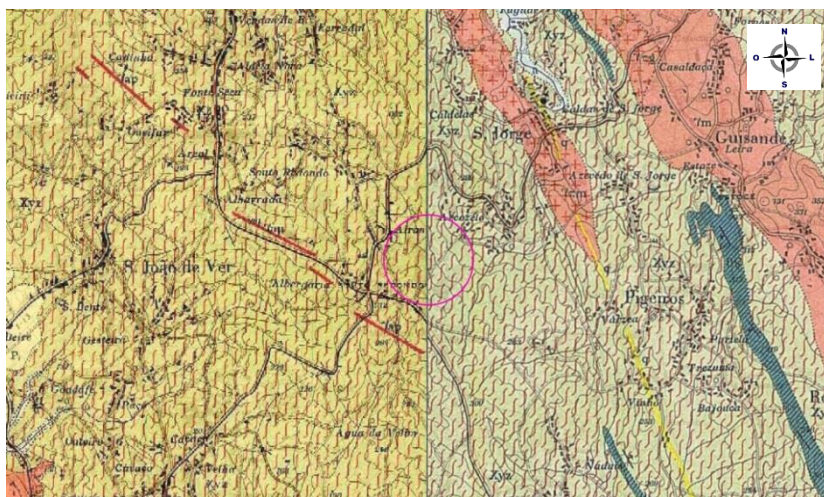


Figura 15 - Excerto das folhas 13-B Castelo de Paiva e 13-A Espinho (escala 1/50 000), com o implante da Pedreira A.

Segundo a notícia explicativa da folha 13-B Castelo de Paiva da Carta Geológica de Portugal, à escala 1/50 000, o canto SW, nomeadamente as povoações de S. Jorge, Arcozelo, onde se situa a pedreira em estudo, é formada essencialmente por xistos luzentes, micaxistos, gnaisses. De acordo com a notícia explicativa, na proximidade de Arcozelo, as rochas

gnáissicas deram origem à instalação de várias pedreiras, entre as quais, a pedreira alvo deste estudo (Medeiros, Pilar, & Fernandes, 1964), (Teixeira, Perdigão, & Assunção, 1962). A mesma informação é confirmada pela Direção Geral de Energia e Geologia que indica como substância em exploração o gnaiss (DGEG, 2014). Analisando uma área mais abrangente da região entre Porto e Albergaria-a-Velha, esta insere-se numa complexa faixa de cisalhamento, com uma orientação média NNO-SSE, sendo designada por faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. Deste modo, é possível diferenciar os seguintes litótipos: granitóides gnáissicos moscovíticos de grão médio a fino; ortognaisses; milonitos e/ou ultramilonitos; micaxistos, paragnaisses e migmatitos. O gnaiss biotítico desta pedreira apresenta uma cor azulada e/ou branca-amarela e uma granularidade média a grosseira (Pizarro, Gomes, Dinis da Gama, & Lopes, 2005).

O crescimento e a consolidação económica da empresa ditaram o seu alargamento e expansão enquanto prestador de serviços nas áreas da hidráulica, ambiente, energia e infraestruturas, no entanto neste trabalho só se foca a sua atividade extrativa, nomeadamente na produção de agregados britados. Na Figura 16 pode ser visualizada uma imagem da pedreira caracterizada.



Figura 16 - Fotografia Panorâmica da Pedreira A.

Caso de Estudo 2 - Pedreira B

A pedreira B em termos geológicos encontra-se na folha 13-D da carta geológica de Portugal - Oliveira de Azeméis (Pereira, Rodrigues, Gonçalves, Moreira, & Silva, 2007), conforme a Figura 17.

Situada numa zona geológica constituída por granito de grão grosseiro com duas micas, pertencente à família das rochas hercínicas sintectónicas, de acordo com a Nota Explicativa da folha 13-D (Pereira, Rodrigues, Gonçalves, Moreira, & Silva, 2007). A mesma informação

é confirmada pela Direção Geral de Energia e Geologia que indica como substância em exploração o granito (DGEG, 2014). A pedreira produz assim, um leque de agregados britados de rocha granítica, nomeadamente britas, cubos para construção de calçada à portuguesa, gravilhas, inertes, pó de pedra e *tout-venant*.

Na Figura 18 apresenta-se uma imagem panorâmica da pedreira descrita.

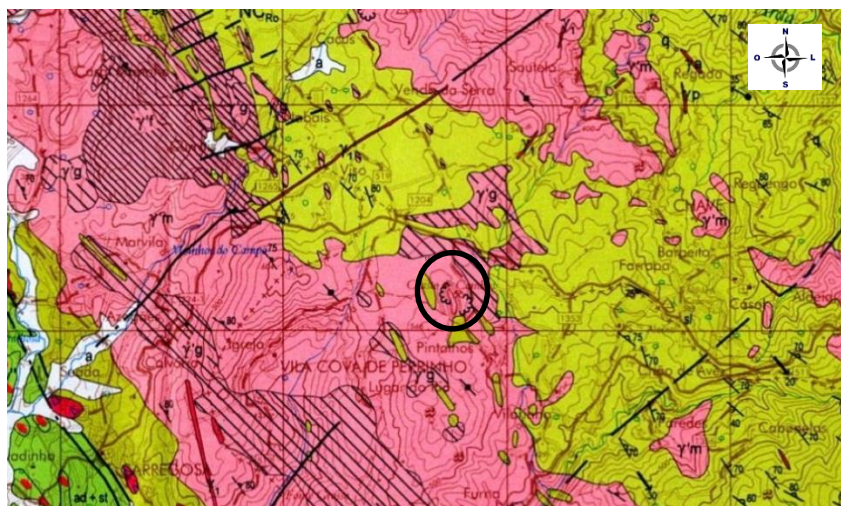


Figura 17 - Excerto da folha 13-D – Oliveira de Azeméis (escala 1/50 000), com o implante da Pedreira B. (Pereira, Rodrigues, Gonçalves, Moreira, & Silva, 2007)



Figura 18 - Fotografia Panorâmica da Pedreira B.

3.2.3 Processo Produtivo

Em ambas as pedreiras o processo produtivo tem início com a extração da massa mineral, executada na operação de desmonte por intermédio de explosivos, sendo o material daí

proveniente, conforme o diagrama de fogo predefinido, de grande granulometria, denominado enrocamento, agrupado e armazenado por classe de peso. O restante material é encaminhado para as unidades de transformação automatizadas ou não, onde é sujeito a diversos estágios de fragmentação e classificação. As diferentes granulometrias são depois armazenadas em silos de grande capacidade. Por fim, um sistema, também automatizado, operacionaliza a fase de expedição, fazendo cargas individuais (lote a lote), homogeneização de misturas predefinidas e lavagem do agregado. A Figura 19 mostra dois exemplos de produto final obtido na pedreira do caso de estudo A.

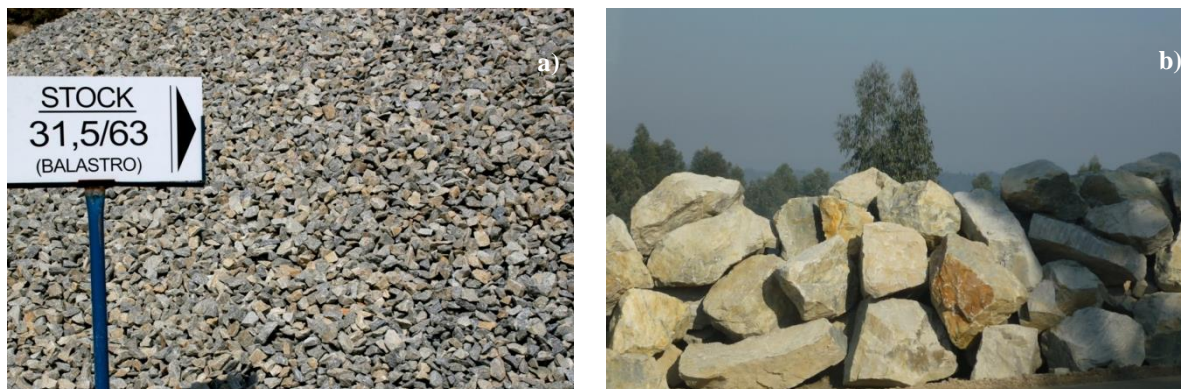


Figura 19 - a) Stock de agregados britados b) Enrocamentos.

Os agregados são diariamente submetidos a controlos, em laboratórios próprios e/ou externos credenciados, a fim de assegurar o controlo da qualidade da produção e a verificação da conformidade segundo os requisitos a que se propõem. Todos os agregados produzidos possuem marcação CE.

A empresa denominada - Caso de estudo A, é certificada, pela APCER - Associação Portuguesa de Certificação, por um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança, segundo as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, no âmbito da Conceção, Desenvolvimento e Exploração de Agregados Britados e Produção de Betão.

As principais fontes de risco (ruído, poeiras e vibrações), associadas à laboração das pedreiras que se pretendem avaliar no desenvolver desta tese, encontram-se nas operações ligadas à exploração da pedreira e à produção de agregados britados e apresentam-se resumidas na Tabela 41.

Tabela 41 - Operações associadas à laboração da pedreira onde serão controlados parâmetros de risco.

Exploração da pedreira	Agregados britados
Perfuração	Instalações de Britagem
Detonação	
Carga	
Transporte	

As operações que serão alvo de avaliação durante o este estudo serão as de perfuração, carga e transporte num ciclo de trabalho contínuo e a arrumação em *stock* e/ou a expedição do material para o cliente final (exterior).

É com a operação de **Perfuração** que se inicia todo o processo produtivo de uma pedreira. A operação de perfuração constitui deste modo o início da fase de desmonte da rocha ou minério, que depois é levada a cabo com arranque por meio de explosivos, recorrendo a pegas de fogo previamente definidas e planeadas (IGM, 1999).

Após a definição do produto que se pretende obter do desmonte através do diagrama de fogo estipulado, o encarregado da pedreira, assinala previamente os locais onde deverão ser feitos os furos. Assim, no decorrer de um ciclo de trabalho normal, o operador do carro de perfuração posiciona-o no local exato onde se pretende fazer o furo, limpa a superfície a furar removendo a marcação que havia sido deixada pelo encarregado (normalmente trata-se de uma planta autóctone - uma giesta), posiciona a coluna de perfuração no local exato e com a inclinação desejada, executa o furo. Mediante a profundidade da frente de desmonte/bancada, vai tendo necessidade de introduzir novas varas e voltar a furar, repetindo estes dois últimos passos quantas vezes forem necessárias até atingir a profundidade pretendida. No fim do ciclo, recolhe as varas, desloca-se até nova marcação e recomeça de novo o ciclo de trabalho. O ciclo repete-se até que estejam feitos todos os furos determinados no diagrama de fogo. A introdução e remoção das varas, bem como a sua lubrificação, são feitas de modo automático. Uma representação esquemática desta operação de perfuração está representada na Figura 20.

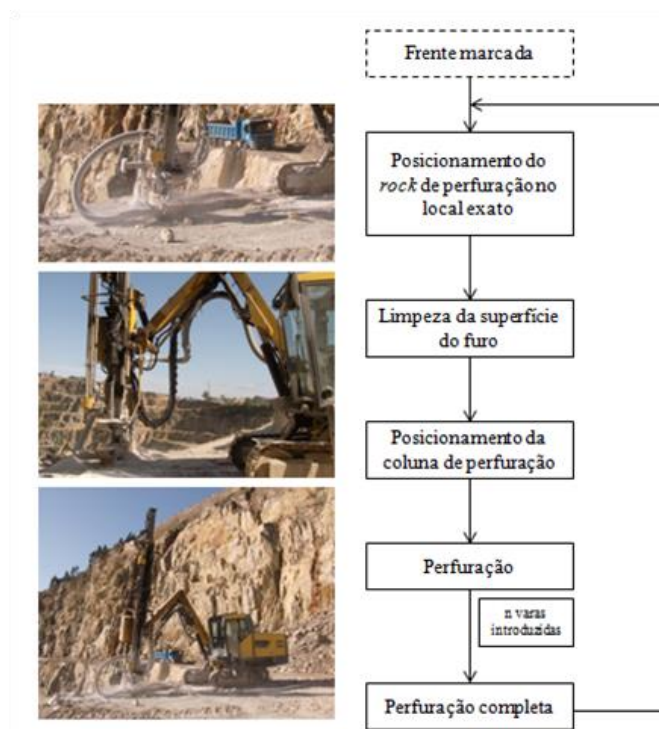


Figura 20 - Diagrama do ciclo de trabalho do Carro (*roc*) de perfuração.

O carro de perfuração da Figura 21 é um carro de perfuração da marca ATLAS COPCO, modelo *Roc D7*, com data de fabrico de 2007 e de entrada em funcionamento na empresa novo, também no ano de 2007. No que se refere às características de insonorização da cabine e características de suspensão dos assentos, o catálogo das especificações técnicas não faz qualquer referência a estes parâmetros. Possui um captador de poeiras acoplado, modelo DCT 110D, com uma área de filtração de 11 m² e uma capacidade de sucção de 500 l.seg⁻¹ (ver ANEXO XIII, catálogo do equipamento).

Na situação reportada na Figura 21, a introdução e remoção das varas, e a lubrificação, não são feitas de modo automático, visto que se trata de um carro de perfuração antigo e que nem possuía cabine.



Figura 21 - Carro de perfuração sem cabine com introdução e remoção das varas manual.

Este carro de perfuração é um equipamento sem cabine, o que obriga o seu operador a efetuar toda a sua manipulação, seja esta em termos de deslocação de um furo para o outro, de uma bancada para outra, seja o controlo dos manípulos que acionam a broca perfuradora, tudo isso, sob o efeito das condições atmosféricas que se façam sentir na ocasião, assim como com permanente exposição a níveis de ruído sempre superiores relativamente aos que um operador de um carro de perfuração que possua cabine se encontra exposto. Este equipamento em concreto (*Roc Atlas Copco 742HC01*) tem acoplado um captador de poeiras, cuja finalidade é funcionar como um sistema de sucção que remove o pó resultante da perfuração e recolhe-o para um saco de plástico fora do furo. A profundidade dos furos executados nesta pedreira variam consoante a zona a perfurar, mas normalmente as bancadas a desmontar têm uma média entre 8 e 10 metros de altura; são usadas 4 varas de 64 milímetros de diâmetro e 3 metros de comprimento. Assim, executam-se furos de cerca de 12 metros de altura, sendo que 2 metros corresponderão à subfuração, para que se garanta um bom arranque da totalidade da base da bancada sem formação de “*repé*”. A largura das bancadas é de cerca de 3 metros de largura, medida que garante a segurança dos operadores no que respeita a quedas e assegura também a circulação de veículos. É grande o interesse na avaliação dos riscos físicos neste

equipamento pelo facto de os operadores se encontrarem em contato direto, relativamente à transmissão das vibrações transmitidas ao corpo inteiro através da interface solo-pés como via de transmissão privilegiada e muito perto da fonte ruidosa e da produção de poeiras.

Ainda na frente de desmonte na Pedreira denominada Caso de Estudo B foi avaliada a operação efectuada por um equipamento cuja finalidade é reduzir a granulometria do material desmontado, quando este não vai ser utilizado para enrocamento e não está na granulometria ideal para ir directamente para a instalação de britagem. Trata-se de uma Pá Carregadora em que o balde é substituído por um martelo hidráulico (picador), conforme pode ser visto na Figura 22.

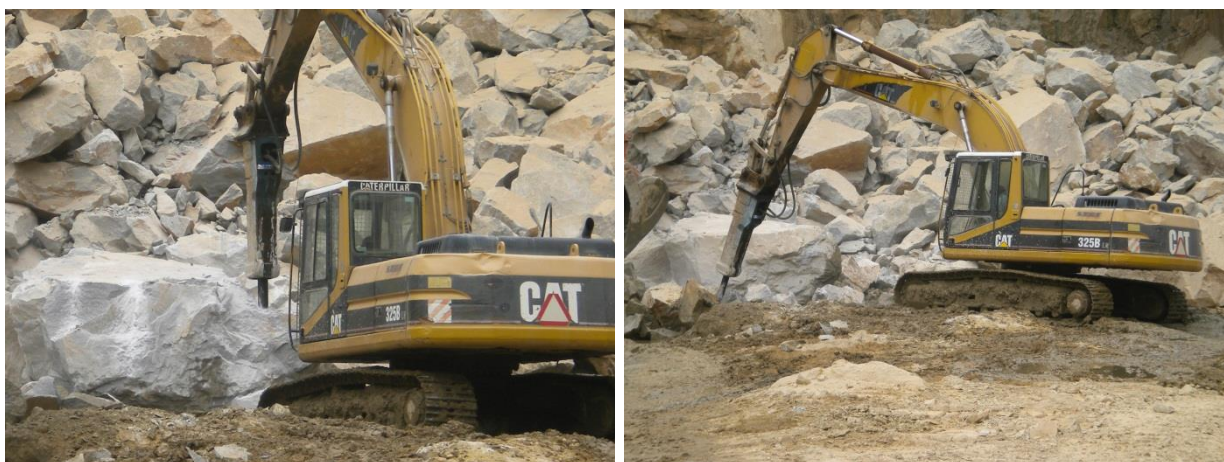


Figura 22 - Pá Escavadora Giratória CAT 325BLN com martelo hidráulico e a operação de taqueio.

Esta escavadora giratória sobre rastros efetua as operações de taqueio (redução) dos blocos grandes, evitando assim o recurso a explosivos, o que agiliza o processo produtivo e o torna mais seguro para os operadores.

A operação que se segue na sequência normal de trabalho de uma pedreira, é a **Carga**, que conforme o tamanho do material que foi previamente desmontado, ou as necessidades do mercado, é feita em camiões, da própria empresa ou do cliente final ou em *Dumpers* que fazem um circuito interno (doravante denominado por ciclo de transporte do *dumper*) para o britador primário.

Assim a operação de carga do material desmontado é feita com recurso a pás carregadoras giratórias de rotação total que se movimentam sobre rastros. São máquinas de carga por excelência, que podem também movimentar-se sobre pneus e que possuem um sistema de acoplamento rápido do balde ou garfo, mediante as necessidades do trabalho a executar. A rotina da operação de carga do material desmontado é diária e contínua. As técnicas aplicadas, bem como os meios disponíveis aplicam-se a todos os produtos resultantes do desmonte, quer estes requeiram a passagem pelo circuito de fragmentação, e neste caso serão para carga do

dumper ou sejam diretamente expedido para o exterior, e, nesse caso passarão a ser carga de camião.

Logo após o rebentamento da pega de fogo e verificada a frente de desmonte, a pá carregadora giratória desloca-se à frente já desmontada, e inicia a arrumação da mesma de modo a criar as condições de estabilidade, necessárias a um correto e seguro posicionamento e começa o seu ciclo de operações que consistem em:

- Fazer a seleção dos enrocamentos de grandes dimensões e posicioná-los à parte, de modo a que sejam transportados pela pá carregadora na qual se encontram acoplados “garfos”;
- Arrumar o material de maneira a facilitar posteriormente a operação de carga;
- Efetuar a carga dos *dumpers* e/ou camiões, acondicionando-a sempre o melhor possível.

Este ciclo de operações está ilustrado na Figura 23.



Figura 23 - Pá Carregadora Giratória em operação no seu ciclo de trabalho de carga. a) Operação de arrumo do material desmontado; b) Com o balde carregado em espera; c) Carga do *dumper*.

A pá carregadora giratória da Figura 23, é da marca CATERPILLAR, modelo 374 D e possui data de fabrico de 2011. No seu ciclo de trabalho de carga, encontra-se a carregar um *dumper*, marca TEREX, modelo TR 45 e possui data de fabrico de 2005.

Segundo o catálogo do equipamento, no que se refere à insonorização a Pá Carregadora CAT 374 D (ver ANEXO XIV), possui as seguintes características:

- O nível de ruído para o operador é, medido conforme os procedimentos devidamente especificados (ISO6394, 2008), sendo de 76 dB(A) para a cabine quando corretamente instalada, mantida e testada com as portas e vidros fechados;
- A proteção auricular pode ser necessária ao operar com a cabine aberta ou cabine fechada (quando não for mantida de modo adequado ou com as portas/vidros abertos) durante períodos prolongados ou em ambientes ruidosos;
- O nível de ruído para as pessoas no exterior conforme a norma da União Europeia 2000/14/EC é de 107 dB(A).

Estes equipamentos pela sua robustez, peso e tipo de atividade pouco se deslocam, havendo essencialmente movimento do seu braço/lança para a movimentação dos blocos. Caracterizam-se por ter alguns tempos de espera. Na Figura 24, podemos encontrar outra das pás giratórias avaliadas noutro contexto (Escavadora Giratória HITACHI ZX450LC).



Figura 24 - Pá Carregadora Giratória com balde em operações de saneamento de frentes e transporte.

Segundo o catálogo da Pá Escavadora Giratória HITACHI ZX450LC, no que se refere à insonorização ver o ANEXO XV.

Da sequência da operação anterior decorre a operação do **Transporte** do material. No caso em estudo irá ser focado o transporte do material desmontado, isto é, o material de granulometria capaz de entrar no circuito das instalações de britagem das pedreiras estudadas.

O equipamento com que habitualmente é efetuado o transporte dos produtos desmontados da frente do desmonte até ao britador primário ou para a pilha de *stock* é o *Dumper*. Este equipamento possuidor de uma caixa basculante, caracteriza-se por ser uma máquina lenta, mas robusta e com grande capacidade de carga. Estas características dão-lhe a capacidade de vencer terreno acidentado e bastante inclinado, fazendo dela a máquina indicada para trabalhos de carga e transporte em pedreiras.

O ciclo de transporte de um *dumper*, de um modo geral, engloba as seguintes etapas:

- **Carga** – operação de carga do *Dumper*, que se encontra estacionado junto à frente de desmonte, com o material proveniente do desmonte, com uma Pá Carregadora Giratória;
- **Transporte** – viagem em carga entre a frente de desmonte e o britador primário;
- **Descarga no Britador Primário** ou na pilha de *stock*;
- **Regresso** - viagem em vazio até ao local de carga onde se inicia um novo ciclo.

Os ciclos repetem-se enquanto houver material desmontado na frente de desmonte onde se desenvolvem os trabalhos. Findo o material desmontado, dirigem-se para uma nova frente (já desmontada) e reinicia um novo ciclo. De acordo com a sua capacidade de carga, e percurso a percorrer, variam os tempos de ciclo e a produtividade da pedreira.

A Figura 25 ilustra o ciclo de trabalho realizado pelo *dumper* acima descrito.

Para efetuar a operação de carga, o *dumper* executa, regra geral, uma manobra de marcha atrás, permanecendo em “ponto morto” junto da carregadora giratória, que executa a operação de carga do material. Uma vez terminada a carga, a pá giratória aciona um sinal sonoro para alertar o condutor do *dumper* que pode iniciar a marcha. O trajeto, normalmente, tem troços bastante inclinados e acidentados, que podem tornar as viagens morosas e desconfortáveis. Na zona de descarga, o *dumper* efetua nova marcha atrás de modo a posicionar-se em condições para a subida da caixa basculante e descarregar o material na torva do primário da britagem. Terminada a descarga, faz descer a caixa basculante e inicia nova viagem até à frente de desmonte para se iniciar novo ciclo.

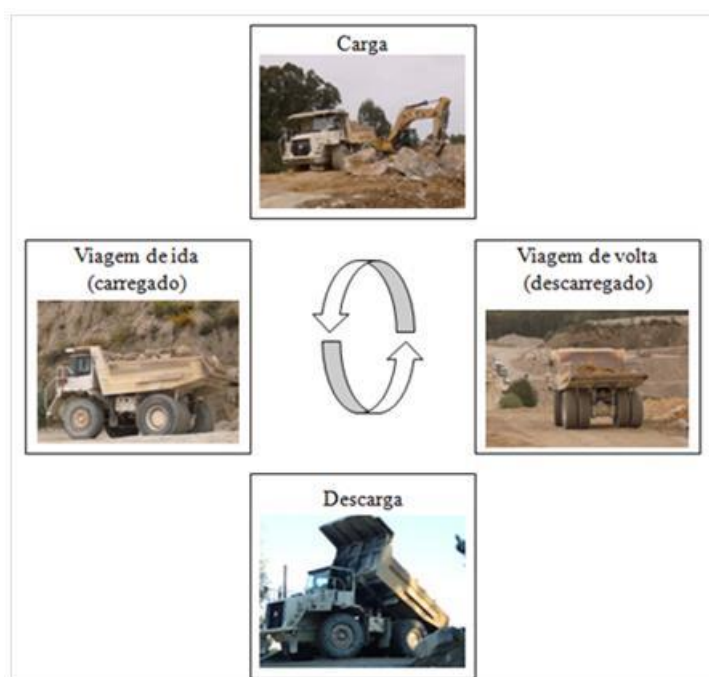


Figura 25 - Ciclo de trabalho realizado pelo *Dumper* – Operação de Transporte.

Durante a amostragem feita aos equipamentos do ciclo de transporte, ocorreu uma tarefa pontual, que foi a descarga de água da caixa do *dumper*. Esta etapa esporádica, definida nos procedimentos da empresa, é necessária sempre que o material é carregado pela pá carregadora para a caixa do *dumper* juntamente com grandes quantidades de água, pelo facto de o material desmontado ter estado sujeito à chuva durante a execução do trabalho ou nos dias anteriores. Esta tarefa consiste no *dumper* descarregar a água antes de efetuar a descarga do material proveniente do desmonte no britador primário de modo a evitar o encravamento.

Ao longo da preparação das medições de ruído a efetuar no *Dumper*, teve-se em atenção alguns fatores que pudessem interferir na qualidade das mesmas, tais como, condições atmosféricas e o estado das vias de circulação que são normalmente em terra batida podendo ter irregularidades que dificultem a movimentação dos veículos, conforme a Figura 26.

Quanto aos *Dumpers*, onde foram feitas as avaliações, e pelas suas características podem incluir-se no grupo de camiões rígidos ou articulados, diferenciando entre eles apenas o modo de movimentação da caixa de carga e sistema de suspensão, conforme a Figura 27.

Segundo o catálogo do equipamento e no que se refere à insonorização o *Dumper Volvo A35D* (ver ANEXO XVI) apresenta as seguintes características:

- O nível de ruído para o operador é, medido conforme os procedimentos devidamente especificados (ISO6394, 2008), sendo de 72 dB(A) para a cabine quando corretamente instalada, mantida e testada com as portas e vidros fechados;
- Nas mesmas circunstâncias, mas com a máxima velocidade o nível de ruído para o operador é de 76 dB(A) .

Não é feita qualquer referência à insonorização da cabine do *Dumper TEREX TR45*, no catálogo deste equipamento, (ver ANEXO XVII).



Figura 26 - Estado das vias de circulação.



Dumper TEREX TR45

Dumper Volvo A35D

Figura 27 - *Dumpers* avaliados.

Operação de carga do material em *Stock*

Para além das operações anteriormente descritas nas duas pedreiras estudadas, existe uma outra operação que também foi avaliada. Trata-se da operação de Carga do material que se encontra em *stock* já britado, que é realizada numa área da pedreira em que se processa em simultâneo circulação de pessoas, viaturas ligeiras e equipamentos de carga e transporte interno e de clientes externos que vêm carregar os seus camiões, o que torna esta operação de risco elevado. Os veículos associados a este tipo de operações de carga são: a Pá Carregadora de rodas CAT 966H, e uma Pá Carregadora Volvo L120F que se encontram ilustradas na Figura 28.

As funções principais que estas pás carregadoras têm na pedreira são:

- Proceder à carga dos camiões associados à fase de expedição de diversos tipos de material para o exterior (Figura 29 a));
- Arrumar os materiais em pilhas de *stock* (Figura 29 b));
- Colocar o material na alimentação do britador da instalação de britagem móvel (Figura 29 c));
- Colocar o material na alimentação da instalação de lavagem de areias (Figura 29 d)).



Pá Carregadora de rodas CAT 966H

Pá Carregadora de rodas Volvo L120F

Figura 28 - Pás Carregadores avaliadas.

Segundo o catálogo da Pá Carregadora CAT 966H, no que se refere à insonorização (ver Anexo XVIII):

- O nível de ruído para o operador, medido conforme os procedimentos especificados pela norma ISO 6394:1998¹ (ISO6394, 2008), é de 69 dB(A) para a cabine quando corretamente instalada, mantida e testada com as portas e vidros fechados;
- A proteção auricular pode ser necessária ao operar com a cabine aberta ou cabine fechada (quando não for mantida de modo adequado ou com as portas/vidros abertos) durante períodos prolongados ou em ambientes ruidosos;

- O nível de ruído para as pessoas no exterior conforme a norma da União Europeia 2000/14/EC é de 107 dB(A);
- Esta Pá possui uma capacidade de balde que varia entre 3,5 a 4,8 m³.

¹ A norma ISO 6394:1998 – “*Acoustics -- Measurement at the operator’s position of noise emitted by earth-moving machinery -- Stationary test conditions*” foi entretanto atualizada pela ISO 6394:2008 (ISO6394, 2008) – “*Earth-moving machinery – Determination of emission sound pressure level at operator’s position – Stationary test conditions*”.

Quanto à VOLVO L120F o seu catálogo de especificações técnicas no que se refere à insonorização (ver ANEXO XIX):

- Segundo a ISO 6396 (ISO6396, 2008) com o ar condicionado na velocidade máxima, o nível de ruído para o operador, medido conforme os procedimentos especificados pela norma é de 70 dB(A);
- Se o ar condicionado estiver numa velocidade média, o nível de ruído para o operador, medido conforme os procedimentos especificados pela norma é de 68 dB(A);
- Esta Pá possui uma capacidade de balde que varia entre 2,7 a 3,2 m³.

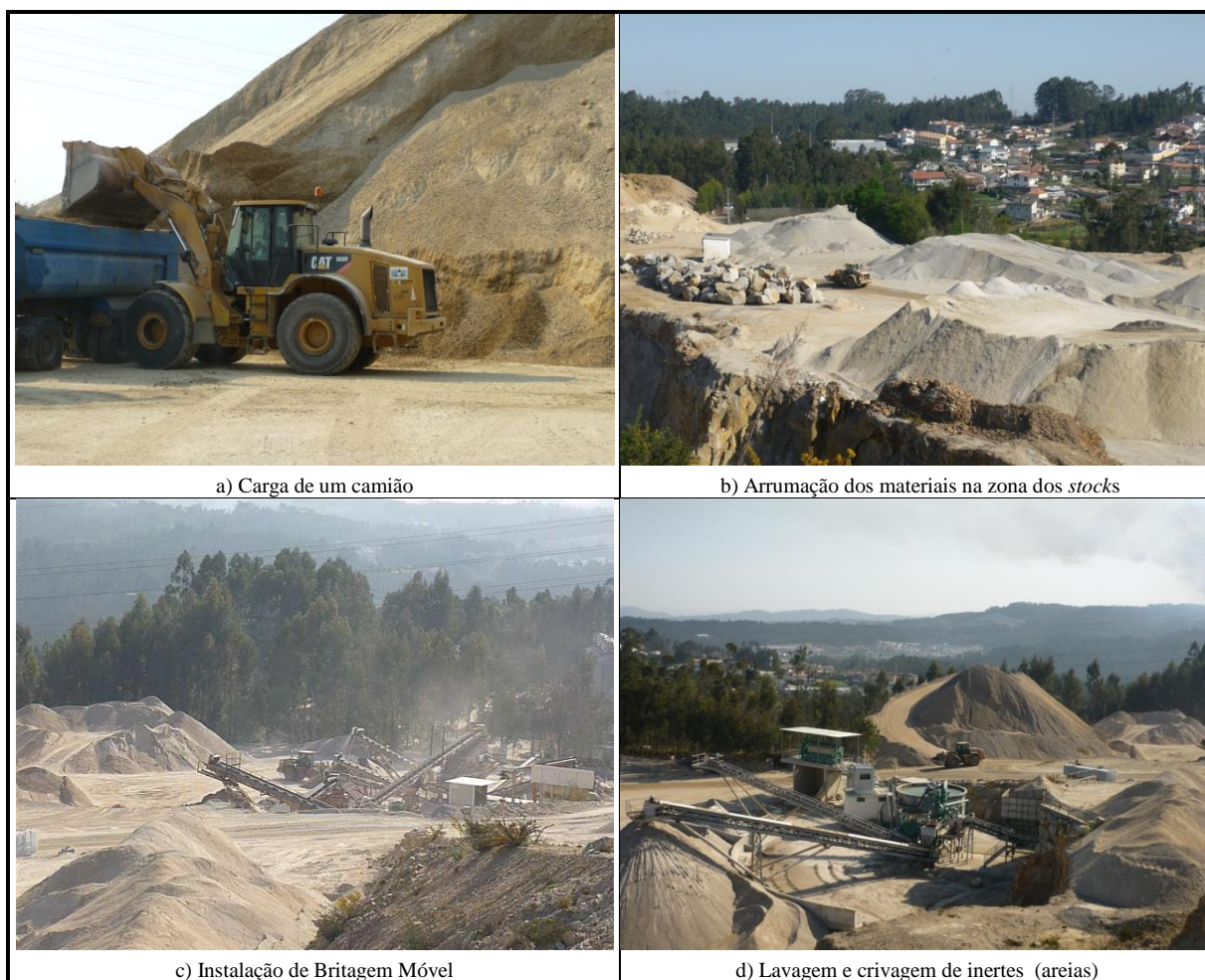


Figura 29 - Funções principais das Pás Carregadoras avaliadas.

3.3 Equipamentos de medição utilizados

3.3.1 Vibrações no Corpo Humano

Equipamento de medição de vibrações

O equipamento utilizado para a avaliação das vibrações no posto de trabalho, tem de estar de acordo com o previsto no número 3 do Artigo n.º 4 do Decreto-Lei n.º 46/2006 (DL46, 2006), como pode ser visualizado na Tabela 42. O equipamento utilizado é da marca SVANTEK (Polónia) e modelo SV 106 (Figura 30).

Tabela 42 - Princípios gerais da avaliação dos riscos – Vibrações.

Artigo 4.º
3 - Os sistemas de medição utilizados na medição dos níveis de vibrações mecânicas a que os trabalhadores se encontram expostos devem ser apropriados, cumprir os requisitos de normalização em vigor e ser calibrados anualmente. (DL46, 2006).

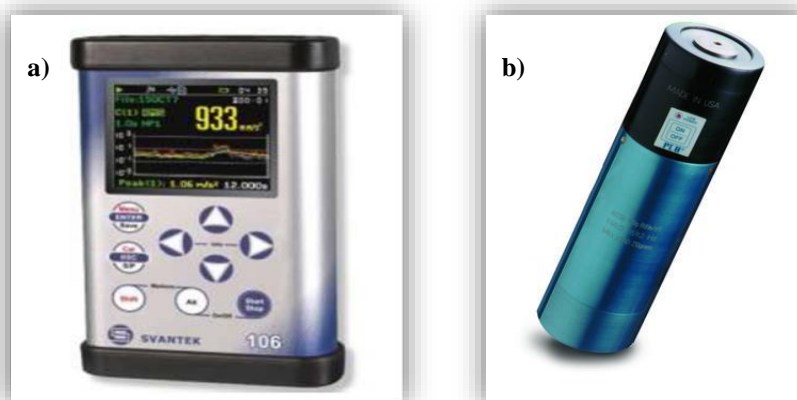


Figura 30 - Equipamento de medição e análise de vibração a) SV 106 e b) calibrador sistema MB.

Trata-se de um dispositivo dotado de 6 canais para medições simultâneas de VCI e também VMB. Permite armazenar dados num cartão de memória micro SD, mas também pode transmitir dados para computador via USB através do *software* SvanPC++ da Svantek, versão 2.3.14. No caso das avaliações feitas nesta tese, a aquisição dos dados foi programada para a obtenção de valores de 1 em 1 segundo com gravação automática no cartão de memória micro SD *flash*.

Para este analisador ficar com a capacidade de avaliar vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro (VCI) era-lhe acoplado o acessório de medição de VCI Svantek SV 100⁵ *Human Vibration Meter/Analyser* que se ilustra na Figura 31, cujas especificações técnicas poderão ser consultadas através do *link* que consta como fonte da imagem.



Figura 31 - Svantek SV 100 Human Vibration Meter/Analyser

(Fonte: <http://www.techrentals.com.my/Svantek-SV100-Whole-Body-Vibration-Analysis>)

⁵ <http://svantek.com/multichannel-measurements/sv-100-whole-body-vibration-dosimeter-analyser.html>

Para que com o SVAN 106 seja possível, em paralelo ou de forma independente, avaliar vibrações transmitidas ao sistema mão-braço (VMB) era-lhe acoplado o acessório de medição de VMB Svantek SV 100 *Human Vibration Meter/Analyser* que se ilustra na Figura 32.



Figura 32 - Svantek SV acelerómetro para sistema VMB aplicado ao volante do veículo.

Calibração dos sensores

O sistema de medição de vibrações, o calibrador do sistema MB e aos respetivos acelerómetros triaxiais usados foram objeto de calibração por entidade competente – ISQ, Instituto de Soldadura e Qualidade (Portugal). A calibração é uma exigência legal e tem periodicidade anual de acordo com o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24/02 (DL46, 2006). A última calibração do equipamento utilizado teve data de 21/11/2012 tendo sido passado o Certificado de Calibração CACV1223/12. O sensor do sistema corpo inteiro, devido à sua robustez e estabilidade, não é calibrado a cada medição, mas sim anualmente.

Software

A passagem dos dados da vibração foi feita por entrada USB. O equipamento Svan 106 permite trabalhar com um *software*, versão SvanPC++, versão 2.3.14 da SVANTEK que se revelou de fácil manuseamento com múltiplas opções de representação de dados. A representação mais utilizada baseou-se nos valores RMS (*Root Mean Square*), sendo então as representações gráficas função da aceleração RMS e do tempo. A versatilidade deste *software* permite-lhe transferir os dados para *Microsoft Excel*, de maneira que assim os principais parâmetros de avaliação de vibrações, nomeadamente a exposição diária a vibrações, A(8), foram calculadas em folhas de cálculo *Excel*.

Metodologia

A metodologia usada na recolha de vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro e mão-braço seguiu os princípios enunciados no capítulo 5 da Norma NP ISO 2631-1:2007 e do disposto no número 6 do Artigo 4.º do Decreto-Lei n.º46/2006 (DL46, 2006), conforme referido na Tabela 43 e ilustrado na Figura 33.

Quando se trata de VCI, o número 2 do Anexo II explica o procedimento a adotar para a recolha de vibrações (Tabela 44):

Tabela 43 - Disposições de medição de vibrações.

Artigo 4.º
6 - A medição da exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas deve ser feita de acordo com o disposto no anexo I ou II, os quais fazem parte integrante do presente decreto-lei, consoante se trate de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço ou ao corpo inteiro. (DL46, 2006)

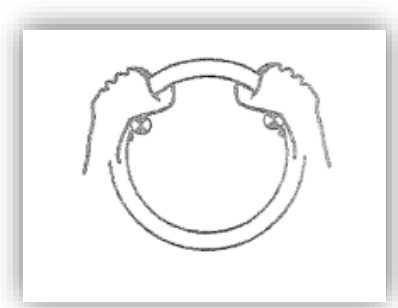


Figura 33 - Colocação do sensor no volante dos veículos avaliados.
(DL46, 2006).

Tabela 44 - Medição de vibrações transmitidas ao corpo inteiro.

Anexo II
2 – Medição - A vibração que é transmitida ao corpo deve ser medida entre o corpo e a superfície de apoio. O transdutor de vibração deve ser triaxial e estar localizado por forma a indicar a vibração na <i>interface</i> entre o corpo e a fonte da vibração. A duração da medição deve ser suficiente para garantir uma razoável exatidão estatística e assegurar que a vibração medida é representativa da exposição avaliada. (DL46, 2006)

O sistema de medição de vibrações, o calibrador do sistema MB e aos respetivos acelerómetros triaxiais cumprem os requisitos das normas (ISO8041, 2005), ISO 2631-1, ISO 2631-2, ISO 2631-5 (ISO2631-5, 2004) e EN ISO 5349-1:2001. Relativamente às normas citadas, por questões de ordem prática, sempre que exista entre elas a versão traduzida portuguesa, caso da ISO 2631-1:1997, com a corresponde (NPISO2631-1, 2007), e da EN ISO 5349 de 2001 com a correspondente NPENISO5349-1 de 2009, é esta a versão utilizada. Nas avaliações feitas foi sempre medida a vibração nos três eixos translacionais (longitudinal = eixo x; lateral = eixo y; vertical = eixo z).

Colocação dos sensores

Embora a avaliação das vibrações transmitidas ao sistema mão-braço (VMB), se tenha revelado uma fonte insignificante de vibração relativamente ao sistema corpo inteiro (VCI), em mais que um posto de trabalho ou veículo foi testada esta situação. Por esta razão foram seguidas com rigor as instruções fornecidas, quer pela legislação (DL46, 2006), quer pelo Guia de boas práticas de medição de vibrações - Exposição dos trabalhadores às vibrações (Guia23, 2014) para a colocação dos sensores e direcionamento dos eixos, conforme a Figura 34.

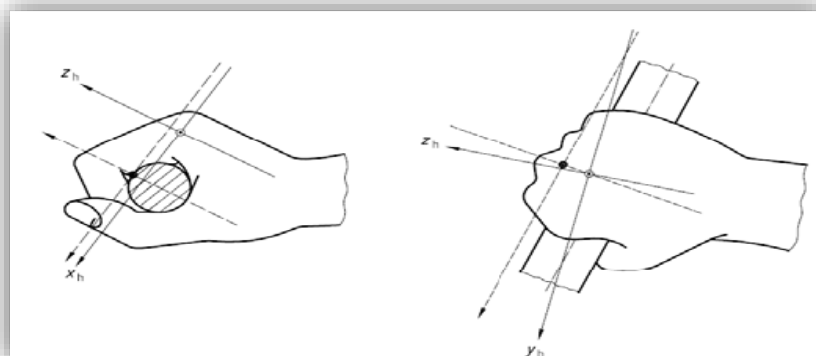


Figura 34 - Sistema de coordenadas Basicêntrico (-----) e Biodinâmico (______).
(Guia23, 2014).

À semelhança do sistema MB, o sistema de coordenadas ortogonal para o sistema CI está ilustrado na Figura 35. A colocação dos acelerómetros triaxiais teve sempre especial atenção, de modo a que fossem respeitadas as orientações corretas dos eixos de coordenadas.

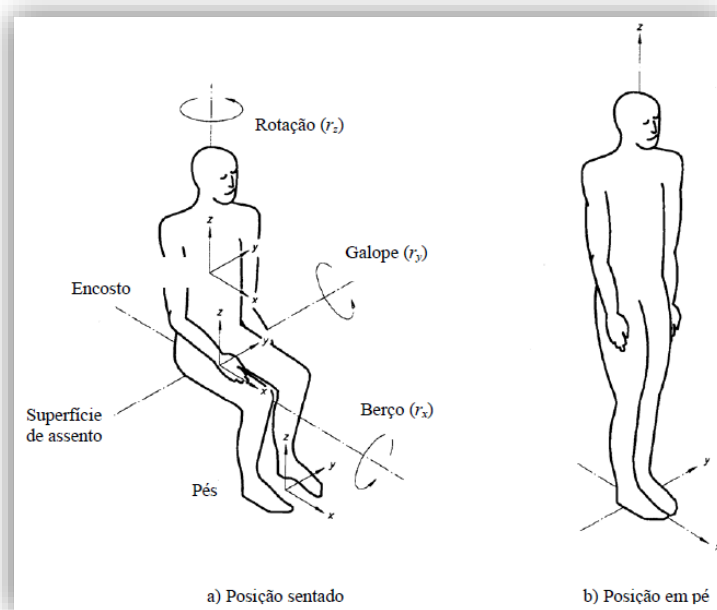


Figura 35 - Direção dos eixos no sistema CI, a) posição sentado e b) posição em pé.

(Guia23, 2014).

A montagem do acelerômetro do sistema corpo inteiro garantiu a imobilização à superfície vibrante com a fixação do adaptador (“bolacha”) com fita adesiva, o mesmo acontecendo para o cabo do sistema mão-braço que era fixo ao volante com tiras de velcro, também por razões de segurança do próprio cabo, de modo a não ser traçado. O cabo de ligação era também fixo no percurso entre o ponto de medição (assento do banco) e o banco com fita adesiva e colocado de modo a não perturbar a normal atividade do operador, bem como prevenir eventuais danos no cabo e efeitos triboelétricos que poderiam influenciar os valores a medir.

Na sucessão de figuras que se segue demonstra-se o modo como o sensor ficou solidário com a superfície do assento, zona onde o trabalhador está sentado, Figura 36. Em fase de medição propriamente dita, era solicitado aos operadores que retirassem todos os materiais resilientes que habitualmente usavam nos assentos, como mantas e almofadas, para a colocação dos sensores corretamente.

Em relação às situações anteriores, destaca-se a apresentada na Figura 37, do carro de perfuração – *roc*, sem cabine, onde não foi possível fazer a amostragem de vibrações na posição anterior, não tendo assim sido avaliadas as mesmas vias de transmissão de vibração de corpo inteiro. A única via de transmissão, foi através dos pés do operador, tendo sido colocado o sensor no chão, na proximidade possível do *roc*, em termos de segurança para o equipamento de medição.

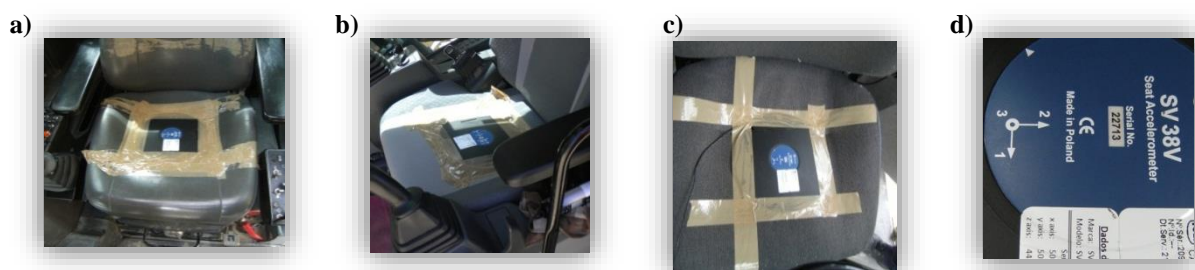


Figura 36 - Exemplo de colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com o assento do veículo no a) *Roc* de perfuração, b) Pá Carregadora Giratória, c) *Dumper*, d) Orientação dos eixos de coordenadas.

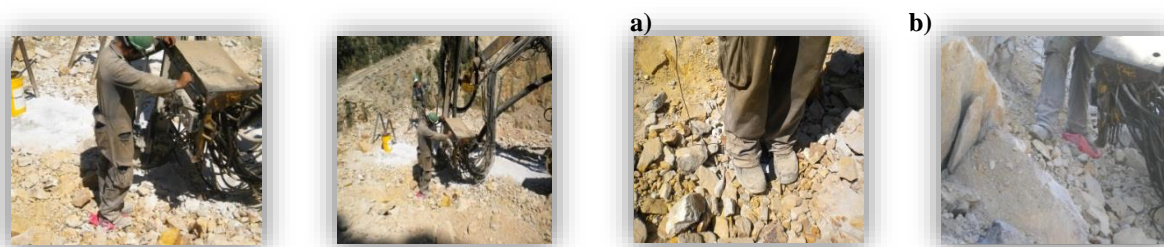


Figura 37 - Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro no *Roc* de perfuração sem cabine a) com os dois pés no sensor, b) com o pé esquerdo no sensor.

Como se trata de um equipamento muito antigo sem cabine, é manipulado de pé, junto do braço, como é visível na Figura 37. O *Roc* possui um assento, que serve, exclusivamente para as deslocações de local. Assim, as vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro por este carro de perfuração, foram feitas através da interface pavimento chão/pés do operador, para três situações distintas:

- Os dois pés sobre o acelerómetro;
- Apenas com o pé esquerdo sobre o acelerómetro;
- Apenas com o pé direito sobre o acelerómetro.

Estabelecimento do Protocolo de trabalho

Um dos fatores mais relevante para a avaliação da exposição a vibrações dos operadores, é o tempo de exposição ao longo do dia de trabalho e que vai ser o cumulativo do tempo de exposição em cada ciclo de trabalho. Esta variável, tempo despendido em cada ciclo de trabalho está dependente da experiência do trabalhador, das condições da pedreira e de fatores ambientais (Eger T. , Stevenson, Boileau, Salmoni, & VibRG, 2008), o que condicionou os ensaios de medição das vibrações fazendo com que a maioria deles tivesse tempos de medição na ordem das 2-3 horas, isto é, praticamente contínuos ao longo dos turnos de trabalho da manhã ou da tarde. Estas medições eram acompanhadas permanentemente por observação “*in loco*” e registo de ocorrências, cronometragem das tarefas e, num caso pontual, o caso da pá carregadora giratória, no caso de Estudo 1 - Pedreira A, houve ainda a necessidade de registo de vídeo para um melhor esclarecimento de algumas situações dúbias. Os dados recolhidos eram posteriormente sincronizados de modo a que a tarefa em causa fosse identificada claramente, o que iria permitir estabelecer relações com os padrões de vibração encontrados.

Foram registadas ainda as condições atmosféricas do local (pedreira), nomeadamente temperatura do ar (°C), humidade relativa (%), velocidade do vento (m/s) e estado do tempo.

Foram criadas fichas de recolha de dados no campo, para os equipamentos em estudo, a fim de registar todos estes dados. No, ANEXO I, ANEXO II, ANEXO III, ANEXO IV, ANEXO V, ANEXO VI, ANEXO VII e ANEXO VIII, apresentam-se os modelos criados para o efeito, em diferentes campanhas de aquisição de dados.

Condições Prévias aos ensaios

As operações desenrolam-se nas pedreiras avaliadas nas circunstâncias que eram encontradas nos dias que estavam definidas medições. Neste sentido, não eram criadas condições especiais, encontrando-se como pode ser visualizado na Figura 38 e na Figura 39, pisos irregulares de terra batida, rampas com inclinações relativamente elevadas e pisos completamente cobertos de água após dias de chuva.



Figura 38 - Piso irregular, em terra batida, característico dos caminhos das pedreiras em avaliação.

A condução/operação dos veículos envolve um conjunto de tarefas que se repetem ao longo do dia, criando uma rotina de trabalho denominado ciclo de trabalho. Para simplificar a análise da exposição a vibrações em cada um destes equipamentos, o ciclo de trabalho em cada um deles foi dividido nas seguintes tarefas:

- *Roc* de perfuração: (1) perfuração; (2) movimentação/posicionamento do veículo.
- Pá carregadora giratória: (1) carga de camiões/*dumpers*; (2) arrumação do material desmontado.
- *Dumper*: (1) carga; (2) transporte carregado; (3) descarga; (4) transporte vazio.
- Pá carregadora em *stock*: (1) carga de camiões; (2) arrumação do material no *stock*.



Figura 39 - a) Rampas com inclinações elevadas, b) acumulação de água após dia de chuva.

Nas circunstâncias encontradas em cada pedreira, a cada posto de trabalho só foi possível associar um trabalhador. No ANEXO IX, encontra-se o modelo utilizado e que reporta toda a informação sobre as características demográficas e ocupacionais dos trabalhadores. Esta foi obtida previamente ao início das medições de VCI, numa pequena entrevista feita aos

trabalhadores que assegurou toda a ética profissional exigida, durante a qual foram explicados os objetivos do estudo. Foi solicitado aos trabalhadores/operadores que realizassem o seu trabalho de forma habitual, tentando alhear-se dentro do possível da presença dos equipamentos de medição instalados nos veículos assim como da presença dos investigadores na sua função de observação das tarefas desenvolvidas ao longo dos ciclos de um dia de trabalho.

Todos estes trabalhadores/operadores em avaliação cumprem um horário laboral de 8 horas diárias, dividido por uma hora de pausa para almoço.

Modelo Analítico Legal aplicado ao cálculo dos parâmetros finais

Para o cálculo final dos parâmetros relativos às vibrações são obrigatoriamente aplicadas as Equações que se seguem:

- Para o **sistema CI**, o valor da aceleração eficaz ponderada em frequência (RMS) é determinado para cada um dos três eixos de referência (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}), correspondendo esta ao valor mais elevado dos resultados obtidos, de acordo com a Equação 2, retirada das indicações do Anexo II do (DL46, 2006). Os fatores de correção usados são $k_{x,y}=1,4$ e $k_z = 1$.

$$a_w = \max[1,4 \cdot a_{wx}, 1,4 \cdot a_{wy}, a_{wz}] \text{ (em } m \cdot s^{-2} \text{)}$$

Equação 2 - Fórmula de cálculo de aceleração eficaz ponderada (RMS) para VCI.

Pela leitura das orientações do Guia (Guia23, 2014) e da normalização em vigor (NPISO2631-1, 2007), correspondente à norma ISO 2631-1:1997, a avaliação feita deste modo corresponde ao método básico de avaliação do efeito da vibração na saúde do operador. As constantes são pré-definidas numa perspetiva de avaliação do efeito das vibrações na saúde dos operadores/trabalhadores, sobretudo na posição sentada. Tal acontece, porque são muito escassos os conhecimentos sobre os efeitos das vibrações sobre na saúde de pessoas em pé, inclinadas ou deitadas. Logo, as avaliações feitas no sistema VCI, aplicam-se a vibrações na gama de frequências de 0,5 a 80 Hz que são transmitidas, através do assento, ao corpo do operador/trabalhador sentado como um todo.

Quando analisada outra das vias de transmissão da VCI, por exemplo, pelos pés ou pelas costas do operador/trabalhador, esta avaliação é efetuada numa perspetiva não da saúde, mas de conforto para o trabalhador (NPISO2631-1, 2007). É também aplicada a gama de frequências de 0,5 Hz e 80 Hz que ocorre em todas as coordenadas sobre o assento e ainda no encosto do assento e nos pés de pessoas sentadas. Na presente situação, e na posição sentada, alteram-se os fatores de correção, que passam a tomar em todos os eixos o valor 1 (um), $k_{x,y,z} = 1$. Através deste tipo de avaliação é possível obter indicações aproximadas de reações prováveis a variadas amplitudes de vibração, conforme se apresenta na Tabela 45.

Tabela 45 - Sensação de conforto sentida pelo operador em função da vibração.

RMS	Sensação de conforto
Menor que 0,315 m.s ⁻²	Não desconfortável
0,315 m.s ⁻² até 0,63 m.s ⁻²	Ligeiramente desconfortável
0,5 m.s ⁻² até 1 m.s ⁻²	Razoavelmente desconfortável
0,8 m.s ⁻² até 1,6 m.s ⁻²	Desconfortável
1,25 m.s ⁻² até 2,5 m.s ⁻²	Muito desconfortável
Superior a 2 m.s ⁻²	Extremamente desconfortável

(NPISO2631-1, 2007).

O valor de exposição diária às vibrações, expresso em termos do valor total da vibração contínua equivalente, ponderada em frequência para um período de oito horas, representado por $A(8)_i$, foi calculado pela Equação 3. Esta foi a expressão utilizada para calcular o $A(8)$ característico de cada tarefa.

$$A(8)_i = K a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Equação 3 - Fórmula de cálculo do parâmetro $A(8)$ característico de cada Tarefa em VCI.

Onde:

T é a duração diária total da exposição às vibrações (em segundos);
 a_w é a aceleração eficaz ponderada, em metros por segundo quadrado;
 T_0 é a duração de referência de oito horas (28 800 segundos);
 k é o fator multiplicativo.

O posto de trabalho inclui a execução de múltiplas tarefas, com diferentes exposições a VCI. Assim, a exposição diária às vibrações, $A(8)_{PT}$, associada ao posto de trabalho, entrando em linha de conta com todas as tarefas que dele fazem parte, foi calculado através da Equação 4.

$$A(8)_{PT} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i}$$

Equação 4 - Fórmula de cálculo do parâmetro $A(8)$ associada ao Posto de Trabalho em VCI.

Onde:

a_{wi} é o valor total da vibração para a tarefa i ;
 n é o número de exposições parciais às vibrações;
 T_i é a duração da tarefa i .

Para o **sistema MB**, o valor total da vibração, a_{hv} , é definido como a soma quadrática das três componentes, sendo a_{hwx} , a_{hwy} e $a_{h wz}$ os valores eficazes das acelerações ponderadas em frequência para os eixos x , y e z , respetivamente. O valor a_{hv} é calculado de acordo com a Equação 5 retirada do Anexo I do (DL46, 2006).

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{h wz}^2}$$

Equação 5 - Fórmula de cálculo de aceleração eficaz ponderada (RMS) para VMB.

Se a exposição diária total às vibrações resultar da execução de várias tarefas com amplitudes de vibração diferentes, a exposição diária às vibrações, $A(8)$, deve ser obtida através da Equação 6:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \times \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

Equação 6 - Fórmula de cálculo do parâmetro $A(8)$ associada ao Posto de Trabalho em VMB.

onde:

a_{hvi} é o valor total da vibração para a $i^{\text{ésima}}$ tarefa;

n é o número de exposições parciais às vibrações;

T_i é a duração da $i^{\text{ésima}}$ tarefa.

A exposição diária às vibrações deve ser determinada por referência ao valor mais elevado das medições realizadas para as duas mãos.

A seleção do eixo predominante baseou-se nos valores de RMS obtidos. Verificou-se em qual dos eixos, o valor RMS era o maior, considerando-se este como o predominante.

O pico máximo considerado para avaliação, foi o resultado do maior valor de aceleração encontrado durante o período de medição a avaliar. Tendo em consideração que o parâmetro pico máximo não é um indicador que se encontre de momento legislado no âmbito da exposição às vibrações, à semelhança do que acontece com outros riscos físicos, como é o caso do ruído, reconhece-se, no entanto, que os problemas de saúde são influenciados pelos valores de pico e que ao basearmo-nos em metodologias apoiadas em médias de valores eficazes RMS (NPISO2631-1, 2007), se está a subestimar os efeitos para o operador. Esses efeitos poderão ir além de danos na saúde, podendo o pico máximo ter consequências até mais significativas ao nível do conforto do trabalhador no seu posto de trabalho.

Para efeitos de cálculos determinou-se a duração de cada tarefa individualmente, tendo sido feita a média de todas as tarefas registadas, assim como o cálculo da fração que essa tarefa representa no período laboral diário de 8 h.

A deteção de padrões de VCI (aceleração instantânea em $m.s^{-2}$) em função do tempo foi possível através da análise conjunta entre os registos gráficos das vibrações, a cronometragem das tarefas, feita paralelamente com as medições e todas as anotações de pormenor de situações de rotina e de anomalia, da observação “*in loco*” durante as medições (ANEXO I a ANEXO VIII). Investigaram-se padrões de comportamentos, com repetibilidade em diversos ciclos de trabalho nos diferentes veículos/equipamentos/postos de trabalho avaliados.

Os valores de aceleração são apresentados nas unidades SI ($m.s^{-2}$) e embora muitos dos estudos pesquisados e citados ao longo desta tese apresentem os seus resultados com três casas decimais (Mandal & Srivastava, 2010), (Smets, Eger, & Grenier, 2010), visto que numa análise final serão comparados os resultados com valores legais (DL46, 2006), que se apresentam arredondados a duas casas decimais, os resultados desta tese, serão tratados dessa forma.

3.3.2 Ruído Ocupacional

Equipamento

A avaliação da exposição pessoal dos trabalhadores ao ruído nos locais de trabalho foi feita com o auxílio de um Sonómetro marca 01dB Blue modelo Solo, que se apresenta na Figura 40, que pertence ao Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais – PROA da FEUP.



Figura 40 - Sonómetro 01dB Blue Solo.
(fonte: <http://www.locadif.fr/fr/produits.asp?idm=103>)

Trata-se de um equipamento com classe de exatidão I, que possui o Despacho de aprovação de modelo com o nº 245.70.04.03.55, do Diário de República III Série, nº 34 de 17/02/2005.

Devido à sua versatilidade, este sonómetro analisa em tempo real com as bandas de 1/1 oitava ou 1/3 oitava normalizadas que permite resultados L_{eq} em bandas de frequência. Assim, o sonómetro é totalmente configurável e expansível de forma rápida e fácil, tanto a nível de *software*, como de *hardware*.

Este equipamento utilizado para a avaliação de ruído no posto de trabalho, deve estar de acordo com o previsto no número 1 do Anexo I – Medição do Ruído, do Decreto-Lei n.º186/2006 (DL182, 2006) e cumprir os requisitos previstos no número 1 do Anexo II - Instrumentos de Medição, conforme esquematizado na Tabela 46.

Tabela 46 - Características do equipamento para a avaliação do ruído.

Anexo I
1 – Na determinação da exposição diária do trabalhador ao ruído durante o trabalho, $L_{EX,8h}$, e do nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} , ou para a seleção de protetores de ouvido, são utilizados os instrumentos de medição indicados no Anexo II.
Anexo II
1 – Os instrumentos de medição devem dispor das características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir e das ponderações em frequência A e C e cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exatidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível a utilização de sonómetros de classe 1, para maior exatidão das medições.

(DL182, 2006).

Calibração

É requisito legal deste equipamento que se proceda à calibração anual efetuada por entidades acreditadas. A entidade responsável pela verificação metrológica do sonómetro utilizado foi o ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, que passou o Certificado de verificação nº 245.70/12549 de 19/09/2012. Na mesma ocasião e pela mesma entidade, foi feita a calibração do calibrador de Marca Rion NC-74, cujo certificado de calibração tem o nº CACV1224/12 de 19/09/2012.

A primeira fase de recolha das amostras teve início em Dezembro de 2011 e terminou em Março de 2012 com períodos de amostragem de duração variada.

O segundo período de medições no terreno decorreu entre os dias 9 de Julho e 1 de Agosto de 2013, o que significa que o sonómetro se encontrava dentro do período válido de calibração.

Software

Após a recolha dos dados com o sonómetro nos locais a avaliar, estes são transferidos via USB para um computador, através do *software dBTrait* versão 5.1.

Trata-se de um *software* que permite a visualização e tratamento dos dados recolhidos pelo sonómetro. A visualização dos dados é feita através de gráficos que apresentam espectros em frequência, cuja banda é previamente selecionada, de acordo com as variáveis que se pretende trabalhar e/ou obter. Este *software*, permite também exportar os dados retirados do sonómetro para o *Microsoft Excel*, facilitando deste modo a execução de outros cálculos que o *dBTrait* pela sua própria limitação não permita fazer. No entanto, é de salientar que se trata de um *software* bastante capaz e amigável, que tem a capacidade de calcular os parâmetros mais importantes na caracterização do posto de trabalho, nomeadamente o $L_{EX,8h}$ e o L_{Cpico} . Ao longo do Capítulo de apresentação de resultados desta Tese serão apresentados gráficos com valores L_{eq} em função do tempo e tabelas com os valores de $L_{EX,8h}$ e o L_{Cpico} .

Préviamente ao início das medições procedeu-se à programação das configurações do sonómetro de modo a permitir obter os resultados pretendidos. Estas configurações, que figuraram no equipamento durante todo o período de avaliação de todos os postos de trabalho encontram-se descritas na Tabela 47.

As leituras instantâneas são feitas em ponderação linear e o *software* converte para a ponderação A ou C, exigida pela legislação em vigor.

Tabela 47 - Configuração do Sonómetro 01dB Blue Solo.

Configurações	Opções	
Modo	Arquivo Completo	
Sensores	Sensores Campo livre	Microfone sim
Entradas	AC	10Hz
Saídas	Saída AC Nível AC Saída DC Resultado DC	Não 0 dB Não L _{eq}
Arquivamento	L _{eq} L _{pk} L _{eq} 1-1	L _{Aeq} Espectro 1/1 L _{Cpk} 63 Hz – 8 KHz
Parâmetros	Tipo Modo BE BE duração	L _{eq} (A) Real 10 s
Transferência	Protocolo	Blue Solo

Este *software* permite tratar todas as amostras na íntegra, com a duração total das mesmas, ou separadamente por cada ciclo entretanto definido pela observação *in loco* das atividades.

Simultaneamente com a monitorização do ruído foram preenchidas folhas de campo, cujos modelos, que se encontram no ANEXO X e ANEXO XI, reúnem, para além de informações relativas aos operadores, informação acerca das condições atmosféricas, tipo de equipamento usado e também informação das diferentes tarefas da atividade que se estava a desenvolver na ocasião, com a anotação dos tempos de realização das mesmas, com o objetivo de posteriormente interpretar melhor os dados recolhidos. A mesma folha de campo contém uma seção de observações cujo objetivo é anotar todas as situações pontuais que possam justificar variações inesperadas nos resultados.

Metodologia

A avaliação de ruído foi feita de acordo com o previsto no artigo 4.º do Decreto-Lei n.º182/2006 (DL182, 2006), onde são enunciados os princípios gerais de avaliação de riscos e que se encontram transcritos para a Tabela 48.

Tabela 48 - Princípios gerais da avaliação de riscos – Ruído.

Artigo 4.º
7 - A avaliação feita com base na medição do ruído é efetuada de acordo com o estabelecido nos anexos I e II, os quais fazem parte integrante do presente decreto-lei, e deve permitir a determinação da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído, assim como a determinação do nível da pressão sonora de pico a que cada trabalhador está exposto. (DL182, 2006).

Também as orientações respeitantes à posição e intervalo de tempo de medição adequado para a recolha de dados de ruído se encontram mencionadas na alínea b) do número 3 e alíneas a) e b) do número 4 do Anexo I e encontram-se transcritas para a Tabela 49 e ilustradas algumas situações entre a Figura 41 e a Figura 43, respetivamente em avaliações realizadas em Pás carregadoras, *Roc* sem cabine e *Dumpers*.

Tabela 49 - Medição do ruído.

Anexo I

3 – Posições de medição

b) Quando a presença do trabalhador for necessária, o microfone deve ser colocado a uma distância de entre 0,10 e 0,30 m em frente à orelha mais exposta do operador.

4 – Intervalos de tempo de medição

a) O intervalo de tempo de medição deve ser escolhido de modo a medir e a englobar todas as variações importantes dos níveis sonoros nos postos de trabalho e de modo a que os resultados obtidos evidenciem repetibilidade.

b) O intervalo de tempo de medição, que depende do tipo de exposição ao ruído, pode ser dividido em intervalos de tempo parciais com o mesmo tipo de ruído, designadamente ruído correspondente às diferentes atividades do posto de trabalho ou do seu ambiente de trabalho.

(DL182, 2006).

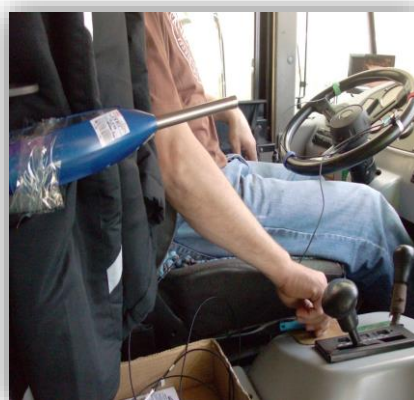


Figura 41 - Exemplos de colocação do sonómetro, na cabine de uma Pá Carregadora.



Figura 42 - Exemplos de avaliação de ruído no exterior, com sonómetro num *Roc* sem cabine.



Figura 43 - Exemplos de colocação do sonómetro, na cabine de um *Dumper*.

Análise dos dados

Para o cálculo final dos parâmetros foram aplicadas as Equações que se seguem:

Exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$, é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T_0), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB (A), dado pela Equação 7:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Equação 7 - Fórmula de cálculo do $L_{EX,8h}$, Exposição pessoal diária ao Ruído.

em que

$L_{Aeq,Te}$ é calculado pela Equação 8.

$$L_{Aeq,Te} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\}$$

Equação 8 - Equação para o cálculo do $L_{Aeq,Te}$, Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A.

Onde:

T_e é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

T_0 é a duração de referência de oito horas (28 800 segundos);

$p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em pascal (Pa), a que está exposto um trabalhador;

p_0 é a pressão de referência $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ pascal = 20 μ Pa.

Exposição pessoal diária efetiva, $L_{EX,8h,efect}$, é a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB (A), calculada pela Equação 9.

$$L_{EX,8h,efct} = 10 \lg \left[\left(\frac{1}{8} \right) \sum_{K=1}^{K=n} T_K 10^{(0,1L_{Aeq,TK,efect})} \right]$$

Equação 9 - Equação para o cálculo da Exposição pessoal diária efetiva, $L_{EX,8h,efect}$.

Em que:

T_k é o tempo de exposição ao ruído k;

$L_{Aeq,TK,efect}$ é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores auditivos.

Nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} , é o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB(C), dado pela Equação 10.

$$L_{Cpico} = 10 \lg \left(\frac{p_{Cpico}}{p_0} \right)^2$$

Equação 10 - Equação para o cálculo do Nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} .

Em que:

p_{Cpico} é o valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C, expresso em pascal.

A metodologia seguida para as avaliações e aconselhada pela legislação é normalizada e baseia-se na NPENISO 9612:2011 (NPENISO9612, 2011), que corresponde à versão portuguesa da ENISO 9612:2009. Antes de selecionar um protocolo de medição foi fundamental a observação e a análise das condições de exposição dos operadores que se pretendia avaliar, de modo a poder controlar-se a qualidade das medições. Deste modo, o protocolo adotado foi, segundo a norma, a estratégia de medição baseada no posto de trabalho (ou atividade) onde foi retirado um número de amostras aleatórias do nível de pressão sonora durante a realização da sua atividade. O princípio desta *estratégia* normalizada de medição consiste em retirar amostras aleatórias da exposição ao ruído, através da medição do L_{Aeq} durante a realização das atividades identificadas aquando da análise do conteúdo de trabalho (NPENISO9612, 2011).

3.3.3 Poeiras Ocupacionais

Equipamentos

A avaliação da exposição pessoal dos trabalhadores a poeiras respiráveis (PR) e a poeiras totais (PT) é possível através da recolha da amostra por equipamentos adequados para a função, como é o caso das bombas de aspiração pessoal, de que se apresentam alguns exemplos utilizados na recolha de amostras desta tese na Figura 44.



Figura 44 - Bombas de aspiração pessoal.

Estas bombas de sucção, que possuem, por intermédio de uma bateria, autonomia de cerca de 8 horas, para realizar a amostragem de poeiras respiráveis e totais, são ligadas através de um tubo de plástico a um ciclone, para o caso das poeiras respiráveis, dentro do qual se encontra uma *cassete*, onde se encontra colocado previamente o filtro por onde passa o ar aspirado, como pode ser visualizado na Figura 45.

A finalidade da utilização do ciclone, é permitir a separação das poeiras respiráveis das restantes granulometrias, de modo que o filtro retém as partículas de interesse. O esquema de montagem do filtro na cassete de transporte que é colocada na bomba e serve de cabeça de amostragem encontra-se ilustrado na Figura 46.

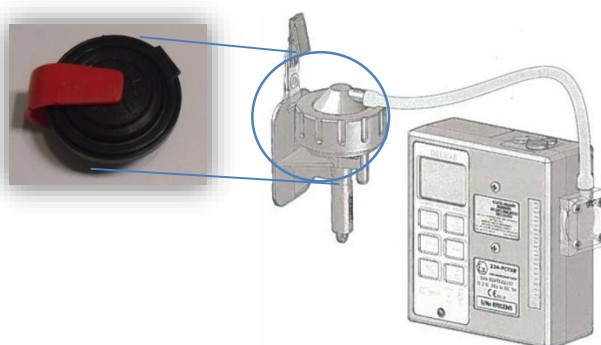


Figura 45 - Conjunto cassete - ciclone e bomba para a amostragem de poeiras respiráveis.

Fonte: (SKC, 2008).

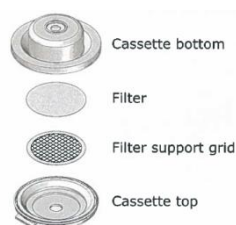


Figura 46 - Esquema de montagem do sistema filtro-suporte-cassete.

Fonte: (SKC, 2008).

Os acessórios utilizados e respectivas características do sistema de amostragem, de acordo com a norma que serviu de base para a amostragem das poeiras respiráveis NIOSH 0600 “Particulates Not Otherwise Regulated, Respirable” (NIOSH0600, 1998), apresentam-se na Tabela 50.

Tabela 50 - Características do material utilizado para amostragem de poeiras respiráveis.

	Poeiras respiráveis
Tipo de filtro	PVC 5 μ m
Tipo de suporte	Ciclone Higgins-Dewell (HD)
Caudal (l/min)	2,2
Volume mínimo (l)	20
Volume máximo (l)	400
Método analítico	Gravimetria

(NIOSH0600, 1998).

Sendo o caudal recomendado pela norma de 2,2 l/min e o volume mínimo recomendado de 20 litros e máximo recomendado de 400 litros, foi calculado o tempo mínimo e máximo de amostragem, que correspondeu respetivamente a cerca de 9 e 181 minutos. Perante estes valores, e sempre que era possível na prática a sua exequibilidade, seleccionou-se um tempo médio de amostragem de cerca de 140 minutos.

Para a amostragem das poeiras totais o ciclone é substituído por uma cassete de 3 corpos e o respetivo suporte que se liga à bomba de aspiração, como pode ser visualizado na Figura 47.



Figura 47 - Conjunto cassete de 3 corpos e respectivo suporte para a amostragem de poeiras totais.

Fonte: (SKC, 2008).

Na Tabela 51, à semelhança do descrito anteriormente, apresentam-se os acessórios utilizados e respectivas características do sistema de amostragem, de acordo com a norma que serviu de base para a amostragem das poeiras totais NIOSH 0500 “Particulates Not Otherwise Regulated, Total” (NIOSH0500, 1994).

Tabela 51 - Características do material utilizado para amostragem de poeiras totais.

	Poeiras Totais
Tipo de filtro	37 mm PVC 5 μ m
Tipo de suporte	cassete de 3 corpos
Caudal (l/min)	1-2
Volume mínimo (l)	7
Volume máximo (l)	133
Método analítico	Gravimetria

(NIOSH0500, 1994)

Variando o caudal recomendado pela norma entre 1 e 2 l.min⁻¹ e o volume mínimo recomendado de 7 litros e máximo recomendado de 133 litros, calculou-se o tempo mínimo e máximo de amostragem, que correspondeu respetivamente a cerca de 3,5 e 66,5 minutos. Relativamente ao caudal pré-definiu-se trabalhar com um caudal de 2,0 l.min⁻¹.

Como procedimento de controlo de qualidade das metodologias aplicadas, procedeu-se à calibração do equipamento, de uma forma rotineira, no início e no final de cada amostragem, seguindo o procedimento indicado a seguir e que se encontra esquematizado na Figura 48.

Ligar a bomba de aspiração ao ciclone contendo o filtro;

1. Ligar o ciclone ao calibrador;
2. Ligar o calibrador e a bomba de aspiração;
3. Ajustar o caudal na bomba de aspiração até ao valor pretendido;
4. Efetuar três leituras do caudal, através dos valores indicados no calibrador.

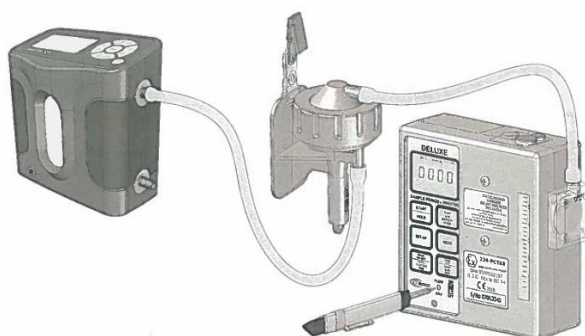


Figura 48 - Esquema de calibração para as bombas de aspiração.

Fonte: (SKC, 2008).

Como critério de qualidade dos resultados obtidos durante a calibração das bombas de aspiração, apenas foram consideradas válidas as amostragens cujos valores médios, das

calibrações iniciais e finais, apresentavam uma variação inferior a 5%. Este valor limite, permite manter um critério de qualidade relativamente aos resultados obtidos, uma vez que uma grande variação entre o caudal médio inicial e o caudal médio final poderia influenciar o cálculo final da concentração de poeiras e de algum modo induzir a interpretações erradas. Nas Tabela 52 e Tabela 53 apresentam-se as principais características dos postos de trabalho em que foram avaliadas poeiras respiráveis e totais, respetivamente na Pedreira A e B.

Tabela 52 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira A.

Posto de trabalho	Marca	Modelo	Cabine	Ar condicionado	Local habitual
<i>Roc</i>	Atlas Copco	D7	✓	✓	Zona de desmonte
<i>Dumper</i>	TEREX	TR45	✓	✓	Zona de desmonte – britador primário
Pá carregadora	CAT	980H ou 980G	✓	✓	Zona de desmonte
Pá carregadora	Volvo	L150E	✓	✓	Zona de <i>stocks</i>
Pá giratória	CAT	374D	✓	✓	Zona de desmonte
Britador primário			✓		-

Tabela 53 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira B.

Posto de trabalho	Marca	Modelo	Cabine	Ar condicionado	Local habitual
<i>Roc</i>	Atlas Copco	742HC01	s/	s/	Zona de desmonte
<i>Dumper</i>	Volvo	A35D	✓	✓	Zona de desmonte
Pá carregadora	Volvo	L120F	✓	✓	Zona de <i>stocks</i>
Pá carregadora	Volvo	L120C	✓	✓	Zona de <i>stocks</i>
Pá giratória	HITACHI	ZX520	✓	✓	Zona de desmonte
Britador primário			✓		Zona de Britagem

Todos os equipamentos acima mencionados possuem cabine, incluindo o local onde se situa o operador da central de britagem, com exceção do carro de perfuração (*Roc*) apresentado na imagem b) como se encontra ilustrado na Figura 49.

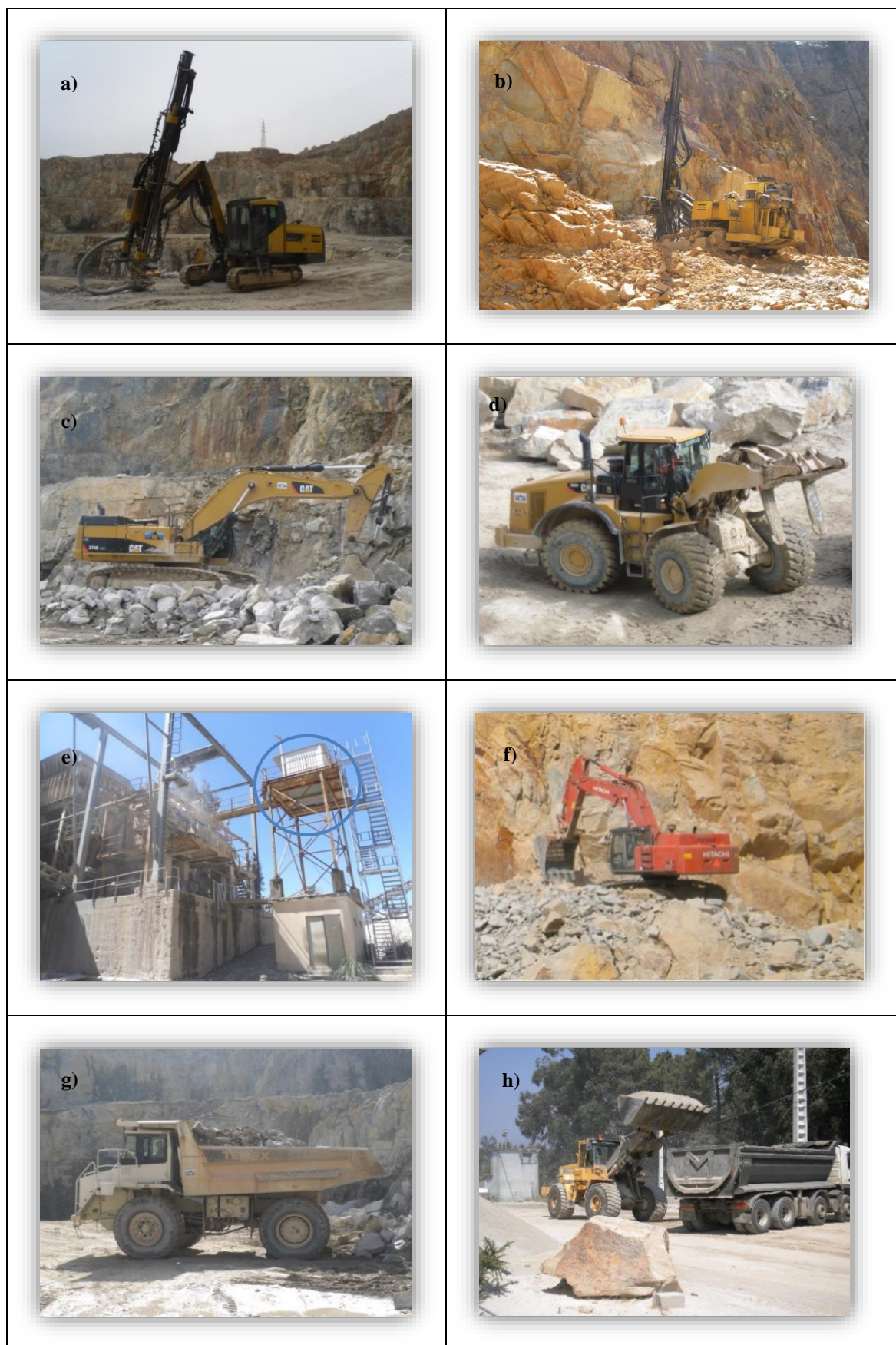


Figura 49 - Postos de trabalho avaliados: Carros de Perfuração (*Rocs*) a) com cabine, b) sem cabine, c) Pá Giratória, d) Pá Carregadora em desmonte, e) Britador Primário, f) Pá Carregadora Giratória, g) *Dumper*, h) Pá Carregadora em *Stock*.

Tendo em conta as características dos locais de trabalho avaliados, verificou-se que apenas no caso do britador primário era possível realizar uma amostragem com a bomba colocada diretamente no operador, isto é uma amostragem móvel e não estática ou estacionária. No entanto, com o intuito de não sobrecarregar o operador com o peso da bomba e sabendo à partida, que este se movimenta ao longo do seu dia de trabalho maioritariamente no exterior da cabine (para, por exemplo, desobstrução do britador) optou-se por colocar o equipamento de amostragem na parte exterior do seu posto de trabalho, assumindo que este estaria continuamente exposto àquela concentração de poeiras.

Após calibração, a bomba de aspiração deve ser colocada na zona mais próxima do sistema respiratório do trabalhador, conforme ilustrado na Figura 50a). No caso particular do britador primário esta foi colocada no exterior, realizando uma amostragem estacionária a uma altura equivalente à altura aproximada do operador, tal como pode ser visualizado na Figura 50b).



Figura 50 - Colocação da bomba de aspiração a) na zona próxima do sistema respiratório do trabalhador, b) na parte exterior do britador primário.

Na Figura 51 pode-se observar a recolha simultânea de amostra de poeiras totais e respiráveis, respetivamente com a colocação em simultâneo de um ciclone e de uma cassete no mesmo veículo de modo a caracterizar o mesmo operador ou o mesmo posto de trabalho. Na situação particular da Figura 51, reporta, uma amostragem estática, num equipamento sem cabine, trata-se do carro de perfuração - *Roc Atlas COPCO 742HC01*.

Na Figura 52 pode ser observada uma das várias avaliações que foi feita em simultâneo para a recolha de partículas respiráveis com ciclone e com cassetes para partículas totais, nas imagem em a) e b), sendo que em a) num posto de trabalho com cabine, mas num operador que executava funções também no exterior, daí a necessidade de ser ele próprio o portador dos amostradores e em b) uma amostragem estática no exterior do britador primário.

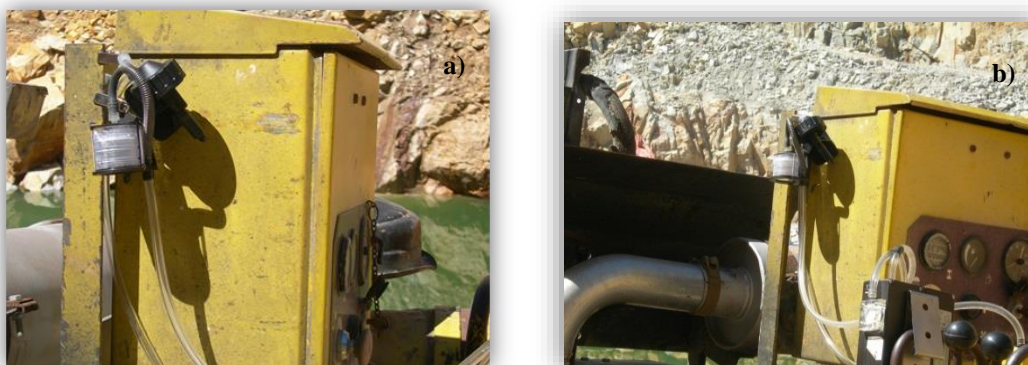


Figura 51 - Colocação da bomba de aspiração em posição estacionária no carro de perfuração (*roc*) sem cabine amostragem em paralelo, a) com ciclone (PR) e b) com cassete (PT).

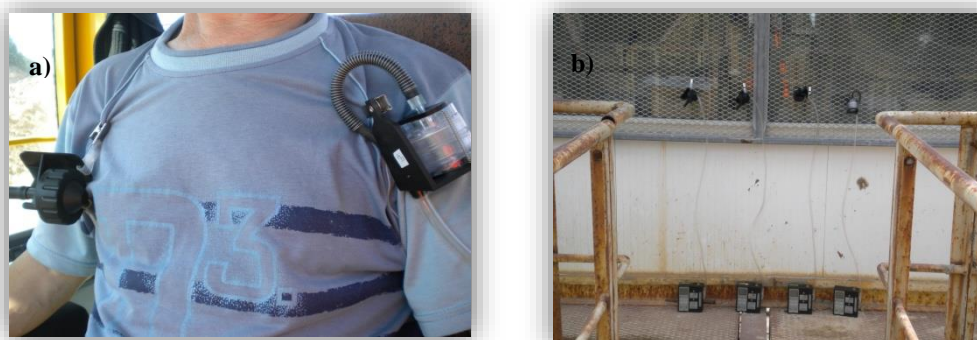


Figura 52 - Amostragem em paralelo com ciclone (PR) e com cassete (PT). Colocação da bomba de aspiração, a) na zona próxima do sistema respiratório do trabalhador, b) na parte exterior do britador primário.

Com a finalidade de possuir dados representativos e com características de reprodutividade grande, sempre que exequível, foram realizadas três amostragens de poeiras respiráveis e totais, de modo a garantir a representatividade dos valores obtidos. Após recolha das amostras, estas foram devidamente tratadas no laboratório do setor Higiene e Segurança (HS) da Unidade de Ciência e Tecnologia, Laboratório (UCTM-Lab) do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), com a seguinte ordem de tratamento:

- Pesagem prévia dos filtros virgens em ambiente controlado (temperatura e humidade);
- Pesagem dos filtros após amostragem, para posterior cálculo da concentração de amostra;
- Envio dos filtros com partículas respiráveis para análise do teor de sílica, por difração de raios X.

O volume de amostra foi calculado tendo em conta o tempo de amostragem e o caudal médio obtido pelas calibrações inicial e final, Equação 11.

$$V_{amostra} = t_{amostragem} \times Q_{amostragem}$$

Equação 11 - Equação para o cálculo do Volume da amostra de Poeiras.

A concentração de poeiras foi obtida através da massa e do volume de amostra, Equação 12.

Onde, $V_{amostra}$ corresponde ao volume de amostra (l), $t_{amostragem}$ ao tempo de amostragem (min) e $Q_{amostragem}$ ao caudal de amostragem (l.min⁻¹).

$$C_{partículas\ respiráveis} = \frac{m_{amostra}}{V_{amostra} \times 0,001}$$

Equação 12 - Equação para o cálculo da concentração de Poeiras.

Onde, $C_{partículas\ respiráveis}$ corresponde à concentração de partículas respiráveis (mg.m⁻³), $m_{amostra}$ à massa de amostra (mg) e $V_{amostra}$ o volume de amostra (l).

Para registo das leituras efetuadas em cada uma das campanhas de amostragem foram utilizadas Fichas de Registo de Dados, cujo modelo se encontra no ANEXO XII.

Metodologias de amostragem e determinação de concentração de poeiras respiráveis, totais e de sílica cristalina

Na Tabela 54 apresentam-se alguns métodos que existem para a amostragem e determinação da concentração de poeiras respiráveis e totais em suspensão, assim como da concentração em sílica cristalina.

Tabela 54 - Métodos de amostragem e determinação da concentração de poeiras respiráveis, totais e sílica cristalina.

Norma	Fonte – instituição, país, ano de publicação	Agente Químico	Método	Tipo de filtro, porosidade
NIOSH 0500 (NIOSH0500, 1994)	NIOSH, USA, 1994	Partículas totais	Gravimetria	PVC 5 µm
NIOSH 0600 (NIOSH0600, 1998)	NIOSH, USA, 1998	Partículas respiráveis	Gravimetria	PVC 5 µm
NIOSH 7500 (NIOSH7500, 2003)	NIOSH, USA, 2003	Sílica cristalina	Difração de raio X	PVC 5 µm
NIOSH 7601 (NIOSH7601, 2003)	NIOSH, USA, 2003	Sílica cristalina	Espectrofotometria de absorção visível (métodos químicos)	PVC ou MCE 10 µm
NIOSH 7602 (NIOSH7602, 1994)	NIOSH, USA, 2003	Sílica cristalina	Espectrofotometria de absorção de infravermelhos	PVC ou MCE 0,8 ou 5 µm
MDHS 101 (MDHS101, 2005)	HSL, Great Britain, 2005	Sílica cristalina em poeiras respiráveis em suspensão	Espectrofotometria de absorção de infravermelhos ou Difração de raio X	PVC ou Prata
MDHS 14/3 (MDHS14/3, 2000)	HSL, Great Britain, 2000	Poeiras respiráveis e inaláveis em suspensão	Gravimetria	Vários

O processo de amostragem de partículas respiráveis, nomeadamente a seleção do equipamento de amostragem, dos tempos e dos caudais, seguiu a norma NIOSH 0600 – Particulates not otherwise regulated, respirable (NIOSH0600, 1998). Para as partículas totais, quer no que se refere aos equipamentos de amostragem, tempos e caudais foi seguida a NIOSH 0500 - Particulates Not Otherwise Regulated, Total (NIOSH0500, 1994). A seleção destas normas teve em conta o facto de ser um procedimento já utilizado pelo setor de HS da UCTM-Lab do LNEG, organismo que, para além de ser uma referência no setor, executou todas as análises gravimétricas, assim como as análises e determinações de teores em sílica cristalina por Difração de Raios X, conforme a Figura 53 e respetiva concentração de poeiras respiráveis e de sílica, através metodologia interna acreditada pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC) validada por padrões construídos com material de Referência Certificado do National Institute of Standards and Technology (NIST).



Figura 53 - Equipamento de Difração de Raios-X da UCTM-Lab LNEG.

PARTE 2

4 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

As medições dos diferentes parâmetros efetuadas em cada um dos equipamentos avaliados foram realizadas em simultâneo. Apenas em casos pontuais, por questões técnicas, como por exemplo falhas nas cargas das baterias, falta de algum consumível (por exemplo filtro para as poeiras), ou por exigência/conselho normativo, como é o caso da recolha das poeiras, não têm exatamente o mesmo tempo de amostragem. No presente trabalho foram efetuadas avaliações com várias horas de duração, com repetição nas mesmas condições de amostragem, no mesmo equipamento e em equipamento equivalente em mais que uma pedreira. Em nenhum dos casos foram feitas medições pontuais do tipo das referidas na legislação e/ou normalização, em que bastaria “um intervalo de tempo significativo”. Tal abordagem, por limitativa e parcelar, inviabilizaria e introduziria viés na obtenção dos objetivos propostos.

Será apresentada uma abordagem operação a operação, sendo analisado em cada uma delas o principal tipo de equipamento utilizado. Para cada operação / tipo de equipamento, serão apresentados os resultados das medições sempre pela seguinte ordem de variáveis ocupacionais; Vibrações de Corpo Inteiro, Ruído, Poeiras.

Em cada subcapítulo, será apresentado sob a forma de uma Tabela, onde se julgar mais conveniente para o encadeamento lógico da exposição, a caracterização das tarefas associadas ao ciclo do Posto de Trabalho que se está a tratar. Dessa Tabela, sempre que haja dados coerentes, constará o número de vezes que a tarefa foi avaliada durante todo o trabalho de campo (N), a duração média de cada tarefa, a fração que estas representam no tempo total de trabalho diário (8 h) e, ainda, o tempo de exposição do trabalhador em cada uma das tarefas. Estes dados dizem respeito às avaliações de VCI e de Ruído que foram feitas em simultâneo.

Relativamente à variável ocupacional Poeiras a sua avaliação, embora feita durante o mesmo tempo da amostragem das outras variáveis, apresenta um valor final único que não é passível de associar a tempos, nem a tarefas distintas, mas ao Posto de trabalho como um todo. Deste modo, esta variável será trabalhada no Capítulo da Discussão dos resultados em termos comparativos nas diferentes amostragens efetuadas, Poeiras Respiráveis (PR), Poeiras Totais (PT) e respetivas concentrações e concentração em Sílica cristalina.

4.1 Perfuração: Carros de perfuração – *Rocs*

4.1.1 Vibrações no Corpo Inteiro (VCI)

***Rocs* ATLAS COPCO D7 e 742HC01**

Apresenta-se nas Tabela 55 e Tabela 56 uma caracterização das tarefas associadas ao ciclo de trabalho dos *Rocs*. Da Tabela consta o número de vezes que a tarefa foi avaliada ao longo do trabalho de campo (N), a duração média de cada tarefa, a fração que estas representam no tempo total de trabalho diário (8 h), e ainda o tempo de exposição do trabalhador em cada

uma das tarefas. Estas durações e tarefas são aplicadas a todas as variáveis ocupacionais estudadas.

Tabela 55 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7.

Tarefa	Tarefa 1 Furação	Tarefa 2 Movimentação/posicionamento
N	29	24
Duração média da tarefa [seg]	726	66
% das 8 h de trabalho diário	93	7
Exposição diária [h]	7,4	0,6

Tabela 56 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *Roc* de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.

Tarefa	Tarefa 1 Furação	Tarefa 2 Remoção de varas /Movimentação/posicionamento
Duração média da tarefa [seg]	3218	933
% das 8 h de trabalho diário	77,5	22,5
Exposição diária [h]	6,2	1,8

Na Tabela 57, ilustra-se o tipo de dados recolhidos e objecto de análise posterior relativos ao *Roc* ATLAS COPCO D7. Em cada uma das amostragem, mediante o tipo de atividade a avaliar o número de Registo (no exemplo da Tabela 57), podia variar, consoante o tempo de monitorização que era possível fazer, e que no caso que se ilustra, se iniciou à 9h24min e terminou às 11h09min.

Tabela 57 - Excerto dos dados recolhidos nas campanhas de amostragem relativos a VCI.

N.º de Registo	Data Hora	Aceleração		
		Ch1 – Canal 1/Eixo x	Ch2 - Canal 2/Eixo y	Ch3 - Canal 3/Eixo z
		P1 (Wd, Lin)*	P1 (Wd, Lin)*	P1 (Wk, Lin)
		RMS [m.s ⁻²]	RMS [m.s ⁻²]	RMS [m.s ⁻²]
1	18/04/2013 09:24:29	0,0060	0,0069	0,2113
.....
6323	18/04/2013 11:09:51	0,0157	0,0108	0,1318

* Ponderação em frequência relativa a cada eixo x, y e z, exigência da legislação/normalização e leitura com características lineares.

A título de exemplo apresenta-se na Figura 54 o resultado de um dos dias de amostragem de VCI durante um ciclo de trabalho típico do carro de perfuração com transmissão pela superfície do assento e onde se evidencia um padrão no comportamento da aceleração instantânea.

Através da projecção da aceleração instantânea, Figura 54, é possível fazer uma primeira identificação de padrões de comportamento de VCI, representativos do ciclo de trabalho do *Roc* de perfuração na execução de três furos num maciço de gnaiss. Conjuntamente com a observação detalhada identificaram-se duas tarefas: (1) Furação e (2) Movimentação e

posicionamento do *Roc* de perfuração, com o pormenor de em algumas situações se poder distinguir a furação dos diferentes furos.

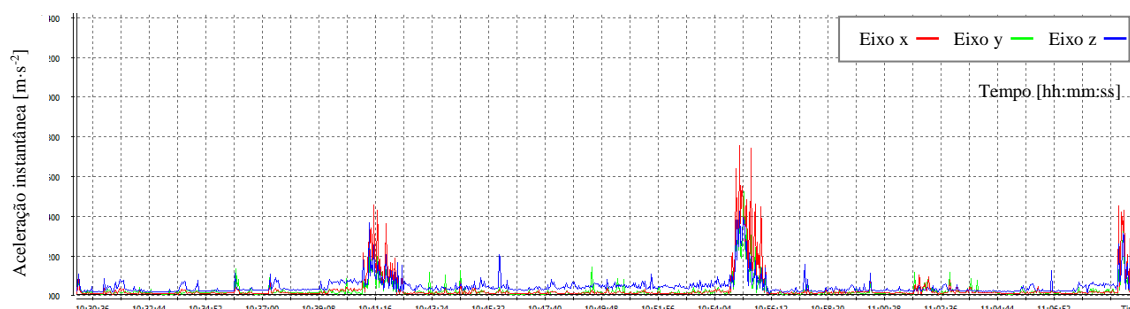


Figura 54 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo correspondente à monitorização de VCI de uma sequência de três ciclos de trabalho do *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013.

A Furação (Tarefa 1) é a mais longa e caracteriza-se por níveis de VCI abaixo dos $0,20 \text{ m.s}^{-2}$.

A Movimentação e posicionamento do veículo (Tarefa 2), é uma tarefa curta no ciclo de trabalho do *roc* de perfuração, mas que apresenta níveis vibracionais mais elevados, ultrapassando o VA. Na Figura 55 pode ter-se uma visão alargada de todos os ciclos de perfuração / deslocação efetuados ao longo de uma manhã. Na Figura 56 é apresentado o pormenor de um dos ciclos. Pode observar-se que na Tarefa 1 as vibrações predominantes são no eixo dos *z*, enquanto na Tarefa 2, de movimentação e posicionamento do veículo, tem predominância as vibrações no eixo longitudinal *x*. O *Roc* de perfuração desloca-se em cima de rastros o que favorece a trepidação longitudinal de todo o veículo, levando à vibração registada. Pelo contrário, quando o *roc* já está estabilizado e só existem pequenas manobras de posicionamento da coluna de perfuração, a vibração transmitida é menor e direção vertical.

Como se verificou que ao longo de todas as avaliações efetuadas neste equipamento os fenómenos eram os mesmos, quer a nível dos valores de acelerações atingidas, quer a nível dos tempos das tarefas executadas, o que fornece um carácter de repetibilidade ao padrão encontrado.

Na Figura 55 apresenta-se a projeção das acelerações instantâneas da amostragem total efetuada no dia 19/04/2013, onde facilmente são perceptíveis as tarefas, podendo-se verificar, que ao longo desta monitorização foram efetuados 10 furos. Encontra-se a cinza a Tarefa 1 - Furação, onde se encontram os valores de aceleração instantânea mais baixos, assim como os valores mais elevados associados à Tarefa 2 - Movimentação e posicionamento.

Apresenta-se na Figura 56 um pormenor, de um ciclo de trabalho com medição efetuada no dia 21/06/2013. Aí se pode ver um ciclo de perfuração (1 furo), com as respetivas Tarefas, 1 - Furação e 2 de Movimentação e posicionamento do veículo no final.

Na Tabela 55, apresenta-se de uma forma resumida os dados relativos a todas as deslocações ao campo para recolha de dados no *Roc* ATLAS COPCO D7, que neste caso concreto foram

num total de três deslocações, nos dias 18 e 19/04 e 21/06 de 2013 e que permitiu a avaliação de uma série de tarefas que aparecem discriminadas na citada Tabela.

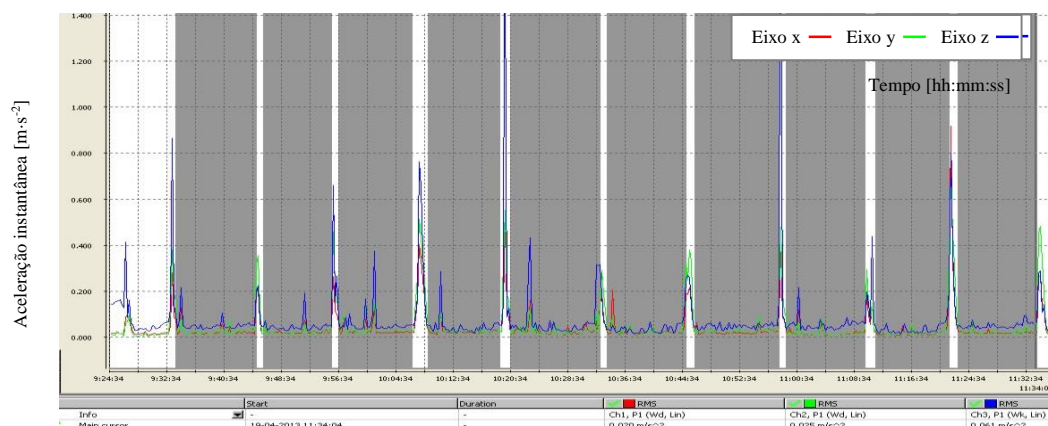


Figura 55 - Aceleração instantânea em função do tempo, na monitorização de VCI numa sequência de onze ciclos de trabalho do *Roc* ATLAS COPCO D7.

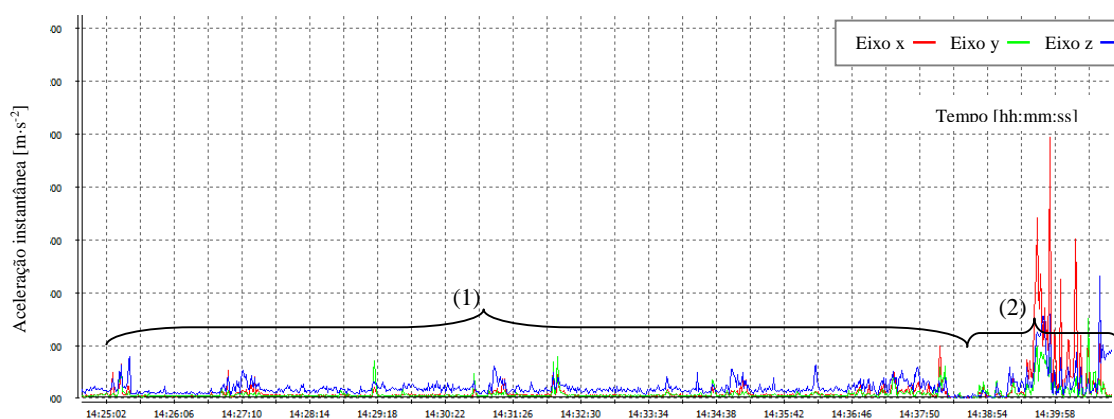


Figura 56 - Padrão de VCI, de um ciclo de trabalho do *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7, em que (1) significa Tarefa de Furação e (2) Tarefa de Movimentação/posicionamento do veículo.

Assim, da análise da Tabela 55, verifica-se que foram analisadas vinte e nove operações de Furação, o que equivale a vinte nove furos completos. A execução de cada furo demora, em média, aproximadamente doze minutos (726 segundos) e ocupa 93% do tempo de trabalho útil de trabalho realizado pelo *roc* de perfuração. Esta é a tarefa principal deste posto de trabalho e como tal é a que ocupa mais tempo, uma vez que para a realização de um furo é necessária a entrada de 4 varas na coluna de perfuração. Pode por vezes acontecer, em situações pontuais, encravamentos ou outros problemas de ordem técnica que contribuem para que esta tarefa se prolongue por um pouco mais de tempo. Relativamente às operações de Movimentação/posicionamento do veículo, foram analisadas vinte e quatro, cuja duração média foi de aproximadamente um minuto (66 segundos). A duração desta tarefa é bastante curta, relativamente à anterior, está diretamente relacionada com a distâncias entre furos, que é um parâmetro definido no diagrama de fogo e que depende do tipo de produto que se

pretende extrair, isto é o grau de fragmentação pretendida para aquela pega de fogo. A duração desta tarefa representa cerca de 7% do tempo total de trabalho do *Roc* de perfuração. Nesta tarefa o veículo apenas tem de se deslocar da marcação de um furo para a marcação seguinte, segundo o respetivo diagrama de fogo, o que neste caso concreto correspondia a um metro de distância.

Verifica-se que o eixo predominante na tarefa de Furação e quando a via de transmissão de VCI e de recolha de dados é feita pela superfície do assento, é o eixo vertical z . Este fenómeno prende-se com o facto de a Furação ser executada praticamente na vertical, cumulativamente com as circunstâncias de o veículo estar parado e a vibração do motor ser cumulativa e também ela ser transmitida e sentida no eixo vertical. Foram encontradas diferenças notórias entre os três picos encontrados, sendo a justificação para este facto, o pavimento em que o *Roc* se movimenta durante as suas deslocações que, embora tratando-se de distâncias curtas, encontra habitualmente troços muito irregulares e com bastantes obstáculos, os quais conduzem a valores de aceleração instantânea elevados.

Quando analisada a tarefa de Movimentação/posicionamento, verifica-se que o eixo predominante varia pelas razões atrás apontadas, podendo ser, nalgumas situações ser o longitudinal x ou o transversal y . Esta situação já pôde ser observada nas Figura 54 e Figura 56. Especificamente para esta Tarefa, surgem picos de vibração sentidos sobretudo no eixo longitudinal x . Tal como referido anteriormente, este aspeto, deve-se ao facto do *Roc* de perfuração se mover sobre rastos.

Na Tabela 58, apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada ao *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7, para o conjunto das avaliações feitas, tal como referido na Tabela 55.

Tabela 58 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por tarefa	(1) Furação	0,047	0,04	6,761	z
	(2) Movimentação/posicionamento do veículo	0,277	0,08	17,783	z
Por posto de trabalho – <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7		A(8) = 0,09 m.s ⁻²			

Na caracterização da exposição a VCI associada ao *Roc*, verifica-se que a Tarefa Movimentação/posicionamento do veículo apresenta valores de RMS e de A(8) cerca de seis vezes superiores à Tarefa Furação. Assim, dentro do posto de trabalho - *Roc*, a tarefa mais crítica, em termos de exposição do trabalhador a VCI, é a Movimentação/posicionamento, o que acaba por ser de menor importância pelo facto de esta tarefa ser a que tem uma duração menor ao longo do dia de trabalho. Constata-se que em nenhuma das Tarefas é excedido o valor limite de ação (0,5 m.s⁻²) e que sendo o valor do parâmetro A(8) do posto de trabalho – *Roc*, de 0,09 m.s⁻², faz com que o trabalhador que opera o *Roc* de perfuração esteja salvaguardado quanto ao risco físico das VCI.

Os valores calculados para o parâmetro A(8) são regra geral mais baixos do que os valores de RMS pelo facto de no cálculo do A(8) se entrar em linha de conta com o tempo de exposição a que o trabalhador se encontra em cada tarefa. No caso do *roc*, a tarefa Furação tem uma exposição maior, mas menos intensa em amplitude de vibração, o que dilui a vibração ao longo das 8 horas de exposição. Relativamente ao parâmetro pico, o valor mais elevado foi registado na execução da tarefa 2 - Movimentação/posicionamento do *Roc*, e o sentido do eixo predominante foi o vertical *z*. Esta evidência, permite confirmar que esta tarefa é a mais crítica, em termos de exposição a VCI, do ciclo de trabalho do *roc* de perfuração.

O cálculo dos indicadores de exposição a VCI veio confirmar o verificado nos gráficos apresentados (Figura 54, Figura 55 e Figura 56).

Na Tabela 59, apresenta-se um exemplo representativo da actividade dos *Rocs*, no que se refere à % dos valores máximos das acelerações instantâneas encontradas para cada eixo, ao longo de cada Tarefa, durante a monitorização efetuada no *Roc* ATLAS COPCO D7 no 19/04/2013.

Tabela 59 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI do *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 19/04/2013.

Tarefas	Aceleração instantâneas em cada um dos eixos											Min.	Média	Máx.	Desv. Padrão
Furação	x	1,76	0,0	2,81	0,75	2,09	4,35	1,43	1,89	2,16	1,36	0	1,86	4,35	1,17
	y	0,88	1,35	5,46	0,90	3,34	3,56	8,56	3,31	1,0	1,06	0,88	2,942	8,56	2,51
	z	97,36	98,65	91,73	98,34	94,58	92,09	90,02	94,49	96,84	97,58	90,02	95,168	98,65	3,06
Movimentação e Posicionamento	x	8,33	2,82	15,91	12,5	3,17	3,70	1,79	4,76	6,15	0,0	0	5,913	15,91	4,99
	y	56,67	71,83	63,64	52,08	53,97	79,63	66,07	55,24	43,08	97,37	43,08	63,958	97,37	15,76
	z	35,0	25,35	20,45	35,42	42,86	16,67	32,14	40,0	50,77	2,63	2,63	30,129	50,77	14,12

No caso do *Roc* ATLAS COPCO 742HC01 que não possui cabine, a medição de VCI foi efetuada através da interface chão/operador, com o acelerómetro triaxial colocado sobre o pavimento/chão da bancada, junto aos manípulos que controlam o braço elevatório das varas de furação. Este equipamento só pôde ser avaliado em duas situações de atividade laboral pelo facto de não haver necessidade de material desmontado para a laboração normal da pedreira em questão. Tendo em conta que a posição de manipulação do *roc* é com o operador de pé, as medições foram feitas para três situações, conforme referido em 3.1.1. e ilustrado na Figura 37, para de entre elas se poder inferir a mais penalizante para o trabalhador:

- a primeira com os dois pés sobre o acelerómetro;
- a segunda com o pé esquerdo sobre o acelerómetro;
- a terceira com o pé direito sobre o acelerómetro.

Pela limitação encontrada neste equipamento, houve necessidade de alterar um pouco a metodologia/protocolo aplicada à avaliação deste parâmetro. Assim, sabendo que a legislação (DL46, 2006) prevalece sobre a normalização (NPISO2631-1, 2007), na legislação, encontra-se estabelecido que a avaliação é feita exclusivamente com base em preceitos que levam em linha de conta critérios de saúde para pessoas “sentadas”, aplicando como fatores de

ponderação aos eixos, o factor $k=1,4$ para o eixo x e y e $k=1$ para o eixo z . Como alterações efetuadas nesta avaliação, visto tratar-se de uma medição feita com o operador de pé (não está prevista na legislação), ela foi baseada na Norma, a qual propõe um critério de conforto para a posição “em pé”, com a aplicação de valores de ponderação K unitários para todos os eixos. Por esta razão o cálculo de exposição diária será efetuado utilizando primeiro o critério legal e depois o critério normativo (NPISO2631-1, 2007).

Assim, a título de exemplo, apresentam-se na Figura 57, os resultados de um dos dias de amostragem de VCI, realizada durante um ciclo de trabalho típico do carro de perfuração. Encontra-se representada a resposta do acelerómetro colocado diretamente em cima do pavimento/maciço durante os primeiros 3 furos, com os dois pés sobre o sensor.

Pela observação da Figura 57 verifica-se que os valores de acelerações mais elevados correspondem a períodos de remoção de varas: 15h20m51s e as 15h23m03s (entre o 1º e o 2º furo); 15h42m57s e as 15h44m41s (entre o 2º e o 3º furo); 16h02m45s e as 16h04m10s (entre o 3º e o 4º furo), o que permitiu nesta operação com este *Roc* identificar para além das duas tarefas descritas anteriormente, permitiu ainda na Tarefa (2) identificar a operação de Movimentação e a de Posicionamento do veículo até à própria operação de Remoção das varas. Assim, através da análise da Figura 57, verifica-se que a Furação (Tarefa 1) é a tarefa mais longa e caracteriza-se por valores de acelerações muito baixos em que o eixo predominante é o z , o que indica uma vibração maioritariamente vertical, devido sobretudo à perfuração que se executa nessa direção. A Movimentação e posicionamento do veículo (Tarefa 2), é uma tarefa curta no ciclo de trabalho do *Roc* de perfuração, mas que como já referido, apresenta valores de aceleração instantânea mais elevados, ultrapassando o VA. O facto de o *Roc* se deslocar em cima de rastos favorece a trepidação de todo o veículo, levando à vibração registada. Pelo contrário, quando o *Roc* já está estabilizado e só existem pequenas manobras de posicionamento da coluna de perfuração, a vibração transmitida é menor.

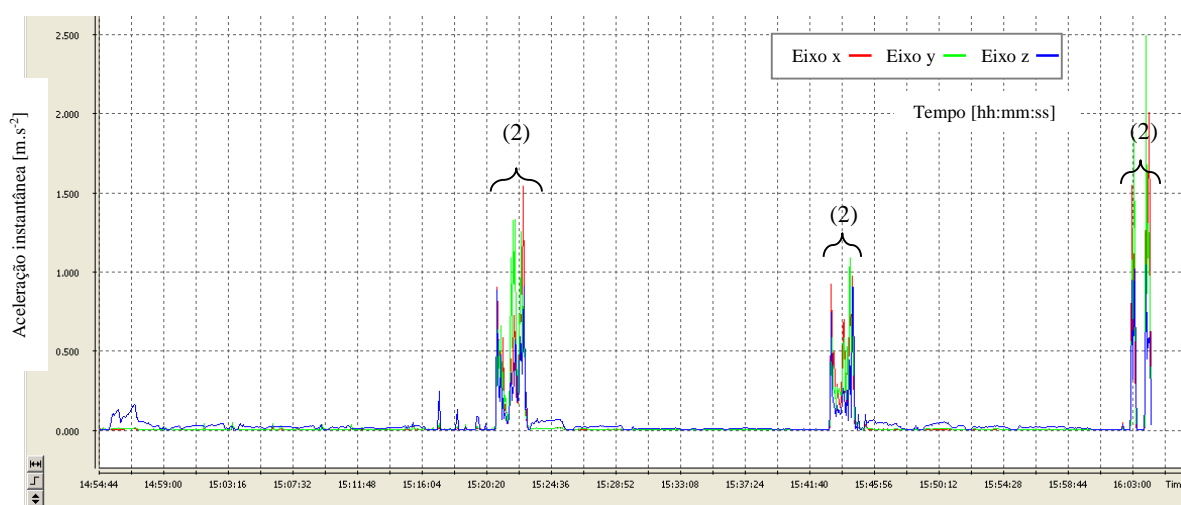


Figura 57 - Execução de três furos (início da bancada) com os dois pés sobre o acelerómetro com o *Roc* de perfuração ATLAS COPCO 742HC01, em que (2) significa Tarefa de Movimentação/posicionamento do veículo.

Como na avaliação deste equipamento se recorreu a dois protocolos distintos, um baseado na legislação (DL46, 2006) e outro baseado na normalização (NPISO2631-1, 2007), encontram-se na Tabela 60 os valores da exposição diária A(8) de cada tarefa e do posto de trabalho com base no Critério legal, para além dos valores das acelerações médias de cada tarefa (RMS) e respetivo eixo predominante associado ao valor Pico máximo para cada Tarefa, tratadas no seu conjunto.

Tabela 60 - Exposição diária A(8) de cada tarefa e do posto de trabalho (Critério de ponderação legal)

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por tarefa	(1) Furação “1º, 2º e 3º furo”	0,067	0,06	4,169	z
	(2) Remoção de varas/ Movimentação/posicionamento do veículo	0,060	0,03	12,162	y
Por posto de trabalho – Roc de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.		A(8) = 0,07 m.s ⁻²			

Na Figura 58, apresenta-se um pormenor da Tarefa de Furação, da fase de execução do 4º furo, com o pé esquerdo sobre o acelerómetro, em que é de salientar a própria escala da Figura pois nesta Tarefa os valores das acelerações, são mais baixos, possuindo os mais elevados valores da ordem dos 0,804 m.s⁻² (assinalado com uma seta laranja) e 0,507 m.s⁻² (assinalado com uma seta preta) quando comparados com trechos em que acontecem as duas tarefas de Furação e Remoção de varas/ Movimentação/posicionamento do veículo, como é o caso da Figura 57.

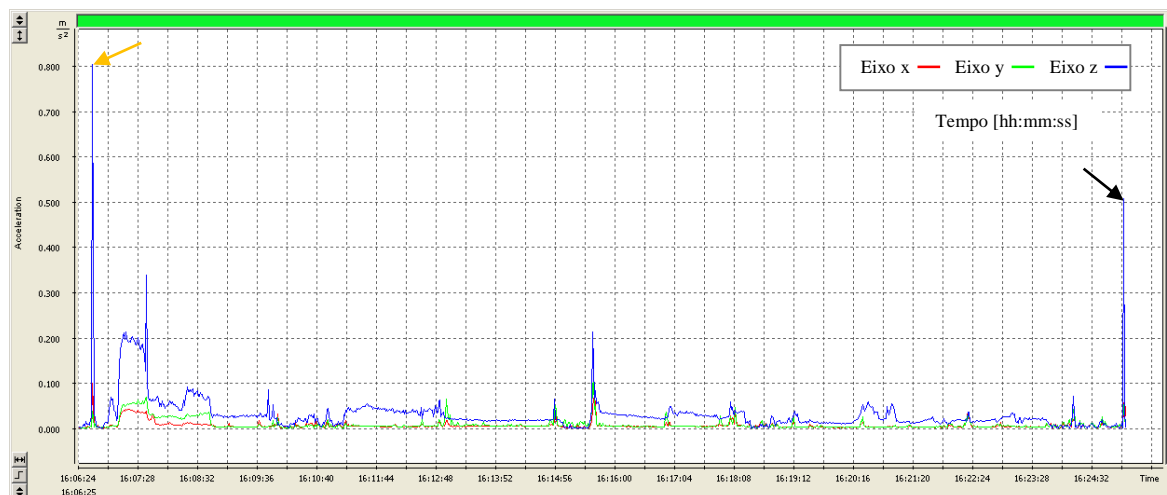


Figura 58 - Execução do 4.º furo, com o pé esquerdo sobre o acelerómetro com o Roc de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.

No caso concreto desta avaliação da exposição diária, uma vez que a atividade é composta por uma única tarefa (Tarefa 1 – Furação), ela “confunde-se” com o Posto de trabalho em termos de cálculo, quer isto dizer, que como pretendemos verificar qual a situação que poderá ser mais danosa para o trabalhador todas estas vertentes de avaliação (com o pé direito, com o pé esquerdo e com os dois pés) serão avaliadas como situação de posto de trabalho. Deste modo,

no cálculo da exposição diária A(8) a fórmula de cálculo utilizada é a mais simples, patente na Equação 4, encontrando-se os parâmetros de avaliação e valor de exposição na Tabela 61.

Na Figura 59, que transcreve a execução do quinto e último furo da bancada, verificou-se que foi também o eixo do z o eixo predominante desta tarefa. Durante esta avaliação foi o pé direito do operador que se manteve sobre o acelerómetro e pode-se observar um ligeiro aumento da aceleração instantânea nos instantes iniciais, mas que não atingiu o VA ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$). É só no final da tarefa que se verificam os valores mais elevados de acelerações ($4,074 \text{ m.s}^{-2}$ no eixo do y), entre as 16h48m56s e as 16h49m54s, mas que já correspondeu a um período posterior à execução do 5.º furo. Salienta-se também neste caso as diferenças grandes de valores das acelerações obtidas para as duas tarefas avaliadas que leva a que a representação gráfica se tenha que apresentar numa escala, mais uma vez diferente das anteriores, pelo facto de, tal como referido anteriormente, serem atingidos valores de $4,074 \text{ m.s}^{-2}$.

O cálculo do valor de exposição diária A(8) é similar ao anterior, uma vez que se trata de uma tarefa única, a execução do 5.º furo (Tabela 62):

Tabela 61 - Exposição diária A(8) na tarefa de execução do 4º furo (Critério de ponderação legal).

		RMS [m.s ⁻²]	T _i (seg)	Eixo predominante	A(8) [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Furação “4º furo”	0,031	1124	z	0,01
Por posto de trabalho – Roc de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.		A(8) = 0,01 m.s ⁻²			

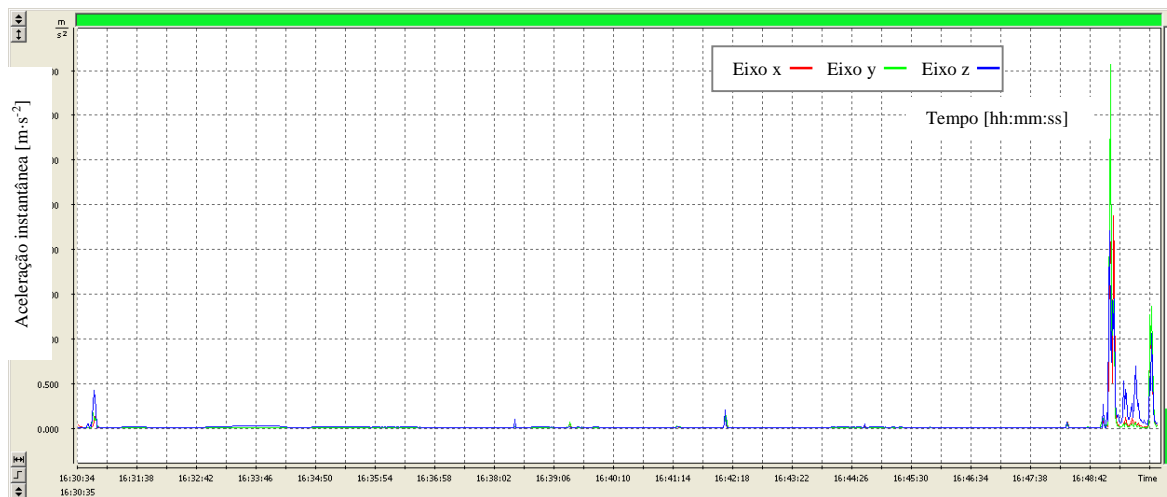


Figura 59 - Execução do 5.º furo, com o pé direito sobre o acelerómetro com o Roc de perfuração ATLAS COPCO 742HC01.

Tabela 62 - Exposição diária A(8) na execução do 5º furo (Critério de ponderação legal).

		RMS [m.s ⁻²]	T _i (seg)	Eixo predominante	A(8) [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Furação “5º furo”	0,028	1160	z	0,02
Por posto de trabalho – Roc de perfuração ATLAS COPCO 742HC01		A(8) = 0,01 m.s ⁻²			

4.1.2 Ruído Ocupacional

Roc ATLAS COPCO D7

Na Figura 60, encontra-se ilustrado o exemplo de uma projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao período de execução de uma sequência de nove ciclos de trabalho do *Roc* ATLAS COPCO D7, no dia 19/04/2013. Esta medição foi feita em simultâneo com a medição das vibrações no sistema corpo inteiro (VCI). Durante este período foram executados 11 furos.

Na Tabela 63 apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 19/04/2013 - Carro de perfuração - *Roc* ATLAS COPCO D7 e que são representativas da rotina do dia-a-dia da pedreira.

Na Tabela 64 encontram-se os valores trabalhados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 63 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

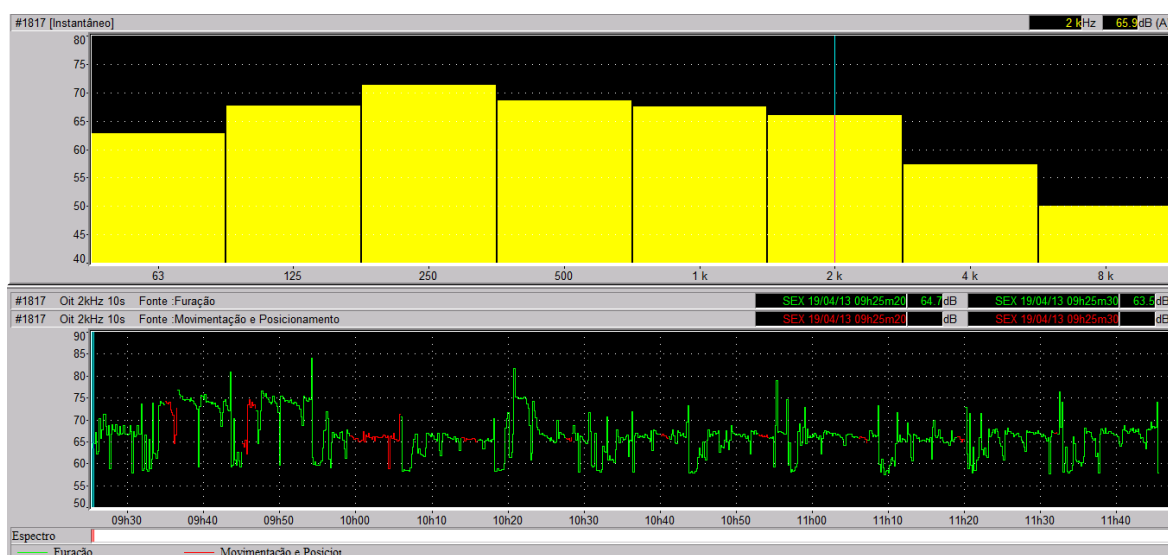


Figura 60 - Projeção do ruído em função do tempo durante a medição de uma sequência de nove ciclos de trabalho do *Roc* ATLAS COPCO D7, em que ■ significa a Tarefa de Furação e ■ Tarefa de Movimentação e Posição.

Na Tabela 65 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e dos níveis de pico para o posto de trabalho avaliado, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 63.

Quando na Tabela 65 se apresentam os valores de $L_{EX,8h}$, encontra-se associado a este parâmetro o valor da incerteza da medição calculada com base na Norma Portuguesa NP EN ISO 9612:2011 (NPENISO9612, 2011), tal como referido no Cap. 2.2, no ponto 2.2.2. Os dados para o cálculo da Incerteza e os resultados desse cálculo com o respetivo valor encontram-se no ANEXO XX, para cada um dos respetivos postos de trabalho avaliados.

Tabela 63 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no *Roc* ATLAS COPCO D7.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Furação	77,3	72,8	93,5	131,8	76,6	02:02:10
Movimentação e Posicionamento	76,9	73,3	87,3	108,9	68,0	00:18:10

Tabela 64 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho *Roc* ATLAS COPCO D7.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Carro de perfuração - <i>Rock</i> ATLAS COPCO D7	77,2	72,8	93,5	1,9

Tabela 65 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho *Roc* ATLAS COPCO D7.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
Carro de perfuração - <i>Rock</i> ATLAS COPCO D7	$77,2 \pm 1,6$		94,3	131,8	2,7

***Roc* ATLAS COPCO 742HC01**

Ilustra-se na Figura 61 uma projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao período de execução de cinco furos que constituíam o diagrama de fogo definido para a bancada que estava prevista trabalhar no dia em que foi feita uma das deslocamentos ao campo. Assim e paralelamente com as anotações retiradas das fichas de campo foi possível anotar com todo o pormenor as tarefas deste *Roc*. A representação gráfica permite-nos ver cinco grupos semelhantes de curvas, correspondendo cada um a uma furação, feita através da introdução de quatro varas de perfuração.

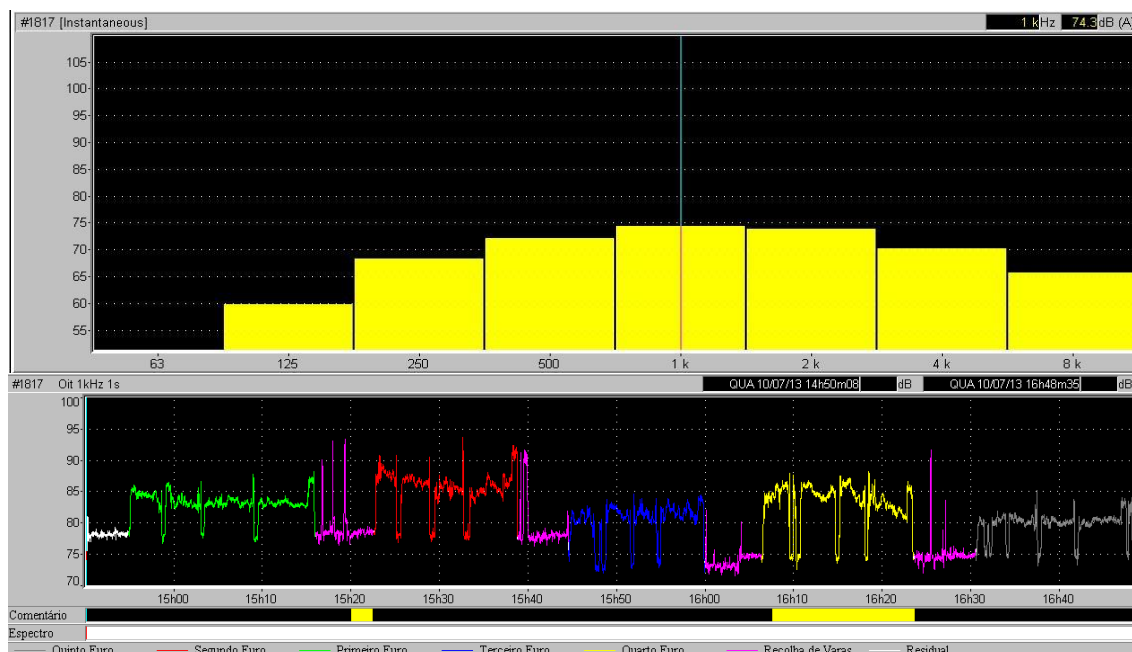


Figura 61 - Projeção do ruído em função do tempo durante a perfuração de 5 furos, em que (—) representa o Primeiro Furo, (—) o Segundo, (—) Terceiro, (—) Quarto, (—) Quinto e (—) a Tarefa de Recolha de Varas.

Na Tabela 66 apresentam-se os valores de L_{eq} , valor mínimo, valor máximo do nível sonoro, assim como a duração acumulada para cada uma das várias tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 10/07/2013 no Carro de perfuração - Roc ATLAS COPCO 742HC01.

Na Tabela 67 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 66 com os respectivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

Na Tabela 68 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e dos níveis de pico para o posto de trabalho avaliado com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 66.

Tabela 66 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no Roc ATLAS COPCO 742HC01.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	L_{cpico} dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Primeiro Furo	91,8	82,5	99,2	113,5	84,5	00:21:03
Segundo Furo	98,2	82,7	108,1	121,6	89,8	00:16:12
Terceiro Furo	93,4	78,4	102,1	116,6	84,7	00:15:24
Quarto Furo	94,4	79,6	102,6	121,6	86,2	00:17:07
Quinto Furo	90,8	78,7	102,9	117,5	82,8	00:17:49
Recolha de varas + posicionamento do Roc	90,9	78,1	110,5	127,3	84,4	00:25:32

Tabela 67 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Roc ATLAS COPCO 742HC01.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Carro de perfuração - Roc ATLAS COPCO 742HC01	93,6	78,1	110,5	5,9

Tabela 68 - Valores de $L_{EX,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Roc ATLAS COPCO 742HC01.

Posto de Trabalho	$L_{EX,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
Carro de perfuração - Roc ATLAS COPCO 742HC01	93,8 ± 2,5		93,6	127,3	5,3

Fazendo uma apreciação aos valores de $L_{EX,8h}$ apresentados na Tabela 68, quer o VAS, quer o VLE foram excedidos, encontrando-se os níveis de pico dentro dos limites. No entanto, como o sonómetro não leva em linha de conta a proteção individual utilizada pelos operadores do roc e os operadores se encontravam a utilizar tampões da marca Moldex⁶ modelo *Rockets Cord* 6401, foi feito novo cálculo tendo estes parâmetros em conta. Assim, da ficha técnica dos protetores auriculares, retirou-se a informação acerca da atenuação média e os respetivos desvios padrão das atenuações do protetor. Conhecendo estes parâmetros e o L_{eq} global da tarefa que realizam, é possível determinar a exposição diária efetiva com a proteção auricular ($L_{aeq,Tk,efect}$), conforme o proposto pelo (DL182, 2006) no seu Anexo V - Indicações e orientações para a seleção de protetores auditivos e que aparece transcrita na Tabela 69.

Tabela 69 - Parâmetros da ficha técnica para cálculo da exposição diária efetiva com proteção auricular.

Bandas de Frequência	63Hz	125H z	250H z	500H z	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Global (L_{eq} ponderado)	77,6	78,4	80,9	84,6	82,7	86,9	88	88,4
Atenuação média do protetor auditivo indicado pelo fabricante	-31,3	-32	-30,4	-31,9	-32,4	-34,5	-42	-41,8
Desvios-padrão das atenuações do protetor auditivo, indicados pelo fabricante (x2)	5,7	8,2	7,2	8,8	6,6	4,8	3,1	3,6
L_n (níveis globais por banda de oitava)	57,7	62,8	64,9	70,3	63,5	62	52,2	53,8
$L_{aeq,Tk,efect}$	73 dB(A)							

4.1.3 Poeiras Ocupacionais

Na Tabela 70, apresentam-se os resultados da concentração em Poeiras Respiráveis (PR), Poeiras Totais (PT) e em Sílica Cristalina (SiO_2) nos Rocs de perfuração nas Pedreiras avaliadas.

Tabela 70 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nos Rocs de perfuração.

Equipamento	Marca	Modelo	Local	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média PT (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO_2 (mg.m ⁻³)
Roc	ATLAS COPCO	D7	Desmonte da Pedreira A	0,459	0,597	0,113
Roc	ATLAS COPCO	742HC01	Desmonte da Pedreira B	0,392	0,000	0,107

⁶ http://www.moldex-europe.com/fileadmin/user_upload/documents/en/downloads/TDS_Hearing_reusable_UK_110222.pdf

Nesta amostragem não foi possível recolher valores instantâneos e, desse modo, descriminar o fenómeno pelas tarefas desenvolvidas ao longo do dia de trabalho. Este parâmetro irá ser trabalhado como um todo e num paralelismo de equipamentos semelhantes nas diferentes pedreiras no Capítulo Discussão de Resultados.

4.2 Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias

4.2.1 Vibrações no Corpo Inteiro (VCI)

Apresenta-se na Tabela 71 e na Tabela 72 uma caracterização das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D e da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520. Para garantir a comparabilidade, as variáveis são as mesmas que as utilizadas para os *Rocs*.

Tabela 71 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D.

Tarefa	(1) Carga	(2) Arrumação do material desmontado	(3) Espera
N	45	43	22
Duração média da tarefa [seg]	360	438	156
% das 8 h de trabalho diário	42	49	9
Exposição diária [h]	3,3	4,0	0,7

Tabela 72 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.

Tarefa	(1) Carga	(2) Arrumação do material desmontado/Espera
N	20	29
Duração média da tarefa [seg]	1987	2927
% das 8 h de trabalho diário	40	60
Exposição diária [h]	3,2	4,8

Na Figura 62 apresenta-se um exemplo da aceleração instantânea em função do tempo de uma monitorização de VCI, transmitidas pela superfície do assento do operador, realizada durante um ciclo de trabalho típico da Pá Carregadora Giratória CAT 374D no dia 30/05/2013. Para este equipamento realizaram-se um total de três deslocações, nos dias 7 e 30/05 e 13/06 de 2013 o que permitiu a avaliação de uma série de tarefas que aparecem discriminadas na Tabela 71.

Na Figura 63, apresentam-se as acelerações instantâneas função do tempo da monitorização para a mesma Pá Carregadora Giratória num outro dia (13/06/2014), para ilustrar o ciclo de trabalho deste equipamento.

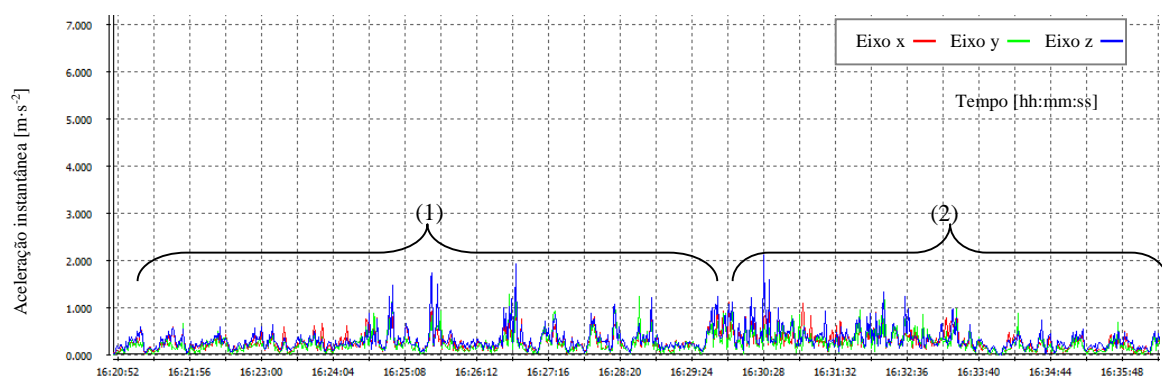


Figura 62 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, no dia 30/05/2013, em que (1) significa Tarefa de Carga e (2) Tarefa de Arrumação de material..

Foram analisadas 45 Tarefas de Carga de camiões/dumpers (1) levadas a cabo pela Pá Carregadora Giratória. Em média, esta tarefa dura seis minutos (360 segundos) e representa 42% do tempo de trabalho total (Tabela 72). A operação de Carga está dependente da Arrumação e seleção do material desmontado previamente, o que condiciona a facilidade ou dificuldade com que se faz a carga e consequentemente o tempo dispendido.

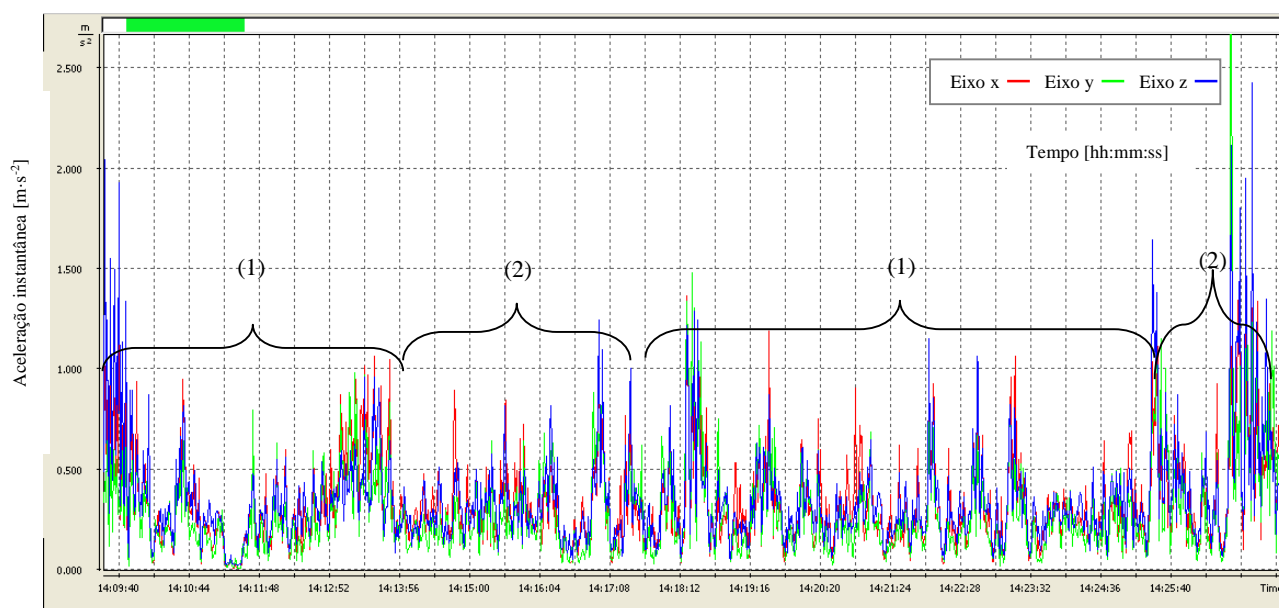


Figura 63 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, no dia 13/06/2013, em que (1) significa Tarefa de Carga e (2) Tarefa de Arrumação de material.

A Tarefa (2) foi observada e registada 43 vezes. Tem uma duração média de cerca de sete minutos (438 segundos), sendo ligeiramente superior à Tarefa (1). A Arrumação do material desmontado ocupa quase metade do tempo (49%) de trabalho da Pá Giratória.

Os momentos de pausa (Tarefa de Espera) têm uma duração de apenas três minutos (156 segundos), em média, e representam 9% do tempo total. Estes devem-se a momentos de descanso tomados por iniciativa do operador, na maioria das vezes.

Na Tabela 73 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada à Pá Carregadora Giratória CAT 374D para o conjunto das avaliações feitas, tal como referido na Tabela 71.

Tabela 73 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI na Pá Carregadora Giratória CAT 374D.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por tarefa	(1) Carga	0,394	0,253	16,788	z
	(2) Arrumação do material	0,507	0,359	16,406	z
	(3) Espera	0,067	0,020	8,710	z
Por posto de trabalho - Pá Carregadora Giratória CAT 374D		A(8) = 0,412 m.s ⁻²			

Na Figura 64 representa-se a aceleração instantânea ao longo do tempo de monitorização das VCI, transmitidas pela superfície do assento operador, realizadas durante um ciclo de trabalho típico da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 no dia 30/07/2013.

É facilmente observável uma predominância de acelerações ao nível do eixo dos x , fruto do “puxar e empurrar” de blocos muito presos na frente de desmonte. Apresentou-se na Tabela 72 uma caracterização ao nível da duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520. Neste equipamento, na Tarefa (2), Arrumação do material desmontado/Espera, não foi possível identificar de modo perceptível a divisão das tarefas Arrumação e Espera.

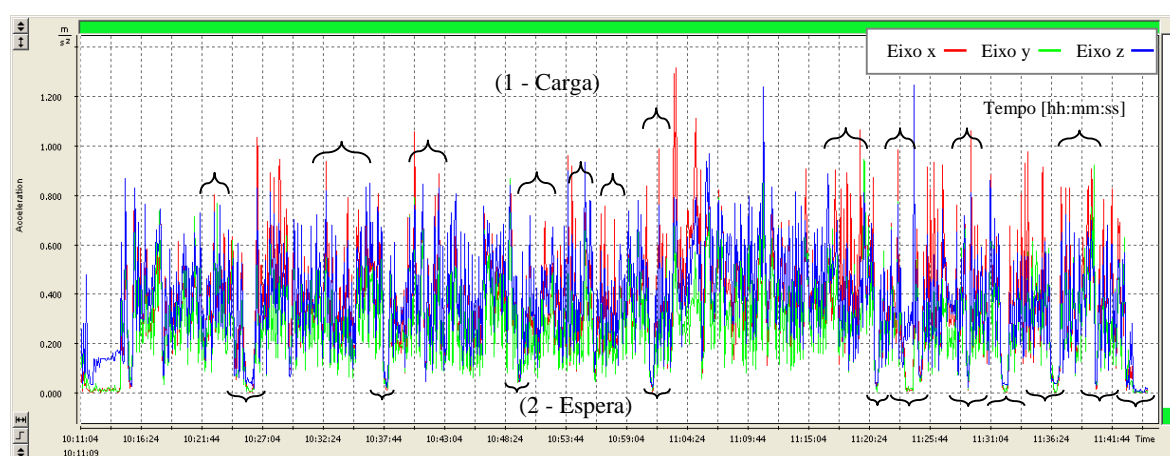


Figura 64 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.

Apresenta-se na Tabela 74 e na Tabela 75, exemplos ilustrativos da actividade das Pás Carregadoras, na perspetiva da % dos valores máximos das acelerações instantâneas encontradas para cada eixo, ao longo de cada Tarefa desenvolvida, durante a monitorização efetuada, respetivamente no dia 30/07/2013 para a Pá Carregadora HITACHI ZX520 e para a Pá Carregadora CAT 374D no dia 30/05/2013.

Tabela 74 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 no dia 30/07/2013.

Pa Carregadora Granelizante HATACOM ZK550 no dia 30/07/2015.																						
Tarefas		Aceleração instantâneas em cada um dos eixos																Min.	Média	Máx.	DP	
Carga	x	34,1	62,3	41,4	61,6	22,2	49	25,5	32,6	45,2	44,6	48,9	54,2	41,5	55	52,5	38,7	42,9	22,22	44,25	62,34	11,40
	y	14,3	9,09	15,8	11,1	8,89	4,17	8,16	7,61	8,65	8,18	7,45	14	27,4	20	13,1	27,7	22	4,17	13,39	27,74	7,07
	z	51,6	28,6	42,9	27,3	68,9	46,9	66,3	59,8	46,2	47,3	43,6	31,8	31,1	25	34,3	33,7	35,2	25,00	42,37	68,89	13,41
Arrumação do material desmontado/Espera	x	38	66,4	52,1	38,2	46,2	32,6	32,2	47,50	17,2	22,1	34,1	45,1	24,8	36,5	31,7	22,8	40,7	17,24	36,30	66,39	12,36
	y	9,94	8,2	8,45	6,74	10,6	5,26	12,8	7,5	3,45	10,5	6,83	18,6	12,4	17,6	22,8	29,1	24,1	3,45	12,64	29,13	7,30
	z	52,1	25,4	39,4	55,1	43,3	62,1	54,7	45	79,3	67,4	59	36,3	62,9	46	45,5	48	35,2	25,41	50,39	79,31	13,32

Tabela 75 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Carregadora Giratória CAT 374D no dia 30/05/2013.

Pa Carregadora Giratória CAP 574D no dia 30/05/2015.																
Tarefas	Aceleração instantâneas em cada um dos eixos												Min.	Média	Máx.	DP
Carga	x	20,76	31,33	27,1	34,22	26,55	32,86	29,15	28,3	20,34	18,11	19,19	26,17	34,22	18,11	5,72
	y	13,76	17,26	7,56	10,15	11,72	7,06	6,7	15,3	13,31	9,83	3,37	10,55	17,26	3,37	4,18
	z	66,08	51,41	65,34	55,63	61,72	60,08	64,15	56,41	66,35	72,06	77,44	63,33	77,44	51,41	7,48
Arrumação do material	x	41,77	33,33	32,78	43,19	44,06	39,15	38,71	37,25	23,43	26,79	20,07	34,59	44,06	20,07	8,13
	y	15,26	14,06	14,29	14,29	7,83	4,76	12,9	23,53	37,08	16,23	38,06	18,03	38,06	4,76	10,75
	z	42,97	52,61	52,93	42,52	48,12	56,08	48,39	39,22	39,49	56,98	41,87	47,38	56,98	39,22	6,56

Na Tabela 76 encontram-se os valores de exposição diária em cada tarefa e a exposição diária no posto de trabalho para o conjunto das avaliações feitas, tal como referido na Tabela 72.

Tabela 76 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI Carregadora Giratória HITACHI ZX520.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por tarefa	(1) Carga	0,430	0,273	5,888	z
	(2) Arrumação do material desmontado / Espera	0,505	0,389	14,125	z
Por posto de trabalho - Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520		A(8) = 0,48 m.s⁻²			

4.2.2 Ruído Ocupacional

Pá Carregadora Giratória CAT 374D

Na Figura 65, encontra-se ilustrado o exemplo de uma projeção do ruído em função do tempo, correspondente a dois ciclos de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D da Pedreira A, no dia 30/05/2013.

Na Tabela 77 são apresentados os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 30/05/2013, na Pá Carregadora Giratória CAT 374D da Pedreira A.

Na Tabela 78 apresentam-se os valores calculados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 77 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.



Figura 65 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a dois ciclos de trabalho da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, em que (■) significa Tarefa de Carga, (■) Tarefa de Desmonte/Arrumação e (■) Tarefa de Espera.

Na Tabela 79 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 77.

Tabela 77 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora Giratória CAT 374D.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga	79,0	65,8	98,5	131,4	75,1	01:19:53
Desmonte/Arrumação	80,8	63,8	94,9	134,2	77,7	01:36:08
Espera	71,0	63,8	86,8	133,9	60,9	00:19:04

Tabela 78 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória CAT 374D.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Pá Carregadora Giratória CAT 374D	79,7	63,8	98,5	4,7

Tabela 79 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico para o Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória CAT 374D.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
Pá Carregadora Giratória CAT 374D	79,7 ± 1,5		90,0	134,2	6,4

Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520

Na Figura 66, encontra-se ilustrado o exemplo de uma projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520. Esta monitorização de ruído foi realizada no dia 30/07/2013, durante o período da manhã.

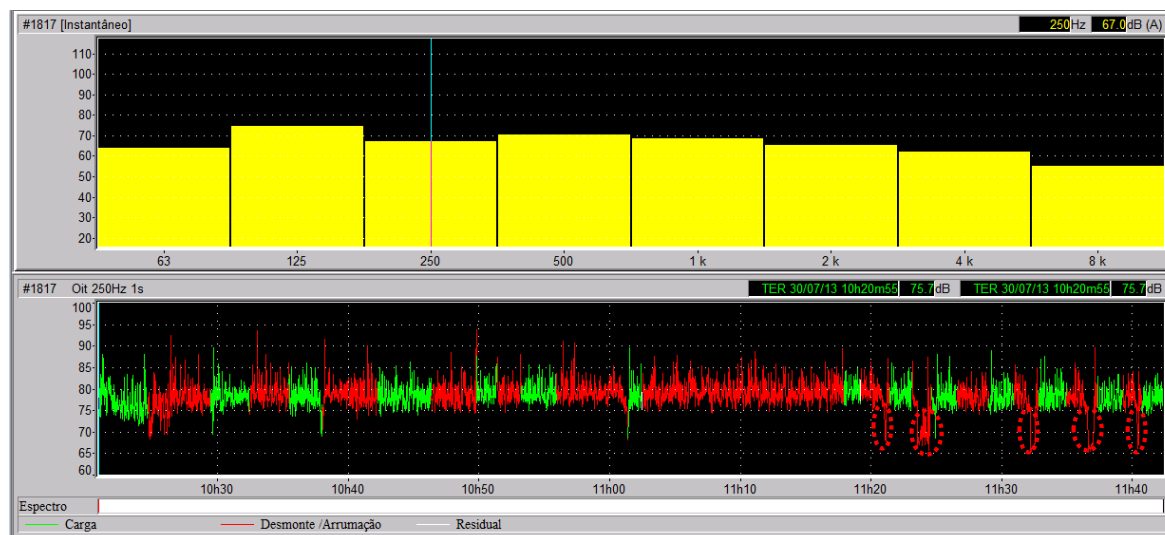


Figura 66 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520, com as pausas assinaladas () durante a Tarefa de Desmonte/Arrumação, em que () significa Tarefa de Carga e () Tarefa de Desmonte/Arrumação.

É visível na Figura 66 um período extenso sem carga de *Dumper*, em que a Pá se dedica a arrumação e a desmonte de material, o qual se deveu a um encravamento no circuito de britagem, que impediu o *Dumper* de efetuar descarga, e consequentemente de efetuar nova carga, até se restabelecer a normalidade.

Na Tabela 80 apresentam-se os valores dos indicadores de ruído encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 30/07/2013, na Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 da Pedreira B.

Na Tabela 81 encontram-se os valores calculados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 80 com os respetivos pesos percentuais ponderados, no total das 8 horas de trabalho.

Na Tabela 82 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e dos valores de pico para o posto de trabalho avaliado, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 80.

Tabela 80 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	L_{Cpico} máx dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga	77,7	67,9	87,8	124,2	72,8	00:31:24
Desmonte/Arrumação	78,3	65,1	89,6	126,9	75,4	00:49:55

Tabela 81 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520	77,7	55,3	90,2	4,2

Tabela 82 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520	77,7 ± 1,4		74,3	127,9	7,3

4.2.3 Poeiras Ocupacionais

Na Tabela 83, apresentam-se os resultados da concentração em Poeiras Respiráveis (PR), Poeiras Totais (PT) e em Sílica Cristalina (SiO_2) nas Pás Giratórias das Pedreiras avaliadas.

Tabela 83 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nas Pás Giratórias.

Equipamento	Marca	Modelo	Local	Concentração média PR ($mg.m^{-3}$)	Concentração média PT ($mg.m^{-3}$)	Concentração média SiO_2 ($mg.m^{-3}$)
Pá Giratória	CAT	374D	Desmonte da Pedreira A (carga de Dumpers)	0,137	0,189	0,038
Pá Giratória	HITACHI	ZX520	Desmonte da Pedreira B (carga de Dumpers)	0,166	0,000	0,026

4.3 Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória

4.3.1 Vibrações no Corpo Inteiro (VCI)

Apresenta-se na Tabela 84 a duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH. São apresentados os parâmetros habituais de análise.

Tabela 84 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.

Tarefa	(1) Taqueio	(2) Espera / Seleção de Blocos
n	30	12
Duração média da tarefa [seg]	1901	779
% das 8 h de trabalho diário	71	29
Exposição diária [h]	5,7	2,3

Na Figura 67 apresenta-se o espectro e o sinal de uma das monitorizações de VCI, correspondente à avaliação medida no dia 30/07/2013, no decorrer da atividade da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico, na interface assento/operador. Pela análise da Figura 67 verifica-se que durante grande do período de medição, o VA e também o VLE foram ultrapassados pelos eixos x e z . Denota-se uma predominância de movimentos horizontais (para a frente e para trás - eixo x) e movimentos verticais (eixo z), sendo os verticais eixo predominante. As ilações retiradas pela análise das figuras, pode ser confirmada de modo numérico, com base na Tabela 85, onde se pode verificar que na tarefa de Taqueio o

valor médio do eixo dominante – eixo dos z - é de 70,72% e na tarefa de Espera / Seleção de Blocos, o eixo dominante é também o eixo dos z , com um valor de 73,39%.

Tabela 85 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH no dia 30/07/2013.

Tarefas	Aceleração instantâneas em cada um dos eixos												Min.	Média	Máx.	DP
Taqueio	x	12,67	17,56	20,69	34,55	46,88	31,86	0	37,63	26	35,66	46,3	0	28,16	46,88	14,44
	y	1,08	1,17	0	0	0	0	0	2,15	6	0	1,85	0	1,11	6	1,81
	z	86,25	81,26	79,31	65,45	53,13	68,14	100	60,22	68	64,34	51,85	51,85	70,72	100	14,63
Espera / Seleção de Blocos	x	12,16	15,87	28,33	40	18,92	31,25	41,67	47,06	0	10,64	9,68	0	23,23	47,06	15,35
	y	2,7	4,76	6,67	0	8,11	0	0	5,88	0	0	0	0	2,56	8,11	3,21
	z	85,14	70,37	65	60	72,97	68,75	58,33	47,06	100	89,36	90,32	47,06	73,39	100	16,09

Da observação de campo da atividade deste equipamento pode-se constatar que ele desenvolve essencialmente duas tarefas, facilmente distinguíveis: (1) Taqueio, (2) Espera/Seleção de blocos. Com base nos dados recolhidos, foi calculada a exposição diária $A(8)$ para a medição de vibrações durante um ciclo/período de medição, visto que esta operação é acíclica. A Espera e a Seleção de blocos não podem ser consideradas duas tarefas distintas, pois no terreno, ambas estão interligadas, tendo comportamento muito aleatórias e de modo muito separadas, podendo originar tempos de tarefa muito curtos que tornam difícil a sua quantificação. Na Tabela 86 encontram-se os valores de exposição diária em cada tarefa e a exposição diária no posto de trabalho.

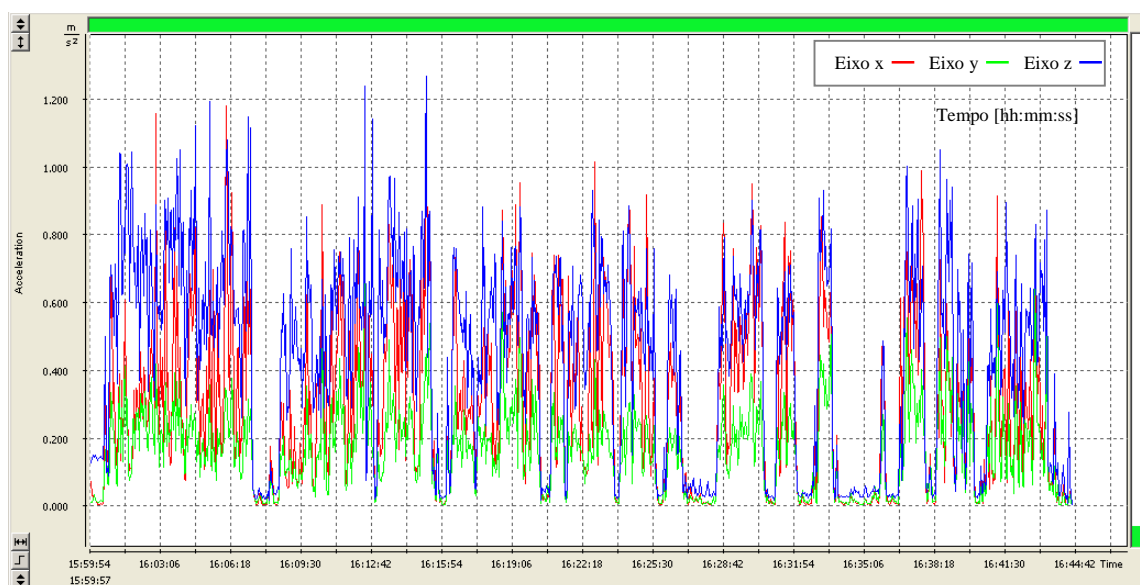


Figura 67 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.

Tabela 86 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por tarefa	(1) Taqueio	0,404	0,341	6,166	z
	(2) Espera / Seleção de Blocos	0,151	0,082	8,222	z
Por posto de trabalho - Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH		A(8) = 0,35 m.s⁻²			

4.3.2 Ruído Ocupacional

Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH

Como anteriormente referido, a atividade deste equipamento restringe-se à redução por quebra dos blocos de dimensão superior à desejada por impacto, operação que se designa por taqueio. Deste modo, este posto de trabalho desenvolve uma única tarefa, que apenas é interrompida quando há necessidade de se deslocar para tratar blocos que se encontram mais distantes do martelo ou quando não há blocos a distâncias acessíveis para o taqueamento, situação que origina períodos de espera. Desenvolve a sua atividade em paralelo com uma escavadora giratória com balde que, para além de carregar os *Dumpers*, posiciona os blocos de maior dimensão na proximidade do martelo hidráulico para que os blocos sejam fragmentados, conforme ilustrado na Figura 68.



Figura 68 - Atividade simultânea da Pá Escavadora Giratória, com martelo hidráulico com a Pá Giratória com balde a carregar *Dumpers*.

Na Figura 69, encontra-se ilustrado o exemplo de uma projeção do ruído em função do tempo, correspondente à atividade executada pela Pá Escavadora Giratória durante as medições realizadas no dia 30/07/2013.

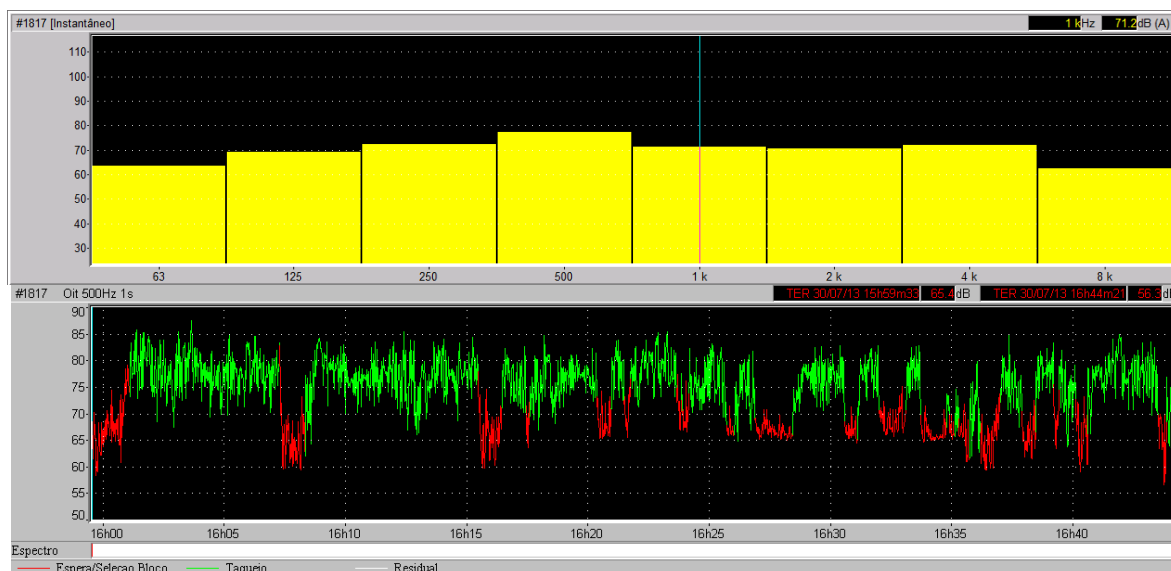


Figura 69 - Projeção do ruído em função do tempo, na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH, em que ■ significa Tarefa de Taqueio e ■ Tarefa de Espera/Seleção de Blocos.

Na Tabela 87 apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 30/07/2013, na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH da Pedreira B.

Tabela 87 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8H}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Taqueio	80,2	63,6	89	125,5	78,7	00:31:47
Espera/Seleção de Blocos	69,6	58,1	80,8	125,1	64,3	00:13:02

Na Tabela 88 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 87 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

Tabela 88 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH	78,9	58,1	89,0	6,1

Na Tabela 89 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 87.

Tabela 89 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH	78,9 ± 1,9		89,0	125,5	8,3

4.3.3 Poeiras Ocupacionais

Na Tabela 90, apresentam-se os resultados da concentração em Poeiras Respiráveis (PR), Poeiras Totais (PT) e em Sílica Cristalina (SiO_2) na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico numa das Pedreiras avaliadas.

Tabela 90 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH da Pedreira B.

Equipamento	Marca	Modelo	Local	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média PT (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO_2 (mg.m ⁻³)
Pá Giratória com martelo	CAT	325BLH	Desmorte (redução da granulometria dos blocos)	0,080	0,231	0,024

4.4 Transporte: *Dumpers*

4.4.1 Vibrações no Corpo Inteiro (VCI)

Nas Tabela 91 e Tabela 92, apresenta-se uma caracterização ao nível da duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho dos *Dumpers*, respetivamente TEREX TR45 e VOLVO A35D. Para garantir a comparabilidade, as variáveis são as mesmas que as utilizadas para os *Rocs*.

Tabela 91 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *Dumper* TEREX TR45.

Tarefa	(1) Carga	(2) Transporte Carregado	(3) Descarga	(4) Transporte Vazio	Espera
N	27	30	29	29	10
Duração média da tarefa [s.]	276	216	36	192	138
% das 8 h de trabalho diário	34	29	5	25	7
Exposição diárias [h]	2,6	2,3	2,0	0,4	0,6

Tabela 92 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *Dumper* VOLVO A35D.

Tarefa	(1) Carga	(2) Transporte Carregado	(3) Descarga	(4) Transporte Vazio
N	26	28	28	27
Duração média da tarefa [s.]	1138	1295	535	771
% das 8 h de trabalho diário	30	35	14	21
Exposição diárias [h]	2,4	2,8	1,1	1,7

Na Figura 70, encontra-se ilustrado a aceleração instantânea função do tempo da monitorização de VCI de uma sequência de dez ciclos de trabalho do *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A, no dia 19/04/2013.

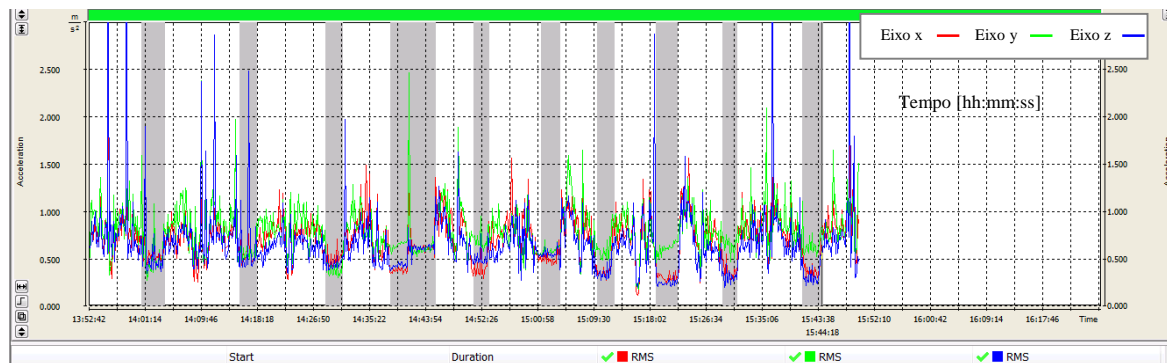


Figura 70 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de uma sequência de dez ciclos de trabalho do *Dumper* TEREX TR45 de 19/04/2013, em que as barras a cinza representam a Tarefa de Carga (1).

Na Figura 70, encontram-se assinalada as Tarefas de Carga (1) a cinza, a que correspondem os valores de aceleração instantânea mais baixos.

Na Figura 71 apresenta-se um exemplo do dia 13/06/2013, de uma das monitorizações de VCI, transmitida pela superfície do assento, realizada durante um ciclo de trabalho do *Dumper* TEREX TR45. Distingue-se com alguma facilidade na Figura 71 um comportamento padronizado das VCI, característico do ciclo de trabalho do *Dumper*. Pela observação *in loco* e pelas características do trabalho desenvolvido, este posto de trabalho inclui uma série de tarefas que facilmente são perceptíveis pela visualização gráfica. Assim, com a ajuda gráfica definiram-se as seguintes Tarefas: (1) Carga pela Pá Carregadora Giratória, (2) Transporte Carregado, (3) Descarga no Britador primário e (4) Transporte Vazio até à frente de desmonte para início de novo ciclo.

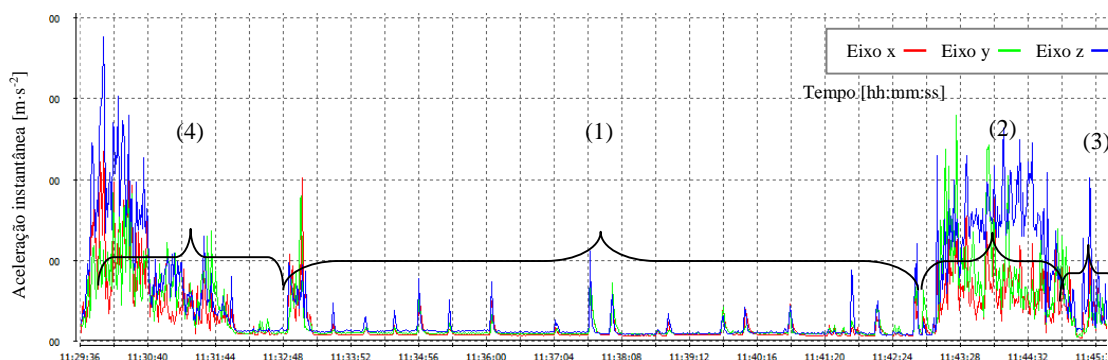


Figura 71 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de um ciclo de trabalho, em que (1) significa Tarefa de Carga, (2) Tarefa de Transporte Carregado, (3) Descarga e (4) Transporte Vazio .

O eixo dominante foi na maioria do tempo de monitorização o eixo vertical z , sendo, por isso também, o eixo predominante em todas as Tarefas, tal como pode ser confirmado na Tabela 93.

Tabela 93 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 no dia 19/04/2013.

Tarefas	Aceleração instantâneas em cada um dos eixos											Min.	Média	Máx.	Desv. Padrão
Descarga	x	4,76	0	11,54	5	8,33	0	0	8	5,41	4,17	0	4,721	11,54	3,92
	y	9,52	0	7,69	0	0	0	6,25	0	5,41	0	0	2,887	9,52	3,87
	z	85,71	100	80,71	95	91	100	93,75	92	89,19	95,83	80,71	92,319	100	6,05
Trasporte Carregado	x	3,18	2,38	0	3,51	0,96	5,56	5,1	2,84	5,13	2,03	0	3,069	5,56	1,83
	y	1,91	34,29	0	0,88	0,96	0,69	0	3,55	1,28	2,03	0	4,559	34,29	10,50
	z	94,9	63,33	100	95,61	98,08	93,75	94,9	93,62	93,59	95,95	63,33	92,373	100	10,41
Carga	x	5	0	1,85	6,49	1,04	7,41	2,08	5,13	6,82	4,82	0	4,064	7,41	2,62
	y	3,75	4,84	1,85	6,49	1,04	11,11	0	7,69	7,95	1,2	0	4,592	11,11	3,66
	z	91,25	95,16	96,3	87,01	97,92	81,48	97,92	87,18	85,23	93,98	81,48	91,343	97,92	5,81
Trasporte Vazio	x	0,15	6,9	9,62	14,55	14,55	4,44	10,17	7,53	3,05	5,67	0,15	7,663	14,55	4,69
	y	0,25	5,75	0	3,64	3,64	0	0	2,74	0,76	2,84	0	1,962	5,75	2,04
	z	99,6	87,36	90,38	81,82	81,82	95,56	89,83	89,73	96,18	91,49	81,82	90,377	99,6	5,80

Com a finalidade de confirmar a repetibilidade do padrão de VCI descrito e numa visão mais alargada temporalmente, é ilustrada na Figura 72 um outro exemplo de uma medição efetuada no dia 19/04/2013, onde está representada uma sequência de três ciclos de trabalho do *Dumper*.

O comportamento padronizado descrito e visualizado anteriormente repete-se ao longo do tempo e de acordo com as Tarefas em causa. Verifica-se mais uma vez que o eixo vertical z é distintamente o dominante em toda a monitorização feita.

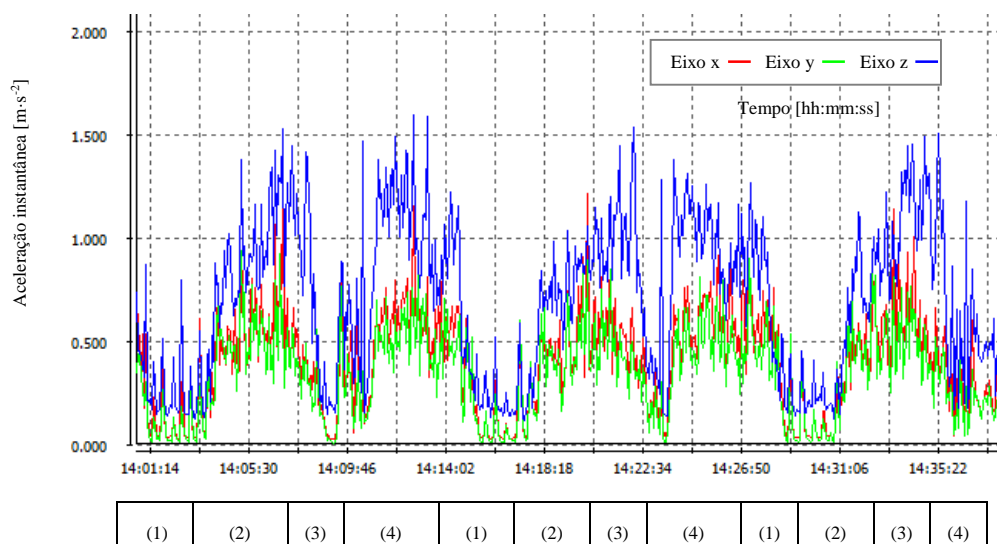


Figura 72 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de três ciclos de 19/04/2013, em que (1) significa Tarefa de Carga, (2) Tarefa de Transporte Carregado, (3) Descarga e (4) Transporte Vazio.

Foram analisadas 27 tarefas de Carga (Tabela 91), sendo a duração média de cinco minutos (276 segundos). Estas Tarefas tiveram um peso de 34% no ciclo de trabalho do *Dumper*, sendo a tarefa onde é despendido mais tempo ao longo do dia de trabalho. A tarefa Transporte

Carregado tem uma duração média de quatro minutos (216 segundos), correspondendo a 29% do tempo total despendido no seu ciclo de trabalho. Quanto ao Transporte Vazio, com o mesmo percurso, é efetuado de modo ligeiramente mais rápido, tendo uma duração média de três minutos (192 segundos), pelo facto de o veículo sem carga se tornar mais leve, o que possibilita a facilidade e celeridade nas manobras. A Descarga é uma Tarefa curta, mas essencial, no ciclo de trabalho do *Dumper* (5%), com uma duração média inferior a um minuto (36 segundos). No ciclo completo de trabalho do *Dumper* existem ainda uns momentos de espera que se devem sobretudo a situações em que a Pá Carregadora está ocupada, o que inibe a carga imediata do *Dumper*, obrigando o operador a estacionar o veículo em local adequado e aguardar o momento próprio para reiniciar o ciclo de trabalho. A duração média destes momentos é de aproximadamente dois minutos (138 segundos), embora sejam extraordinariamente variáveis. Estes momentos de pausa, e consequente o tempo de inatividade com produtividade zero, representam 7% do tempo total de trabalho. No *Dumper* o eixo predominante é o vertical *z*, em qualquer tarefa. Na Tabela 94 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada ao *Dumper* TEREX TR45.

Tabela 94 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no *Dumper* TEREX TR45.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Carga	0,220	0,110	3,090 <i>z</i>
	(2) Transporte Carregado	0,821	0,440	2,541 <i>z</i>
	(3) Descarga	0,319	0,072	2,317 <i>z</i>
	(4) Transporte Vazio	0,754	0,377	3,051 <i>z</i>
	Espera	0,175	0,048	0,432 <i>z</i>
Por posto de trabalho – <i>Dumper</i> TEREX TR45			A(8) = 0,60 m.s ⁻²	

Os valores mais altos de Picos máximos verificam-se durante a execução das Tarefas de (2) Transporte Carregado e (4) Transporte Vazio o que mais uma vez vem confirmar, como se tinha verificado pelos valores de RMS e A(8), de que estas são as tarefas mais críticas na exposição a VCI no ciclo de trabalho do *Dumper*. Na Figura 73 salienta-se o pormenor de um ciclo de trabalho do *Dumper* TEREX TR45 no dia 12/01/2012 em que pelas circunstâncias climáticas o material desmontado estava muito molhado, havendo a necessidade de antes de efetuar a Tarefa de Descarga, despejar a água que ia em excesso na caixa basculante do *Dumper*. Esse movimento pode ser “visto” de um modo gráfico na Figura 73.

Pela análise da Figura 73, verifica-se a predominância do eixo dos *y* na Tarefa de Despejar a água, assim como também lhe estão associados os valores mais baixos de acelerações (assinaladas na Figura 73 com as setas grossas a preto), devendo-se esta predominância ao tipo de movimento que é executado de basculação do veículo. Pode-se observar também a predominância do eixo dos *z* e valores de aceleração instantânea mais elevados para as Tarefas de Transporte, quer Carregado, quer Descarregado, na Figura 73 assinaladas com setas a laranja mais claro, salientando com setas a laranja escuro situações de Transporte

Carregado em que há predominância do eixo dos z , levando a supor em situações de basculação lateral do veículo.

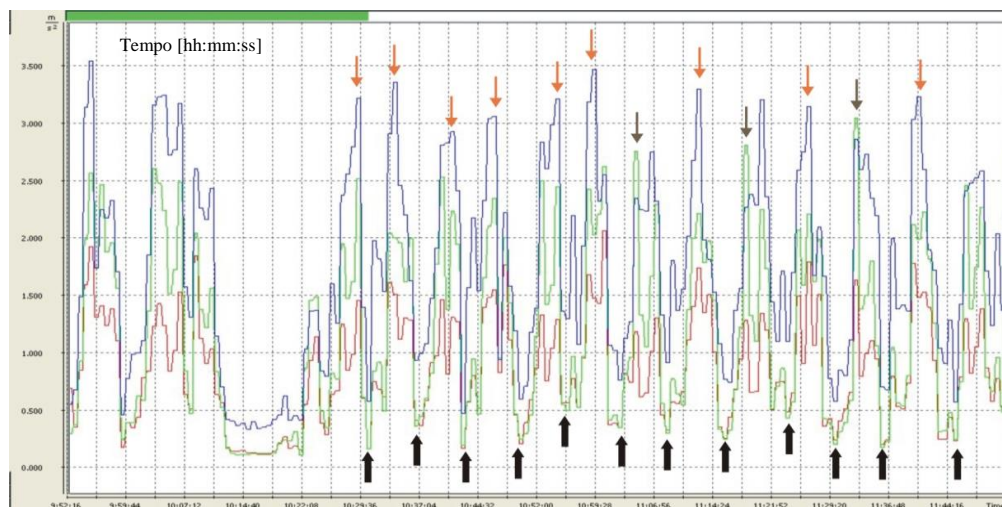


Figura 73 - Predominância do eixo y na tarefa Despejar água (↑) e do eixo z na tarefa de transporte (↓) num ciclo trabalho do *Dumper* TEREX TR45.

Dumper Volvo A35D

Na Figura 74 apresenta-se um exemplo do dia 9/07/2013, de uma das monitorizações de VCI, transmitida pela superfície do assento, realizada durante um ciclo de trabalho do *Dumper* VOLVO A35D. Distingue-se a mesma série de Tarefas: (1) Carga pela Pá Carregadora Giratória, (2) Transporte Carregado, (3) Descarga no Britador primário e (4) Transporte Vazio até à frente de desmonte para início de novo ciclo. Da observação do gráfico da referida figura, percebe-se existir uma predominância de acelerações ao nível do eixo dos y , essencialmente durante os trajetos ou seja durante as tarefas de movimentação do veículo, o que se explica pela irregularidade grande e má qualidade do pavimento, da inclinação das rampas que era necessário ultrapassar em cada percurso desmonte – britador primário e regresso.

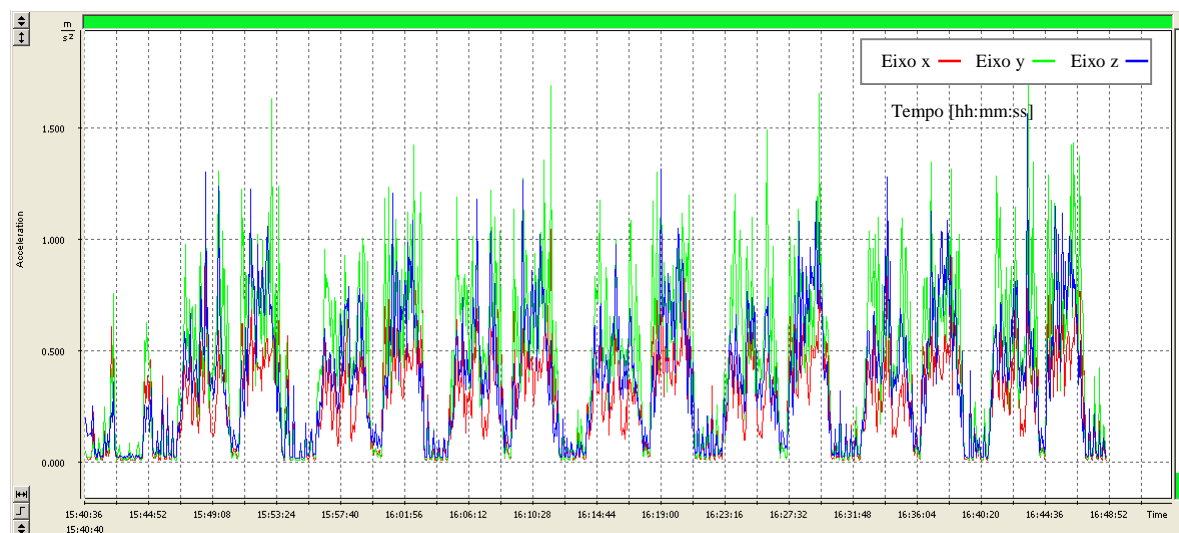


Figura 74 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do *Dumper* VOLVO A35D.

Na Tabela 92, verifica-se que foram analisadas 26 Tarefas de Carga, com uma duração média de dezanove minutos (1138 segundos). Esta Tarefa tem um peso de 30% no ciclo de trabalho do *Dumper*.

A Tarefa (2) Transporte Carregado tem uma duração média de vinte e dois minutos (1295 segundos), correspondendo a 35% do tempo total despendido no seu ciclo de trabalho, sendo a tarefa onde é despendido mais tempo ao longo do dia de trabalho. Quanto ao Transporte Vazio, com o mesmo percurso, é efetuado de modo ligeiramente mais rápido, tendo uma duração média de treze minutos (771 segundos), pelo facto de o veículo sem carga se tornar mais leve, facilitando as manobras.

A Descarga é uma Tarefa curta, mas essencial, no ciclo de trabalho do *Dumper* e neste caso representa 14% do tempo gasto, com uma duração de cerca de nove minutos (535 segundos).

Através da Figura 75 confirmam-se os dados da Tabela 92, para além de ser possível visualizar/confirmar o número de baldes que a pá despeja na caçamba do *dumper*, que se encontram marcados com setas a preto na imagem.

Na Tabela 95 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada ao *Dumper* VOLVO A35D.

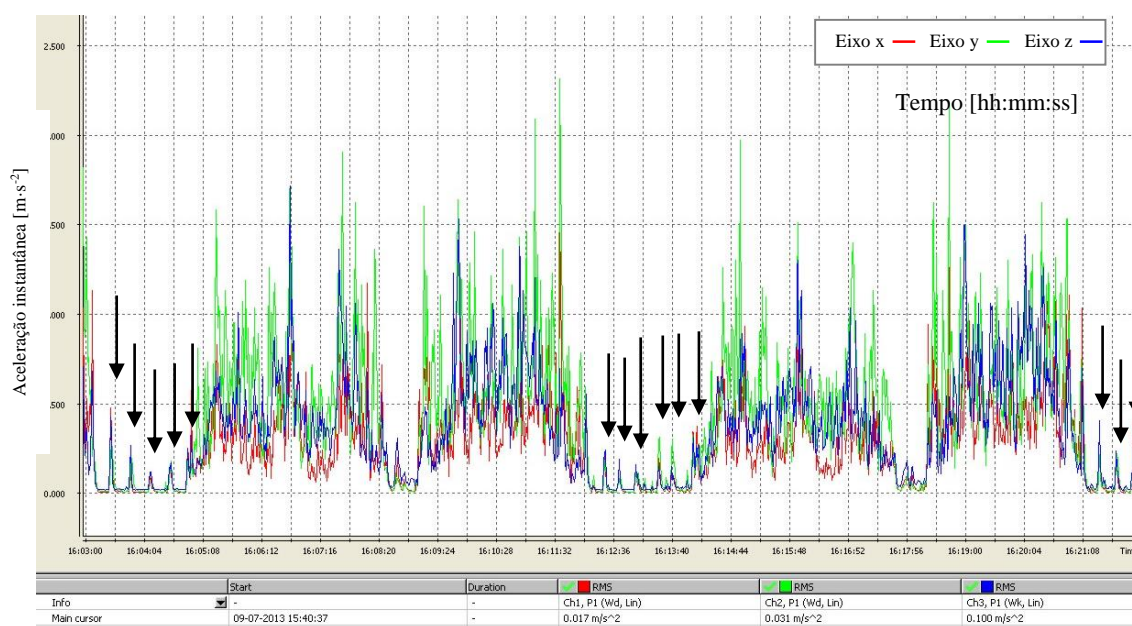


Figura 75 - Pormenor do nº de baldes descarregados (↓) no decorrer de 2 ciclos e início da 3ª Tarefa de Carga.

Tabela 95 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no *Dumper* VOLVO A35D.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Carga	0,463	0,255	5,012 y
	(2) Transporte Carregado	0,695	0,409	3,631 y/z
	(3) Descarga	0,546	0,207	3,846 y
	(4) Transporte Vazio	0,882	0,400	3,890 y
Por posto de trabalho – <i>Dumper</i> VOLVO A35D		A(8) = 0,66 m.s ⁻²		

4.4.2 Ruído Ocupacional

Dumper TEREX TR45

Na Figura 76, encontra-se ilustrado o espectro de ruído correspondente a dez ciclos de trabalho do *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A, no dia 19/04/2013. Na Tabela 96 apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 19/04/2013, desse mesmo *Dumper*.

Na Tabela 97 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 96 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

Na Tabela 98 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 96.

Na Figura 77, encontra-se ilustrado o espectro e o sinal de ruído correspondente a quatro ciclos de trabalho do *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A, no dia 7/12/2011. Esta situação apresenta-se, como um caso particular, pelo facto de nesta ocasião, por exigência do mercado

de clientes haver necessidade de estarem a trabalhar em simultâneo vários *Dumpers*, o que implicou tempos de paragem para cruzamento dos mesmos, como pode ser visualizado na Figura 77, em duas ocasiões. Estes tempos foram retirados do cálculo dos tempos totais do posto de trabalho. O material que se estava a desmontar era uma parte mais superficial da bancada (mais terra que rocha) e de menor granulometria, que, como fica evidenciado na Tabela 99 e na Tabela 100, se revela sob a forma de valores inferiores de níveis sonoros.



Figura 76 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a dez ciclos de trabalho do Dumper TEREX TR45, em que (—) significa Tarefa de Carga, (—) Tarefa de Transporte Carregado, (—) Tarefa de Descarga e (—) Tarefa de Transporte Vazio.

Tabela 96 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no Dumper TEREX TR45.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga	77,5	69,6	90,2	120,1	72,2	00:36:25
Transporte Carregado	79,7	71,3	91,3	110,1	74,4	00:36:56
Descarga	76,3	70,3	87,9	113,0	65,3	00:09:36
Transporte Vazio	78,8	70,7	92,6	113,4	71,9	00:24:43

Tabela 97 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> TEREX TR45	78,5	69,6	92,6	3,2

Tabela 98 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico min}$ dB(C)	$L_{Cpico máx}$ dB(C)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> TEREX TR45	78,5 ± 1,2		94,8	133,8	2,5

Na Tabela 99 apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 7/12/2011, no *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A. Na Tabela 100 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho avaliado no dia 7/12/2011 como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 99 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

Na Tabela 101 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado no dia 7/12/2011, *Dumper* TEREX TR4 como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 99.

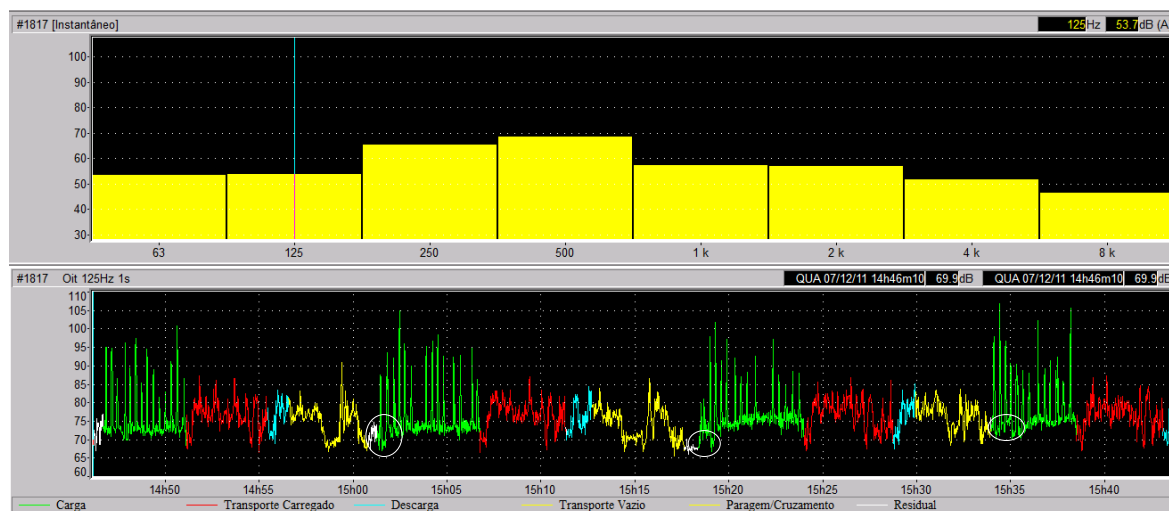







Figura 77 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a quatro ciclos de trabalho, com sinalização de tempos longos de paragem, para cruzamento (assinalado na imagem com , do *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A no dia 7/12/2011, em que  significa Tarefa de Carga,  Tarefa de Transporte Carregado,  Tarefa de Descarga e  Tarefa de Transporte Vazio.

Tabela 99 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no *Dumper* TEREX TR45 no dia 7/12/2011.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	$L_{Cpico\ max}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga	71,7	64,3	89,7	123,8	67,2	00:20:05
Transporte Carregado	75,1	63,9	84,6	108,1	70,1	00:18:13
Descarga	74,0	64,5	81,7	111,1	62,7	00:04:12
Transporte Vazio	73,6	63,2	84,5	107,8	67,2	00:13:09

Tabela 100 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45 no dia 7/12/2011.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> TEREX TR45	73,6	63,2	89,7	4,3

Tabela 101 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45 no dia 7/12/2011.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ max}$ dB(C)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> TEREX TR45 - no dia 7/12/2011	73,6 ± 1,2		89,1	123,8	4,7

Na Figura 78, encontra-se ilustrado o espectro e o sinal de ruído correspondente a sete ciclos de trabalho do *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A, no dia 12/01/2012. No caso concreto da recolha desta amostra, durante o ciclo do *dumper*, ele executa mais uma tarefa, que consistia na descarga de água que era introduzida na caçamba do *dumper* pela Pá Carregadora na zona do desmonte quando do carregamento do material. Esta etapa, embora de carácter esporádico, estava definida nos procedimentos da empresa, para ser executada após ou durante dias de

chuva. Trata-se então de uma tarefa extra no ciclo típico do *dumper*, que consiste na descarga da água que vem em excesso na caçamba do *dumper* antes de se efetuar a descarga do material proveniente do desmorte na torva do britador primário de modo a evitar o encravamento deste.

Na Tabela 102, apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 12/01/2012, no *Dumper* TEREX TR45 da Pedreira A.

Na

Tabela 103 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45 como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 102 com os respectivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

Na Tabela 104 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 102

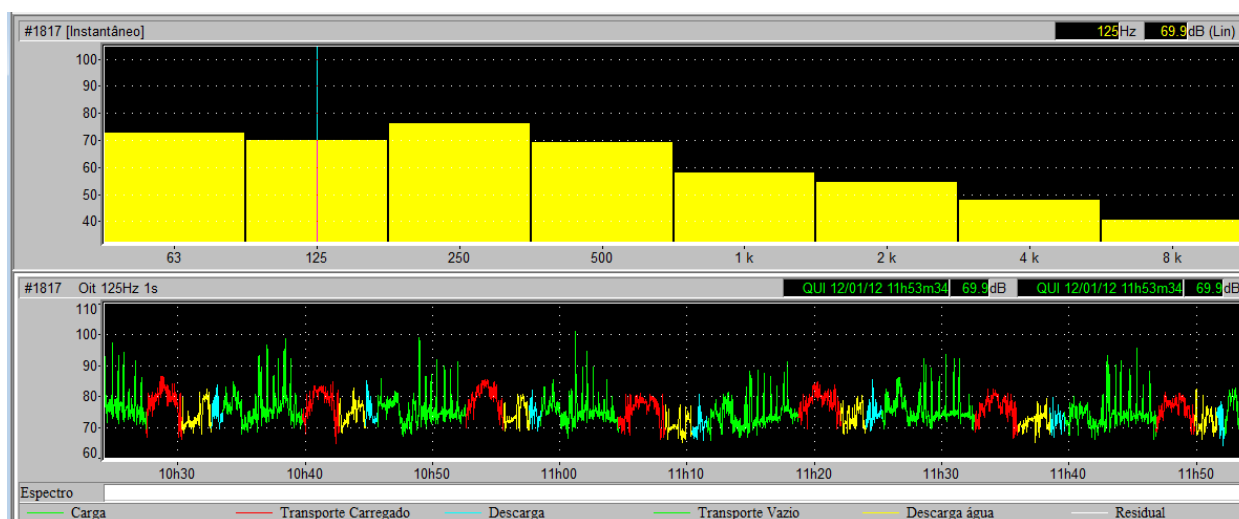


Figura 78 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a quatro ciclos de trabalho do Dumper TEREX TR45 da Pedreira A no dia 12/01/2012, em que (■) significa Tarefa de Carga, (■) Tarefa de Transporte Carregado, (■) Tarefa de Descarga, (■) Tarefa de Transporte Vazio e (■) Tarefa de Descarga de Água.

Tabela 102 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas do Dumper TEREX TR45.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	L_{Cpico} máx dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga	73,3	62,1	85,0	119,5	67,9	00:25:48
Transporte Carregado	77,7	64,2	85,6	106,4	71,5	00:22:05
Descarga	73,1	62,0	84,5	106,2	62,0	00:06:54
Transporte Vazio	77,5	67,4	86,4	112,2	68,5	00:11:13
Descarga de água	75,3	63,2	86,6	104,0	67,4	00:14:47

Tabela 103 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45 no dia 12/01/2012.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> TEREX TR45	75,7	62,0	86,6	3,6

Tabela 104 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico para o Posto de trabalho *Dumper* TEREX TR45 no dia 12/01/2012.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> TEREX TR45 - no dia 12/01/2012	75,7 ± 1,1		88,4	119,5	4,0

Dumper VOLVO A35D

Na Figura 79 encontra-se ilustrado o espectro e o sinal de ruído correspondente a sete ciclos de trabalho do *Dumper* VOLVO A35D da Pedreira B, apresentando-se na Tabela 105 os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no dia 9/07/2013. Esta medição foi feita em simultâneo com a medição das vibrações no sistema corpo inteiro (VCI).

Na Tabela 106 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho *Dumper* VOLVO A35D como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 105 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho. Na Tabela 107 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 105.



Figura 79 - Projeção do ruído em função do tempo, para sete ciclos de trabalho do *Dumper* VOLVO A35D, em que (■) significa Tarefa de Carga, (■) Tarefa de Transporte Carregado, (■) Tarefa de Descarga e (■) Tarefa de Transporte Vazio..

Tabela 105 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas no *Dumper* VOLVO A35D.

Tarefa	$L_{eq\ específico}$ dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga	71,3	60,8	82,3	113,2	65,5	00:20:47
Transporte Carregado	76,5	64,4	86,7	109,4	71,3	00:23:38
Descarga	73,4	64,1	84,4	109,9	64,3	00:10:13
Transporte Vazio	75,2	68,2	83,7	118,7	67,2	00:12:10

Tabela 106 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho *Dumper* VOLVO A35D.

Posto de Trabalho	$L_{eq\ específico}$ dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> VOLVO A35D	74,6	55,1	86,9	3,8

Tabela 107 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho *Dumper* VOLVO A35D.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
<i>Dumper</i> VOLVO A35D	74,6 ± 1,3		79,5	125,3	4,4

4.4.3 Poeiras Ocupacionais

Na Tabela 108, apresentam-se os resultados da concentração em Poeiras Respiráveis (PR), Poeiras Totais (PT) e em Sílica Cristalina (SiO_2) nos *Dumpers* das Pedreiras avaliadas.

Tabela 108 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO_2 nos *Dumpers*.

Equipamento	Marca	Modelo	Local	Concentração média PR ($mg.m^{-3}$)	Concentração média PT ($mg.m^{-3}$)	Concentração média SiO_2 ($mg.m^{-3}$)
<i>Dumper</i>	TEREX	TR45	Desmorte e Britador Primário da Pedreira A	0,124	0,098	0,022
<i>Dumper</i>	VOLVO	A35D	Desmorte e Britador Primário da Pedreira B	0,068	0,218	0,025

4.5 Carga em Zona de Stock: Pás Carregadoras

4.5.1 Vibrações no Corpo Inteiro (VCI)

Na Tabela 109 e Tabela 110 apresenta-se uma caracterização ao nível da duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho das Pás Carregadoras, respetivamente CAT 966H e VOLVO L120F.

Tabela 109 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora CAT 966H.

Tarefa	(1) Carga	(2) Percurso de/para <i>Stock</i>	(3) Abrir/Fechar Porta Cabine	(4) Paragem
N	36	30	24	12
Duração média da tarefa [s.]	4860	1980	600	340
% das 8 h de trabalho diário	62	25	8	4
Exposição diárias [h]	5	2,04	0,62	0,35

Tabela 110 - Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora VOLVO L120F.

Tarefa	(1) Carga	(2) Percurso de/para <i>Stock</i>	(3) Abrir/Fechar Porta Cabine	(4) Descarga
N	36	16	8	12
Duração média da tarefa [s.]	1500	420	182	210
% das 8 h de trabalho diário	65	18	8	9
Exposição diárias [h]	5,2	1,46	0,64	0,73

Na Figura 80 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das monitorizações de VCI, correspondente à avaliação medida no dia 27/03/2012, no decorrer da atividade da Pá Carregadora CAT 966H, avaliadas na interface assento/operador.

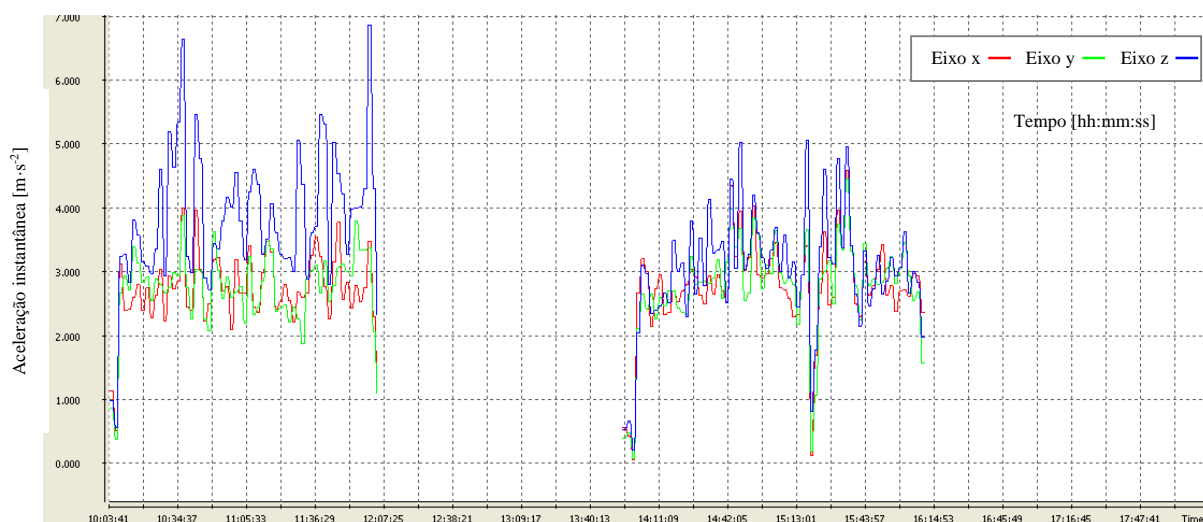


Figura 80 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora CAT 966H em dois períodos distintos.

Na Figura 81 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das partes da monitorização de VCI anterior, correspondente ao período da manhã. Pela análise da Figura 81 verifica-se que durante grande parte do período de medição, o VA e também o VLE foram ultrapassados por todos os eixos. Denota-se uma predominância de movimentos verticais (eixo z), sendo este o eixo predominante.

Na Figura 82 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das partes da monitorização de VCI anterior, correspondente ao período da tarde. Pela análise da Figura 82 verifica-se que durante praticamente a totalidade do período de medição, o VA e também o VLE foram ultrapassados por todos os eixos. Denota-se uma predominância de movimentos verticais (eixo z), sendo este o eixo predominante.

Da análise da Tabela 110, verifica-se que foram analisadas 36 Tarefas de Carga, sendo a duração média de oitenta e oito minutos (4860 segundos). Esta Tarefa tem um peso de 62% no ciclo de trabalho da Pá Carregadora CAT 966H, sendo a tarefa onde é despendido mais tempo ao longo do dia de trabalho. A Tarefa (2) Percurso de/para Stock tem uma duração média de trinta e três minutos (1980 segundos), correspondendo a 25% do tempo total despendido no seu ciclo de trabalho. A Tarefa (3) Abrir/Fechar a Porta Cabine para assinar a guia que indica qual o produto a carregar, é uma Tarefa que embora curta e não produtiva, é essencial, no ciclo de trabalho da Pá Carregadora e neste caso representa 8% do tempo gasto, com uma duração de dez minutos (600 segundos).

Na Tabela 111 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada à Pá Carregadora CAT 966H. O trabalho desenvolvido por esta Pá Carregadora obrigava-a a deslocamentos que se incluem na Tarefa Percurso de/para *Stock*, em pisos com inclinações elevadas e em estado muito degradado. Cumulativamente com estas circunstâncias, coincidiu, que na maior parte dos dias de recolha de dados, ser esta a única Pá Carregadora a exercer esta função, o que implicava que o fizesse com maior celeridade, executando todo este trabalho com alguma velocidade, por vezes até excessiva para o tipo de local e piso.

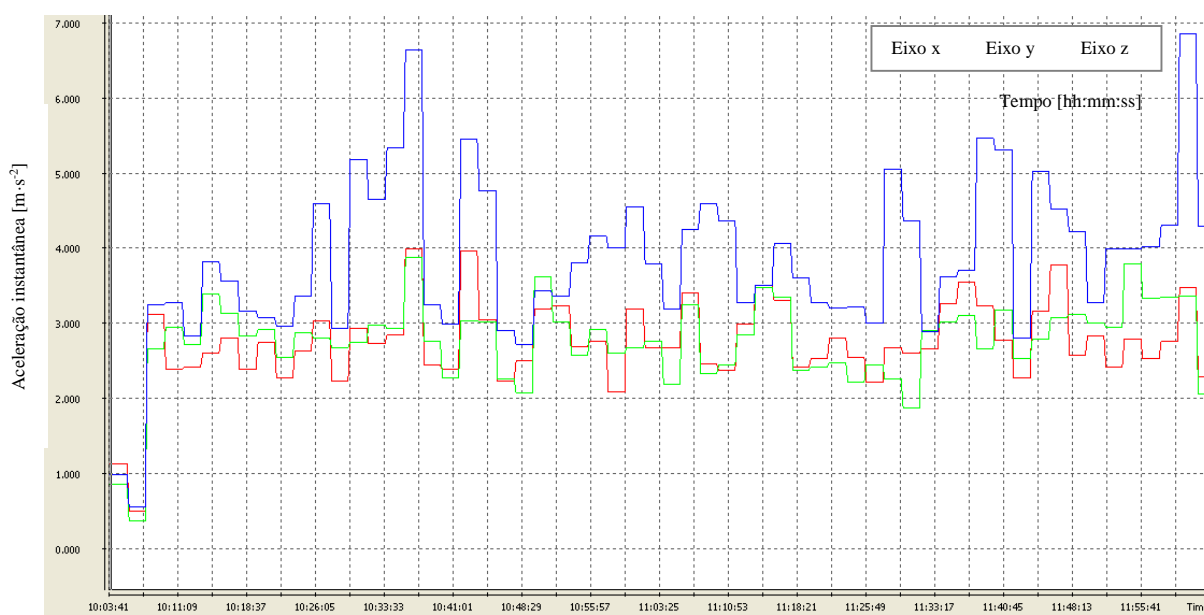


Figura 81 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora CAT 966H no período da manhã.

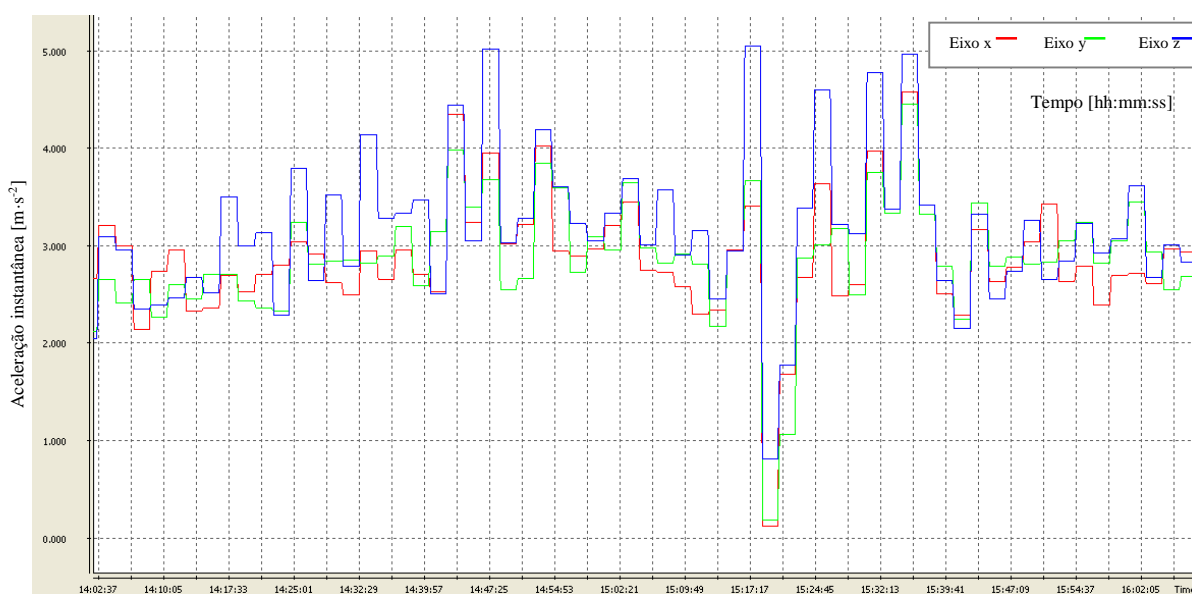


Figura 82 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora CAT 966H no período da tarde.

Tabela 111 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI à Pá Carregadora CAT 966H.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Carga	4,051	1,664	67,530 z
	(2) Percurso de/para Stock	3,424	0,898	91,201 z
	(3) Abrir/Fechar Porta Cabine	3,723	0,537	34,633 z
	(4) Paragem	2,260	0,246	35,975 z
Por posto de trabalho – Pá Carregadora CAT 966H		A(8) = 1,98 m.s ⁻²		

Pá Carregadora VOLVO L120F

Na Figura 83 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das monitorizações de VCI, correspondente à avaliação medida no dia 1/08/2013, no decorrer da atividade da Pá Carregadora VOLVO L120F, avaliadas na interface assento/operador.

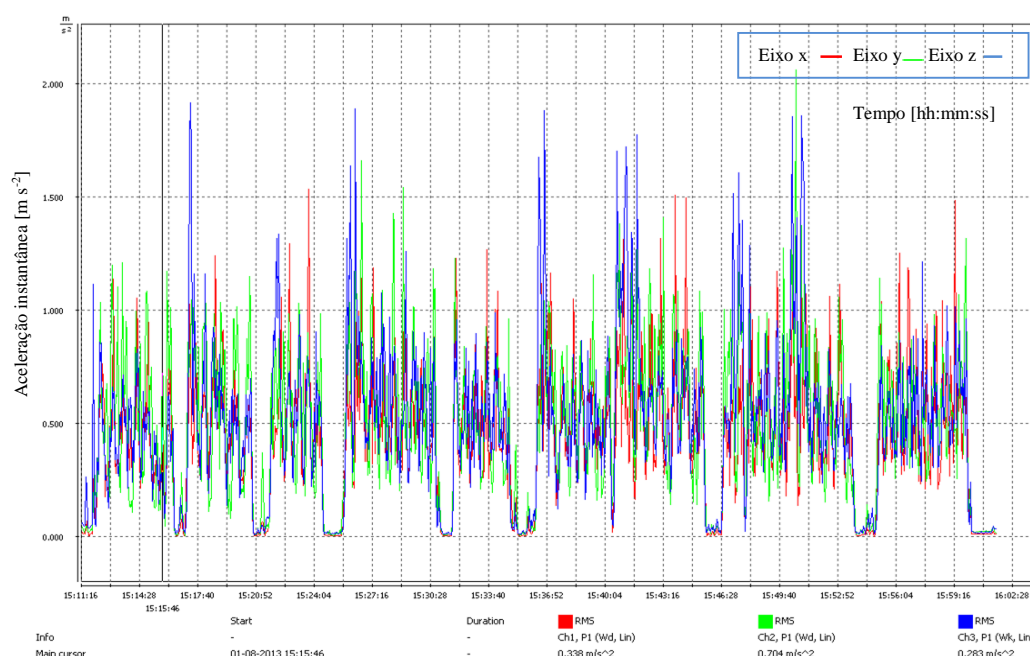


Figura 83 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI da Pá Carregadora VOLVO L120F.

Da análise da Tabela 110, verifica-se que foram avaliadas 36 Tarefas de Carga, sendo a duração média de vinte e cinco minutos (1500 segundos). Esta Tarefa tem um peso de 65% no ciclo de trabalho da Pá Carregadora VOLVO L120F, sendo a tarefa onde é despendido mais tempo ao longo do dia de trabalho.

A Tarefa (2) Percurso de/para Stock tem uma duração média de sete minutos (420 segundos), correspondendo a 18% do tempo total despendido no seu ciclo de trabalho. A Tarefa (3) Abrir/Fechar a Porta da Cabine para assinar a guia, neste ciclo de trabalho representa 8% do tempo gasto, com uma duração de cerca de três minutos (182 segundos). Na rotina desta pedreira e deste equipamento foi possível porque era perceptível durante as visitas diferenciar as Tarefas de carga e as Tarefas de descarga, tendo nesta Pá Carregadora separado esta Tarefa (4) Descarga, que para a Pá Carregadora CAT 966H se encontrava diluída/incluída na Tarefa

de Carga. Esta Tarefa representa 9% do tempo gasto, com uma duração de cerca de quatro minutos (210 segundos).

Na Tabela 112 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada à Pá Carregadora VOLVO L120F.

Tabela 112 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI à Pá Carregadora VOLVO L120F.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Carga	0,723	0,165	7,413 z
	(2) Percurso de/para Stock	0,889	0,107	5,188 z
	(3) Abrir/Fechar Porta Cabine	0,296	0,024	3,311 z
	(4) Descarga	0,636	0,054	4,121 x
Por posto de trabalho – Pá Carregadora VOLVO L120F		A(8) = 0,21 m.s⁻²		

Na Tabela 113, apresentam-se as percentagens dos valores máximos das acelerações instantâneas em cada um dos eixos correspondentes à monitorização de VCI da Pá Carregadora VOLVO L120F.

Tabela 113 - Percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização de VCI da Pá Carregadora VOLVO L120F.no dia 11/07/2013.

Tarefas	Aceleração instantâneas em cada um dos eixos										Min.	Média	Máx.	Desv. Padrão
Percurso de/para Stock	x	31,71	45	24,39	25						24,39	31,53	45	9,58
	y	31,71	12,5	26,83	15						12,5	21,51	31,71	9,24
	z	36,59	42,5	48,78	60						36,59	46,97	60	10,01
Carga	x	27,5	14,75	34	40,82	9,09	26,23	36,84	24,59	13,04	9,09	25,21	40,82	11,07
	y	37,5	37,7	15	24,49	31,82	39,34	31,58	24,59	20,29	15	29,15	39,34	8,52
	z	35	47,54	51	34,69	59,09	34,43	31,58	50,82	66,67	31,58	45,65	66,67	12,44
Descarga	x	26,32	15	2,07							2,07	14,46	26,32	12,13
	y	42,11	30	92,23							30	54,78	92,23	32,99
	z	31,58	55	5,7							5,7	30,76	55	24,66
Abre/Fecha Porta	x	3,33	18,42								3,33	10,88	18,42	10,67
	y	36,67	15,79								15,79	26,23	36,67	14,76
	z	60	65,79								60	62,90	65,79	4,09

4.5.2 Ruído Ocupacional

Pá Carregadora CAT 966H

Na Figura 84, encontra-se ilustrado o espectro e o sinal de ruído correspondente ao ciclo de trabalho da Pá Carregadora CAT 966H da Pedreira A, no dia 27/03/2012.

Na Tabela 114 apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 27/03/2012, na Pá Carregadora CAT 966H da Pedreira A.

Pela análise da Figura 84, que apresenta o ciclo de carga realizado pela Pá Carregadora, com a identificação das tarefas não é fácil identificar o número de ciclos, visto que se trata de uma operação cujas tarefas dependem essencialmente da produção da pedra e da expedição. É na banda de frequência de 1 KHz que melhor se destacam todas as tarefas, podendo-se identificar os níveis sonoros mais baixos, associados à Tarefa de Carga dos camiões. Foi na Tarefa Abrir/Fechar a Porta da cabine” onde se detetaram os níveis sonoros mais elevados. Numa análise de pormenor da Tarefa de Carga permitiu verificar que os valores mais baixos ocorridos em cada carga efetuada correspondem ao número de baldes descarregados pela Pá no camião que está a carregar para expedição, como se pode ver na Figura 85, pormenor da terceira carga do ciclo da medição do dia 27/03/2012 da Figura 84.

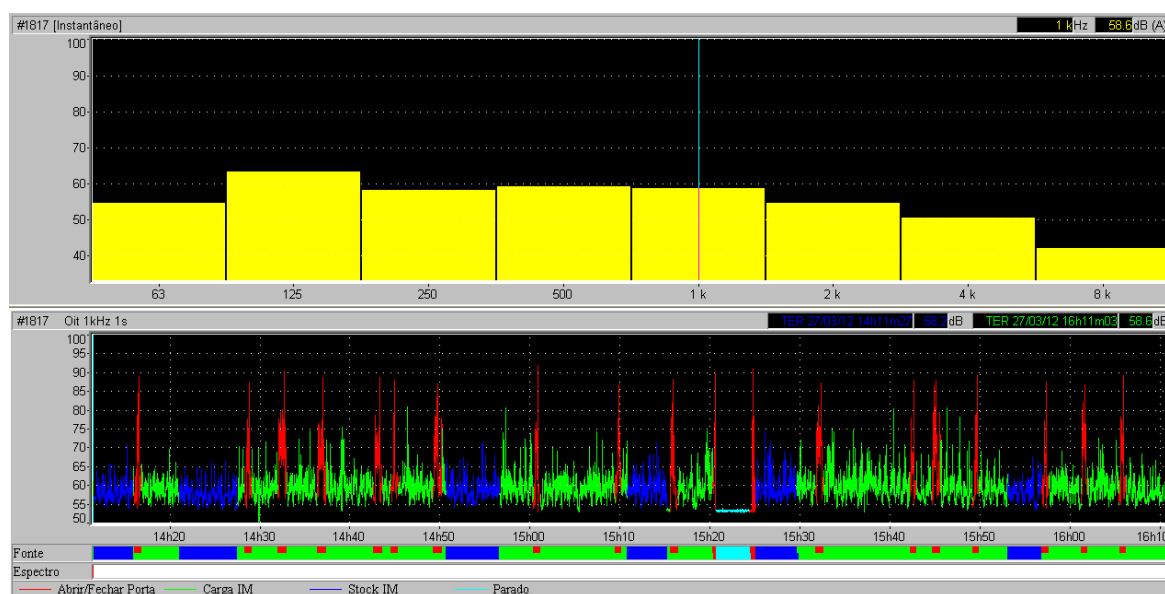


Figura 84 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente ao ciclo de trabalho da Pá CAT 966H, em que (red square) significa Tarefa de Abrir/Fechar Porta Cabine, (green square) Tarefa de Carga IM, (blue square) Tarefa de Arrumação em Stock IM e (cyan square) Paragem.

Tabela 114 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora CAT 966H.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga (IM*)	70,9	58,5	83,6	01:11:01
Abrir/Fechar Porta Cabine	79,1	61,0	96,5	00:15:15
Percorso entre Stocks (IM) e Arrumação do Stock	69,2	61,1	79,6	00:29:39
Paragem	61,2	60,8	61,8	00:03:45

Na Tabela 115 apresentam-se os valores trabalhados para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 114 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.

Pela dificuldade de encontrar um comportamento padrão e uma definição clara dos seus ciclos, a Pá Carregadora CAT 966H foi avaliado ao longo de vários dias, tendo-se recolhido

cinco amostras distintas. Na Tabela 116, apresentam-se os valores das restantes quatro amostras, que servirão para caracterizar o posto de trabalho.

Tabela 115 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora CAT 966H no dia 27/03/2012.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Pá Carregadora CAT 966H	72,7	58,5	96,5	4,1

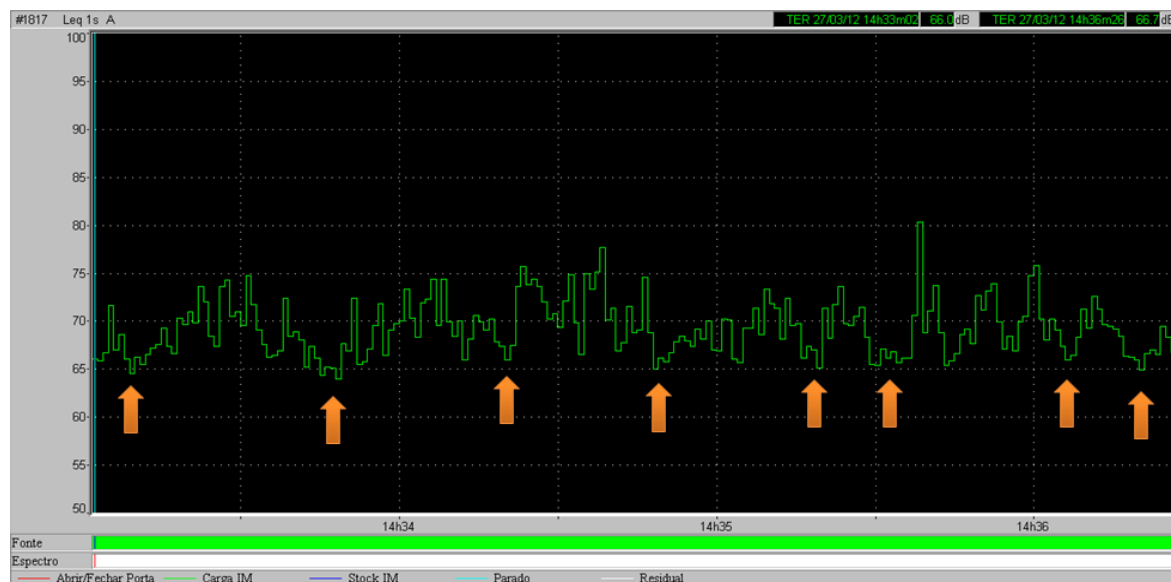


Figura 85 - Correspondência dos valores mais baixos aos baldes descarregados pela Pá Carregadora CAT 966H.

Tabela 116 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora CAT 966H.

Posto de Trabalho Pá Carregadora CAT 966H				
L_{eq} específico dB(A)	72,4	72,7	71,7	73,1
L_{min} dB(A)	60,2	62,7	58,7	53,7
L_{max} dB(A)	94,5	94,4	93,9	96,2
L_{cpico} dB(C)	130,2	129,1	130,1	131,6
Operação a que Corresponde o valor de Pico	Abrir/Fechar a porta da cabine.	Abrir/Fechar a porta da cabine.	Abrir/Fechar a porta da cabine.	Abrir/Fechar a porta da cabine.
Duração acumulada (hh:mm:ss)	01:39:54	01:25:21	01:21:42	02:01:15

Na Tabela 117 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 114 e Tabela 116 dos restantes dias de amostragem.

Tabela 117 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico no Posto de trabalho Pá Carregadora CAT 966H no dia 27/03/2012.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{cpico min}$ dB(C)	$L_{cpico max}$ dB(C)	Desvio padrão
Pá Carregadora CAT 966H	$72,7 \pm 1,3$		79,5	131,6	4,4

Pá Carregadora VOLVO L120F

Na Figura 86, encontra-se ilustrado o espectro e o sinal de ruído correspondente a sete ciclos de trabalho da Pá Carregadora VOLVO L120F da Pedreira B, no dia 1/08/2013. Esta medição foi feita em simultâneo com a medição das vibrações no sistema corpo inteiro (VCI).

Na Tabela 118 apresentam-se os valores encontrados para as tarefas desenvolvidas no posto de trabalho avaliado no dia 1/08/2013, na Pá Carregadora VOLVO L120F da Pedreira B.

Na Tabela 119 apresentam-se os valores calculados para o posto de avaliado como um todo, isto é, com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 118 com os respetivos pesos percentuais ponderados, de cada tarefa no total das 8 horas de trabalho.



Figura 86 - Projeção do ruído em função do tempo, correspondente a oito ciclos de trabalho da Pá Carregadora VOLVO L120F, em que (→) significa Tarefa de Carga de camiões, (→) Tarefa de Abrir e/Fechar porta da cabine, (→) e Tarefa Percurso entre Stocks.

A mesma análise de pormenor da tarefa de, e Carga feita anteriormente repetiu-se noutra Pedreira, com outro equipamento e verifica-se o mesmo comportamento. Assim, a Figura 87 permitiu, mais uma vez, confirmar que os valores mais baixos ocorridos em cada Carga efetuada correspondem ao número de baldes descarregados pela Pá no camião que está a carregar para expedição. Deste modo a Figura 87, apresenta um pormenor da 4ª Carga do ciclo da medição da Pá Carregadora VOLVO L120F, no dia 1/08/2013, correspondente à Figura 86.

Tabela 118 - Valores calculados para as Tarefas desenvolvidas na Pá Carregadora VOLVO L120F.

Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Duração acumulada (hh:mm:ss)
Carga de camiões	70,7	62,5	78,7	113,5	68,8	00:33:31
Abrir /Fechar porta cabine	79,2	62,1	91,2	131,1	69,8	00:05:50
Percurso entre Stocks	66,5	61,9	74,1	98,9	54,1	00:03:00

Tabela 119 - Valores de L_{eq} no Posto de trabalho Pá Carregadora VOLVO L120F.

Posto de Trabalho	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)	Desvio padrão
Pá Carregadora VOLVO L120F	73,0	61,8	91,2	3,7

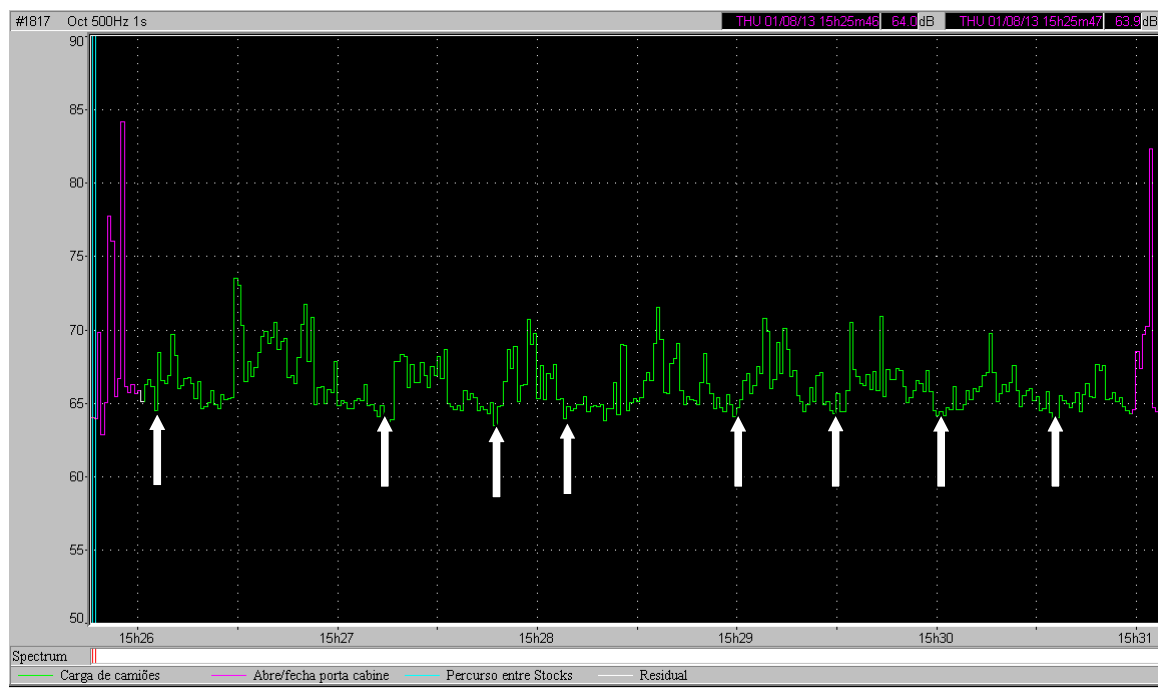


Figura 87 - Correspondência dos valores mais baixos aos 8 baldes (↑) descarregados pela Pá Carregadora CAT 966H.

Na Tabela 120 apresentam-se os valores dos níveis de exposição diária e os níveis de pico para o posto de trabalho avaliado com a participação das tarefas discriminadas na Tabela 118.

Tabela 120 - Valores de $L_{Ex,8h}$ e de Pico para o Posto de trabalho Pá Carregadora VOLVO L120F no dia 1/08/2013.

Posto de Trabalho	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada	$L_{Cpico\ min}$ dB(C)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	Desvio padrão
Pá Carregadora VOLVO L120F	$73,0 \pm 1,4$		86,0	86,0	5

4.5.3 Poeiras Ocupacionais

Na Tabela 121, apresentam-se os resultados da concentração em Poeiras Respiráveis (PR), Poeiras Totais (PT) e em Sílica Cristalina (SiO_2) nas Pás Carregadoras a circular em zonas de *Stockagem* e Expedição das Pedreiras avaliadas.

Tabela 121 - Resultados da concentração de PR, PT e SiO₂ nas Pás Carregadoras em zonas de *Stockagem* e Expedição.

Equipamento	Marca	Modelo	Local	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média PT (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	Zona de <i>stocks</i> da Pedreira A	0,296	1,382	0,072
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	Zona de <i>stocks</i> da Pedreira B	0,127	0,000	0,019

Como existiam várias Pás Carregadoras a funcionar em paralelo e com as mesmas funções na Zona de *Stocks*, a Pá Carregadora onde foi feita a amostragem de poeiras foi a Pá Carregadora Volvo L150E, enquanto que para recolha de dados de ruído e vibrações no corpo inteiro (VCI) e neste caso também como se tratava de início de teste de metodologia também foi feita a medição de vibrações no sistema mão-braço (VMB), foi utilizada a Pá Carregadora CAT 966H.

4.6 Vibrações no Sistema Mão-Braço (VMB)

4.6.1 Dumpers

Dumper TEREX TR45

Procedeu-se à avaliação deste equipamento em dois períodos distintos, o primeiro, que foi considerado o apurar da aplicação das metodologias e a criação dos protocolos de trabalho, teve início a dezembro de 2011 e terminou em finais de março de 2012; o segundo período de recolha de dados iniciou-se em abril e terminou em agosto de 2013. Por esta razão, para este equipamento, e de modo a testar todas as metodologias e criar o melhor protocolo, foi avaliada a VMB simultaneamente com as VCI. Nas primeiras avaliações e porque ainda se tratava de apurar a metodologia, a recolha das amostras foi feita com intervalos de um minuto, ao contrário do que se passou a fazer nas campanhas seguintes, cujo tempo de integração (passo de amostragem) passou a ser de um segundo.

Na Figura 88, apresentam-se os valores da aceleração instantânea de uma das monitorizações de VMB, correspondente à avaliação efetuada no dia 7/12/2011, no decorrer da atividade do *Dumper TEREX TR45*.

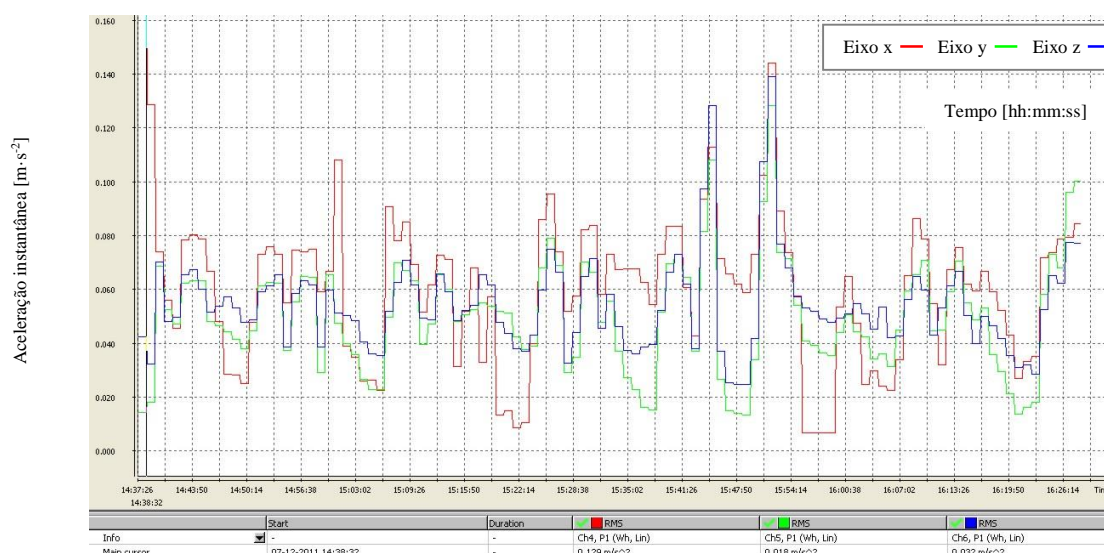


Figura 88 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VMB de um ciclo de trabalho do *Dumper* TEREX TR45.

Na Tabela 122 encontra-se o valor de exposição diária a VMB no posto de trabalho, não tendo sido feito a divisão pormenorizada em tarefas nesta medição que servirá exclusivamente para comparação com a Tabela 123.

Tabela 122 - Caracterização da exposição do trabalhador a VMB no *Dumper* TEREX TR45.

	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por posto de trabalho - <i>Dumper</i> TEREX TR45	0,095	0,05	3,083	x

Tabela 123 - Caracterização da exposição do trabalhador a VCI do *Dumper* TEREX TR45.

	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
Por posto de trabalho - <i>Dumper</i> TEREX TR45	2,373	1,14	51,820*	x

*O valor tão elevado do pico máximo, trata-se de uma situação pontual e explica-se pelo facto de neste ciclo de trabalho concretamente, haver três *dumpers* a circular o que obrigava o *dumper* que estava a ser avaliado a fazer várias paragens/travagens durante o seu percurso normal, e no que na situação avaliada correspondiam aos período de percurso, isto é às tarefas de transporte.

Este protocolo foi aplicado uma série de vezes até se concluir que os valores obtidos a nível de exposição do trabalhador, relativamente aos valores obtidos para o sistema VCI era de desvalorizar pois eram muito inferiores e muito baixos relativamente aos limites legais VA – 2,5 m.s⁻² e VLE – 5 m.s⁻². Outra das razões que levou a abandonar este tipo de avaliação foi o facto de grande parte do tempo o operador não necessitar de manter as mãos no volante, com exceção dos momentos de manobras para estacionamento e descarga, assim como a inconstância entre a colocação da mão direita ou da mão esquerda no volante/sensor. Na Figura 89 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das monitorizações de VCI efetuada em simultâneo com a monitorização de VMB, correspondente à avaliação medida no dia 7/12/2011, no decorrer da atividade do *Dumper* TEREX TR45 para comparação dos valores da exposição diária a vibrações nos dois sistemas.

4.6.1 Pás Carregadoras

Na Figura 90 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das monitorizações de vibrações em que foram avaliados os dois sistemas, VCI e VMB, correspondente à medição do dia 27/03/2012, no decorrer da atividade da Pá Carregadora CAT 966H, avaliadas na interface assento/operador para VCI e no volante para o sistema MB. Na Figura 91 apresenta-se o espectro da monitorização de VMB, correspondente à avaliação medida no dia 27/03/2012, no decorrer da atividade da Pá Carregadora CAT 966H, avaliadas no volante do equipamento. Na Figura 92 apresenta-se a aceleração instantânea função do tempo de uma das partes da monitorização de VMB anterior, correspondente ao período da tarde. Pela análise da Figura 92 verifica-se que durante todo o período de medição, não foram ultrapassados o VA nem o VLE em nenhum dos eixos. Denota-se uma predominância do eixo y, de cor verde.

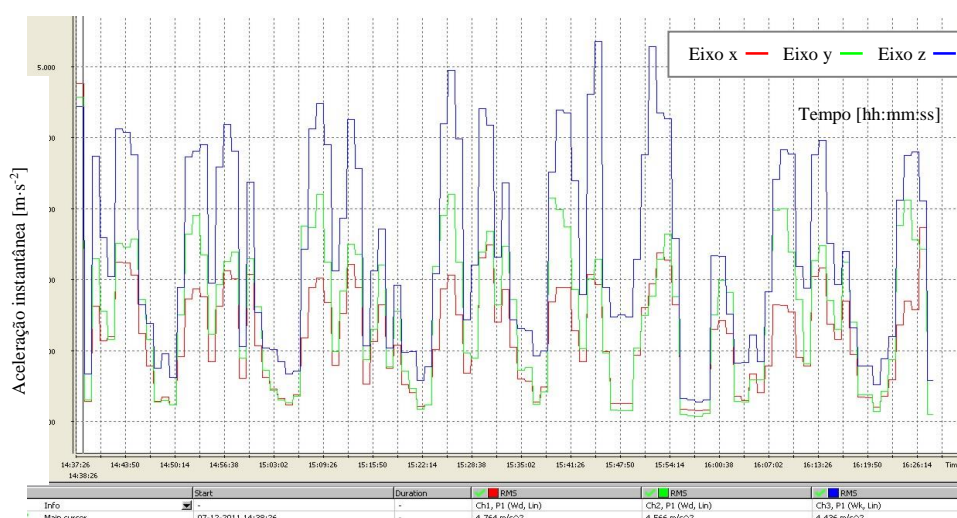


Figura 89 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI de um ciclo de trabalho do Dumper TEREX TR45.

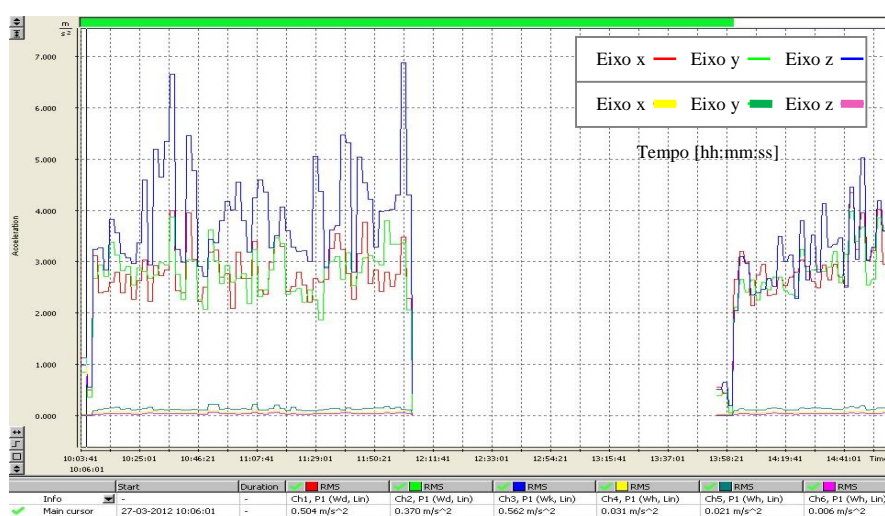


Figura 90 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI (eixo x, y, z) e de VMB (eixo X, Y, Z) da Pá Carregadora CAT 966H em dois períodos distintos.

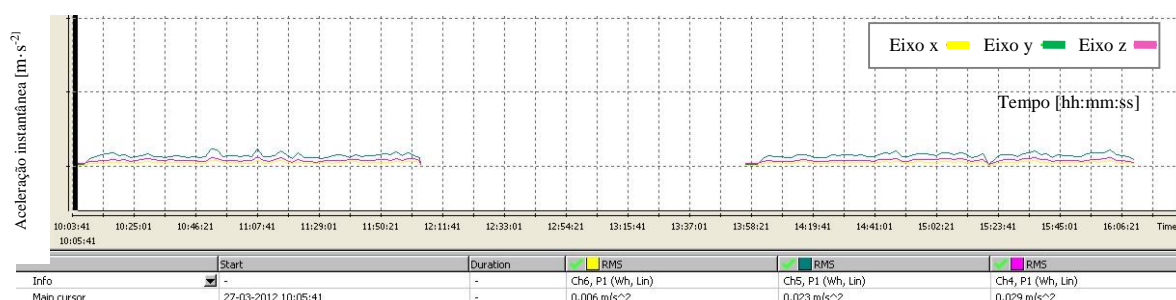


Figura 91 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VMB da Pá Carregadora CAT 966H em dois períodos distintos.



Figura 92 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VMB da Pá Carregadora CAT 966H no período da tarde.

Na Tabela 124 apresenta-se a caracterização da exposição a VMB associada à Pá Carregadora CAT 966H.

Tabela 124 - Caracterização da exposição do trabalhador a VMB à Pá Carregadora CAT 966H.

		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]
Por tarefa	(1) Carga	0,195	0,080	3,771 y
	(2) Percorso de/para Stock	0,179	0,047	3,544 y
	(3) Abrir/Fechar Porta Cabine	0,169	0,024	3,412 y
	(4) Paragem	0,135	0,015	2,742 y
Por posto de trabalho – Pá Carregadora CAT 966H		A(8) = 0,10 m.s ⁻²		

4.7 Caracterização da relação posto de trabalho/trabalhador

No que se refere à caracterização da relação posto de trabalho/trabalhador, foram auscultados 8 trabalhadores no total das pedreiras, com o preenchimento do inquérito cujo exemplo se apresenta no ANEXO IX. Foi preenchido um por cada posto de trabalho, à exceção do britador primário onde habitualmente permanecem dois e do *Roc* ATLAS COPCO742HC01, onde para além do operador há sempre um ajudante.

Da amostra inquirida verificou-se que os trabalhadores são na sua totalidade do sexo masculino, têm em média 45 a 50 anos, e trabalham 8 horas por dia.

5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 Discussão dos Resultados das Vibrações no Corpo Inteiro

No caso da exposição a vibrações transmitidas ao corpo inteiro, nas pedreiras avaliadas, são os trabalhadores que exercem funções de manobreadores de máquinas que estão mais expostos às mesmas. De entre estes, os operadores mais afetados são os operadores das Pás Carregadoras e dos *dumpers*.

Para os veículos e equipamentos avaliados, concretamente: carros de perfuração (com ou sem cabine), pás carregadoras, pás giratórias e *dumpers*, a vibração é principalmente transmitida aos trabalhadores pelo sistema corpo inteiro (VCI). As vibrações transmitidas pelo sistema mão / braço, não se mostraram significativas.

5.1.1 Perfuração: Carros de perfuração - *Rocs*

Howard et al (2009) efetuou um estudo comparativo, em trinta e cinco locais de trabalho de uma indústria extrativa a céu aberto, em termos de exposição a VCI. De entre as categorias profissionais avaliadas, destacaram-se, pela pertinência para o presente trabalho, as pás carregadoras - escavadoras ($n=3$), *dumpers* ($n=6$), (entre os quais um Volvo A35C, modelo igual ao avaliado nesta investigação), e carros de perfuração ($n=3$). Os autores concluíram que os operadores dos carros de perfuração foram os menos expostos a VCI. Menos expostos do que esta categoria profissional só os trabalhadores de escritório. Seguiram-se, por ordem crescente de risco, os operadores das pás carregadoras e dos *dumpers*. Nos carros de perfuração, os valores médios de RMS variaram entre $0,15 \text{ m.s}^{-2}$ e $0,76 \text{ m.s}^{-2}$ com um valor médio de $0,30 \text{ m.s}^{-2}$. Para as pás carregadoras os valores situaram-se entre $0,11 \text{ m.s}^{-2}$ e $0,67 \text{ m.s}^{-2}$, com um valor médio de $0,45 \text{ m.s}^{-2}$. Para os *dumpers* foram obtidos valores entre $0,02 \text{ m.s}^{-2}$ e $1,92 \text{ m.s}^{-2}$, com um valor médio de $0,58 \text{ m.s}^{-2}$. Em termos médios, apenas os trabalhadores dos *dumpers* estiveram acima dos valores de ação ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$). Porém, os valores máximos nas pás carregadoras ($0,67 \text{ m.s}^{-2}$) e carros de perfuração ($0,76 \text{ m.s}^{-2}$) também o ultrapassaram. Independentemente dos valores obtidos, os autores concluem que, nos equipamentos avaliados, os trabalhadores das pás carregadoras e carros de perfuração estão pouco expostos ao risco de VCI, destacando sim o risco de exposição para os operadores dos *dumpers* estes resultados coincidem com os obtidos por Howard e et al (2009).

Na Tabela 125 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho dos Carros de Perfuração em termos de Exposição a VCI.

As ilações que é possível tirar da análise da Tabela 125, onde se apresentam os resultados obtidos para os *Rocs* analisados, é que em termos legais não é ultrapassado nem o VA nem o VLE, quer analisando as Tarefas “*per si*”, ou o Posto de Trabalho no seu todo. A Tabela 125 compara equipamentos tecnologicamente muito distintos, o que ficou bem evidenciado nos

resultados obtidos. Assim, com o *Roc* ATLAS COPCO D7, obtiveram-se valores muito elevados em termos de RMS e mesmo em termos de valores de A(8) para a Tarefa de Movimentação e Posicionamento, pelas razões explicadas em local próprio, enquanto que o *Roc* ATLAS COPCO 742HC01 que, devido à sua estrutura pouco se movimentava, incluía nesta Tarefa de Movimentação e Posicionamento outra operação de Remoção manual de varas, a qual não implicou um aumento de valores de RMS e que como era de curta duração relativamente à Tarefa de Furação, também manteve os valores de A(8) baixos. No entanto em termos dos resultados obtidos para o parâmetro A(8) os dois equipamentos obtiveram valores da mesma ordem de grandeza. No equipamento, mais recente *Roc* ATLAS COPCO D7 não foi possível durante a Tarefa Furação distinguir a entrada das diferentes varas na execução do mesmo furo, nem identificar comportamentos associados a outras situações específicas como a passagem por zonas do maciço mais duras, encravamentos das varas ou outros problemas técnicos que possam levar à trepidação do veículo. O eixo predominante é o z, o que indica uma vibração maioritariamente vertical, devido sobretudo à perfuração que se executa nessa direção. A conclusão anterior, que é passível de ser retirada da análise das Figuras que ilustram as monitorizações de ambos os *Rocs* é confirmada pela análise de pormenor da Tabela 59, onde se apresenta a listagem das percentagens dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização do dia 19/04/2013, correspondente ao *Roc* ATLAS COPCO D7. Dessa análise verifica-se então que para a Tarefa de Furação há uma predominância muito elevada (no ordem dos 90 a 98%) do eixo dos z e que para a Tarefa de Movimentação e Posicionamento o domínio é do eixo dos y, mas numa ordem de grandeza muito inferior (cerca de metade), o que se explica pois trata-se de movimentação em cima de material solto e sobre rasto, como já foi citado, noutros momentos do texto.

Tabela 125 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nos *Rocs*.

Posto de Trabalho	Tarefa	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	Eixo dominante	Posto de Trabalho
						A(8) [m.s ⁻²]
Carro de perfuração - <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7	Furação	0,047	0,04	6,761	z	0,09
	Movimentação e Posicionamento	0,277	0,08	17,783	z	
Carro de perfuração - <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01	Furação “1º, 2º e 3º furo”	0,067	0,06	7,079	z	0,07
	Remoção de varas / Movimentação / posicionamento do veículo	0,060	0,03	12,162	y	

Na Figura 93, pode ser verificada a existência de relação entre ruído e VCI no Posto de trabalho *Roc*. Podem em ambos os casos ser perfeitamente identificados as Tarefas/Períodos de Furação e de Movimentação.

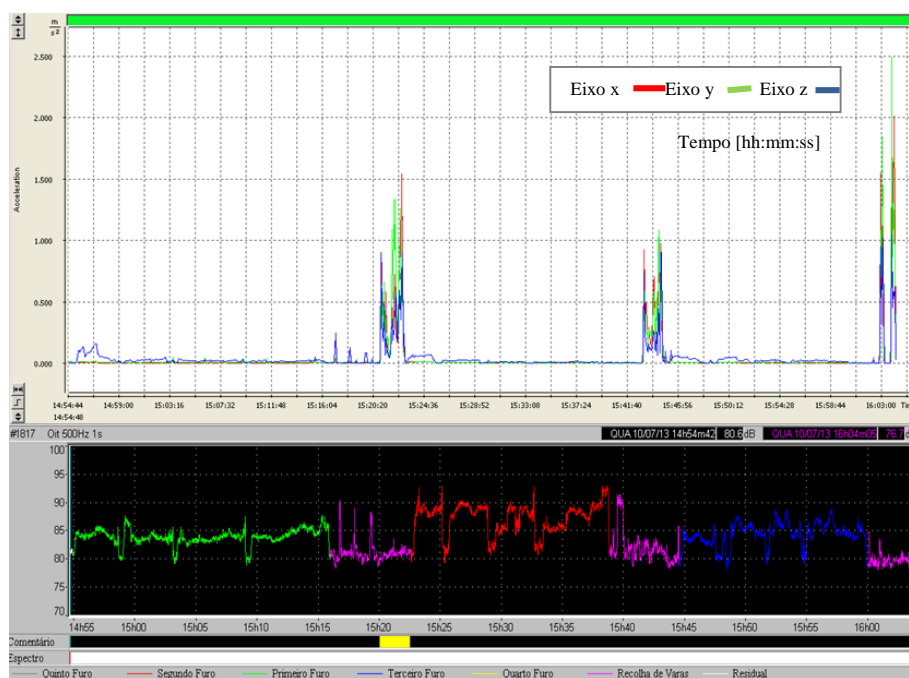


Figura 93 - Relação Acelerações vs Ruído no Roc de perfuração ATLAS COPCO 742HC01, em que () representa o Primeiro Furo, () o Segundo, () Terceiro, e () a Tarefa de Recolha de Varas.

Para além da relação de simultaneidade que pode ser observada na Figura 93, é possível verificar o comportamento padronizado dos fenómenos. Assim, dentro do posto de trabalho - Roc de perfuração ATLAS COPCO D7, a Tarefa mais crítica, em termos de exposição do trabalhador a VCI é a Movimentação/posicionamento no equipamento mais moderno e avançado tecnologicamente (com cabine e com troca automática de varas), sendo que em termos de ruído esta tarefa equivale a valores mais baixos de níveis sonoros ao contrário do Roc ATLAS COPCO 742HC01 cuja Tarefa mais crítica é a Furação. No entanto, em ambos os equipamentos, constata-se que em nenhuma das Tarefas, nem nenhum dos valores do parâmetro $A(8)$ excede o valor limite de ação ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$), o que faz com que os trabalhadores que operam os Rocs de perfuração estejam salvaguardados quanto ao risco físico das VCI.

Relativamente ao parâmetro pico, o valor mais elevado foi registado na execução da Tarefa de Movimentação/posicionamento do Roc de perfuração. Esta evidência permite, confirmar que esta tarefa é a mais crítica, em termos de exposição a VCI, do ciclo de trabalho do roc de perfuração, contrariamente ao comportamento do ruído que tem um comportamento contrário.

Quando analisado o equipamento tecnologicamente mais antigo (sem cabine e com troca manual de varas) e fazendo uma apreciação aos valores de $L_{EX,8h}$ apresentados na Tabela 68, quer o VAS, quer o VLE foram excedidos, encontrando-se os níveis de pico dentro dos limites, o que faz com que o trabalhador que ocupa este posto de trabalho se encontre exposto ao risco de perda auditiva. Pode-se concluir que, quer a nível de exposição ao Ruído quer de VCI é nítida a diferença entre os resultados obtidos nos equipamentos analisados, o que evidencia diferenças entre diferentes tecnologias.

5.1.2 Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias

Na Tabela 126 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho das Pás Carregadoras Giratórias em termos de Exposição a VCI.

Tabela 126 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nas Pá Carregadoras Giratórias.

Posto de Trabalho	Tarefa	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	Eixo dominante	Posto de Trabalho
						A(8) [m.s ⁻²]
Pá Carregadora Giratória CAT 374D	Carga	0,394	0,253	16,788	z	0,41
	Desmonte/Arrumação	0,507	0,359	16,406	z	
	Espera	0,067	0,020	8,710	z	
Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520	Carga	0,430	0,273	5,888	z	0,48
	Desmonte/Arrumação	0,505	0,389	14,125	z	

A Tabela 126 permite-nos verificar que os equipamentos/veículos avaliados a desenvolver Tarefas/funções semelhantes em pedreiras diferentes possuem comportamentos idênticos.

A Tarefa de Carga apresenta valores de RMS e de A(8) na mesma ordem de grandeza, assim como a Tarefa de Desmonte /Arrumação. Relativamente ao valor do parâmetro A(8) deste Postos de Trabalho como um todo, embora praticamente dentro da mesma ordem de grandeza, no caso da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 é ligeiramente superior. Nenhum dos valores ultrapassa o VLE, embora a Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 esteja próxima do VA (0,5 m.s⁻²). Nesta situação devem ser aplicadas as medidas de redução da exposição a Vibrações, tal como previsto na Tabela 29.

Estes equipamentos, pelo tipo de operação que desenvolviam, tal como pode ser visualizado na Figura 62 e na Figura 63, têm um comportamento muito semelhante em todo o ciclo de trabalho. Esta ilação é confirmada pela pequena variação dos resultados e de valores dos parâmetros avaliados de uma tarefa para outra. Mesmo contando com o apoio das folhas de campo (ANEXO III e ANEXO VI), é muito difícil individualizar as tarefas. Isso só foi possível pela presença no local, onde foram identificadas duas Tarefas realizadas pelo equipamento: (1) Carga de camiões e/ou *dumppers* e (2) Arrumação do material desmontado. No entanto, não sendo estas facilmente distinguíveis, não se associa a esta operação um comportamento padronizado no que concerne à transmissão de vibração. Isto é, não é possível associar a cada uma das tarefas um comportamento em termos de vibração transmitida ao corpo humano característico que permita, por si só, identificar a tarefa.

Esta situação é justificada pelas características do trabalho realizado, o qual está muito dependente do material, da sua posição, da arrumação prévia, do tipo de desmonte que está

previsto, da facilidade de carga, entre outros fatores inerentes ao diagrama de fogo e às próprias exigências do cliente final.

Pela análise da Tabela 74, verifica-se que eixo predominante de exposição à vibração é o eixo vertical z , embora seja possível identificar picos no eixo lateral y e no eixo longitudinal x , através da análise gráfica de uma das pás. Para uma melhor discriminação das tarefas associadas a este equipamento, houve necessidade de em alguns dias, fazer gravações vídeo da rotina do trabalho. Assim e mesmo recorrendo às gravações vídeo, apesar desta sincronização, não foi possível associar determinadas tarefas a características de VCI, como por exemplo o eixo predominante, devendo-se este facto sobretudo à aleatoriedade e brevidade dos acontecimentos.

Conclui-se assim que o eixo predominante depende da tarefa que se está a desenvolver. Analisando a Tabela 74, quando se trata das tarefas (1) Carga estas não têm um eixo claramente dominante na maioria das monitorizações. Trata-se de operações com um padrão aparentemente idêntico, em que, tanto o eixo longitudinal x , como o vertical z têm uma forte predominância. As operações estão dependentes da forma como o material desmontado está selecionado/arrumado e do próprio desmonte que a Pá Carregadora Giratória faz. Quando na mesma tabela se analisa a tarefa de Arrumação, que no caso concreto se encontra “misturada” com a sub tarefa de Espera, verifica-se que há um domínio do eixo do z , seguido mas em muito menor quantidade pelo eixo dos x .

Já no que se refere à Pá Carregadora Giratória CAT 374D, cuja análise da % dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos correspondente à monitorização do dia 30/05/2013, é feita na Tabela 75, e em ambas as tarefas é o eixo dos z o dominante, sempre com percentagens a rondar os 50 %, com duas situações pontuais na tarefa de Arrumação de material de predominância do eixo dos x . No caso desta Pá houve a possibilidade de individualizar em determinadas ocasiões a Tarefa de Espera, cujos resultados foram os espectáveis: 0% para os eixos x e y e 100% para o eixo dos z .

A vibração que é transmitida e que se faz sentir no eixo longitudinal x e no lateral y , simultaneamente, pode tornar a cabeça e a coluna vertebral do operador instáveis, causando não só desconforto ao trabalhador como também sendo causa da vulnerabilidade da sua coluna vertebral (Kumar, 2004).

Relativamente aos estudos de (Dentoni & Massacci, 2013) e de (Aye & Heyns, 2011), os resultados obtidos com estes dados, não se encontram inteiramente de acordo, nem vão totalmente de encontro, pois, nos seus estudos estes autores indicam que, em operações de carga e arrumação do material, o eixo predominante é o vertical z e o eixo longitudinal x , ao contrário do que acontece com os dados deste estudo, em que, essas mesmas tarefas têm, por vezes como eixo predominante o longitudinal x , mas também o lateral y . Já a Tarefa (3) Espera tem um eixo predominante nitidamente definido que é o eixo z .

Os valores encontrados para os parâmetros RMS e A(8) associados às tarefas (1) e (2), estão muito próximos entre si, não se verificando uma grande distinção entre a exposição a VCI

entre estas duas tarefas. Deve-se isto ao facto de estas tarefas terem um comportamento em termos de acelerações muito similares, estando dependentes de vários fatores alheios ao equipamento e ao operador, como sejam, o estado do maciço rochoso e do material desmontado, a experiência do manobrador, o estado de manutenção do veículo, entre outros. Verifica-se que é nos momentos de espera que, naturalmente, a exposição a VCI é menor, isto porque a máquina, embora com o motor ligado, está parada, não realizando qualquer tipo de movimento.

Ao fazer comparação com os valores de RMS do estudo de Dentoni e Massacci (2013), onde para a Tarefa (1), Carga, encontraram valores de $1,22 \text{ m.s}^{-2}$ e para a Tarefa (2) Arrumação do material, valores de $0,74 \text{ m.s}^{-2}$, os valores obtidos neste trabalho foram inferiores, $0,394 \text{ m.s}^{-2}$ e $0,507 \text{ m.s}^{-2}$, respetivamente. Em comparação está uma escavadora CAT 219 LC de 1988 e uma CAT 374 D de 2011. Trata-se de um equipamento com maior potência, mais recente e com melhores características de redução da transmissão da vibração, como aliás seria de esperar pela própria evolução tecnológica.

Através da Figura 94, é possível verificar que há uma relação entre a produção de ruído e VCI na atividade da Pá Escavadora Giratória com balde; no entanto, existe uma enorme aleatoriedade e brevidade dos acontecimentos.

Verifica-se que o comportamento das curvas em cada gráfico varia de forma muito semelhante, coincidindo os períodos correspondentes à Tarefa de Espera/Movimento de blocos, a valores baixos, quer a nível do ruído, quer das VCI.

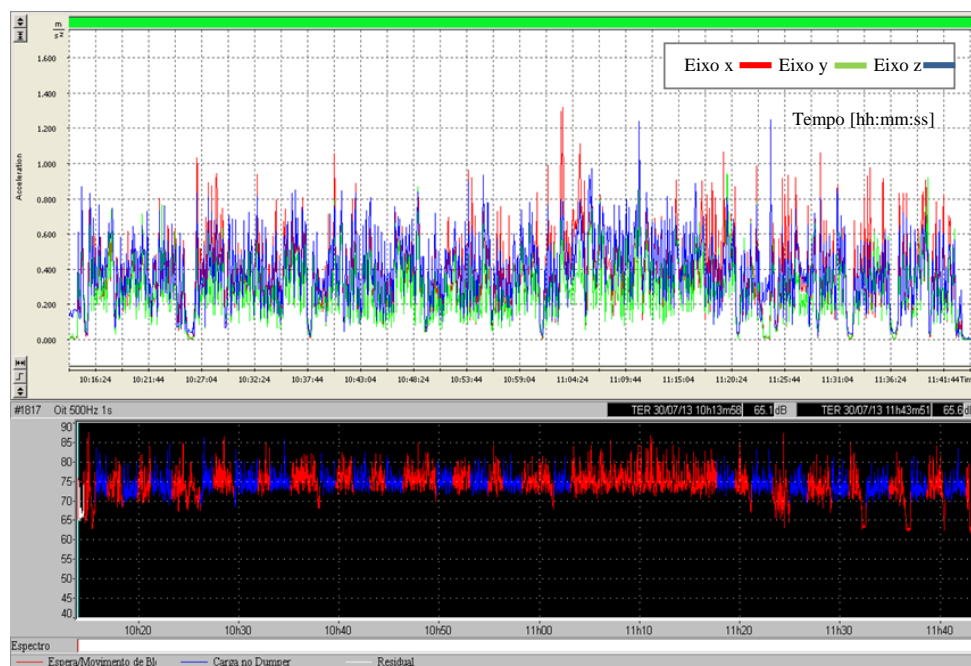


Figura 94 - Relação Acelerações vs Ruído na Pá Carregadora Giratória, em que (—) significa a Tarefa de Espera/Movimentação de blocos e (—) Tarefa de Carga no Dumper.

Nestes Postos de Trabalho não existe exposição a VCI em nenhum dos locais avaliados e no que se refere ao Ruído a exposição é ligeiramente superior ao VAI para a Pá Carregadora Giratória CAT 374D, tendo sido na Tarefa de Desmonte/Arrumação de material que se verificam os maiores valores, quer a nível de L_{eq} , quer a nível de $L_{EX,8h}$. Relativamente aos valores de $L_{Cpico\ máx}$, em nenhuma das situações são ultrapassados os VA ou o VLE.

Para além de comportamento muito semelhante em todo o ciclo de trabalho os valores obtidos para todos os parâmetros avaliados varia muito pouco. Neste posto de trabalho, tal como foi sendo referido ao longo de todo o texto, é grande a dificuldade de encontrar comportamentos padrão. No entanto este equipamento apresenta uma característica única que o distingue dos outros equipamentos pois os valores dos parâmetros (VCI e ruído) variam de forma uniforme, coincidindo em ambos os períodos correspondentes à Tarefa de Espera/Movimento de blocos, a valores baixos.

5.1.3 Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória

Na Tabela 127 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico em termos de Exposição a VCI.

Tabela 127 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas na Escavadora Giratória com martelo hidráulico.

Posto de Trabalho	Tarefa	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	Eixo dominante	Posto de Trabalho
						A(8) [m.s ⁻²]
Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH	Taqueio	0,404	0,341	6,166	z	0,35
	Espera/Seleção de Blocos	0,151	0,082	8,222	z	

No posto de trabalho Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH, a Tarefa de Taqueio é a tarefa que apresenta valores de RMS e de A(8) mais elevados. No seu conjunto, quer as tarefas, quer o Posto de trabalho no seu todo, não ultrapassam o VA nem o VLE.

É a Tarefa de Taqueio a que apresenta maiores valores em todos os parâmetros tal como era espectável pois trata-se da tarefa com maior impacto direto sobre a rocha, tendo como eixo dominante o eixo dos z, pois é uma tarefa desenvolvida toda ela aplicando forças praticamente na vertical.

Através da Figura 95, é possível verificar que há uma relação entre a produção de ruído e VCI na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico.

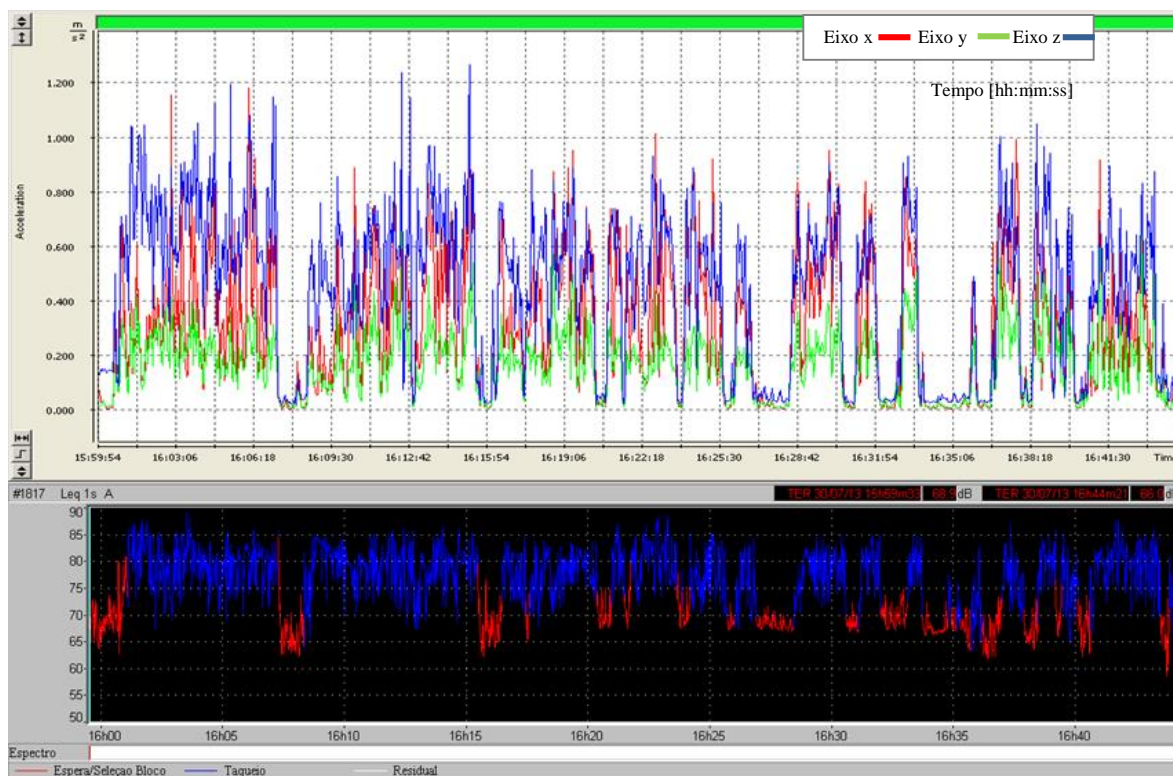


Figura 95 - Relação Acelerações vs Ruído na Escavadora Giratória com martelo hidráulico, em que (red) significa a Tarefa de Espera/Seleção de Blocos e (blue) a Tarefa de Taqueio.

5.1.4 Transporte: *Dumpers*

Na Tabela 128 apresentam-se os valores de uma medição em simultâneo de VCI e VMB no *Dumper* TEREX TR 45.

Tal como referido anteriormente, a intenção das avaliações feitas simultaneamente aos dois sistemas de vibração, era a de verificar qual dos dois sistemas seria o mais prejudicial em termos de saúde para o trabalhador. Relativamente ao sistema Mão-Braço, verificaram-se as dificuldades referidas, também por (van Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000), na medição de vibrações transmitidas e avaliadas através dos volantes aos condutores dos diferentes veículos. Em diversas situações, só uma das mãos é que é colocada no volante (maioritariamente a mão direita) e a percentagem de tempo útil em que isso acontece é muito reduzida, devido à baixa velocidade de deslocação, às pequenas distâncias percorridas, ao tipo de manobras executadas ou mesmo, em alguns equipamentos, pelo facto de nem existir volante, como é o caso das Pás Giratórias que só possuem um *joystick* ou alavanca de comandos.

Tabela 128 - Comparação dos valores de VCI e VMB no *Dumper* TEREX TR 45.

Posto de trabalho		RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	
<i>Dumper</i> TEREX TR45	VMB	0,095	0,05	3,083	x
<i>Dumper</i> TEREX TR45	VCI	2,373	1,14	51,820*	x

*O valor tão elevado do pico máximo explica-se pelo facto de neste ciclo de trabalho concretamente, haver três *dumpers* a circular o que obrigava o *dumper* que estava a ser avaliado a fazer várias paragens/travagens durante o seu percurso normal, correspondendo sempre aos trechos do percurso os Picos mais elevados.

Na Tabela 129 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho dos *Dumpers* em termos de Exposição a VCI.

Tabela 129 - Resumos dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nos *Dumpers*.

Posto de Trabalho	Tarefa	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	Eixo dominante	Posto de Trabalho
						A(8) [m.s ⁻²]
Dumper TEREX TR45	Carga	0,220	0,110	3,090	z	0,60
	Transporte Carregado	0,821	0,440	2,541	z	
	Descarga	0,319	0,072	2,317	z	
	Transporte Vazio	0,754	0,377	3,051	z	
	Espera	0,175	0,048	0,432	z	
Dumper VOLVO A35D	Carga	0,463	0,255	5,012	y	0,66
	Transporte Carregado	0,695	0,409	3,631	y/z	
	Descarga	0,546	0,207	3,846	y	
	Transporte Vazio	0,882	0,400	3,890	y	

Da análise da Tabela 129, verifica-se que os valores de RMS variam na mesma ordem de grandeza em sentido decrescente das Tarefas de Transporte (Carregado para o *Dumper* TEREX TR45, Vazio para o VOLVO A35D), seguida da Tarefa de Descarga e finalmente a Tarefa de Carga. Quanto ao parâmetro A(8) a ordem é exatamente a mesma para os equipamentos avaliados, sendo os valores mais elevados para a Tarefa de Transporte Carregado, seguido do Transporte Vazio, da Tarefa de Carga e por fim a Descarga. Verifica-se que o valor mais elevado do parâmetro Pico máximo, que se encontrou em ambos os equipamentos, foi na Tarefa de Carga. Verifica-se que em ambos os casos foi ultrapassado o VA (0,5 m.s⁻²). Nesta situação devem ser aplicadas as medidas de redução da exposição a Vibrações, tal como previsto na Tabela 29.

Denota-se, pela observação da Figura 71 que as operações que implicam a movimentação do veículo, isto é, as Tarefas (2) Transporte Carregado e (4) Transporte Vazio, conduzem a níveis de vibração mais elevados do que a tarefa (1) Carga, conclusão a que (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010) também já tinha chegado e que confirma os dados recolhidos no decorrer desta tese. Outras das observações que pode ser feita é o facto de a Tarefa (4) Transporte Vazio transmitir acelerações instantâneas mais elevadas do que a Tarefa (2) Transporte Carregado, pelo facto de a massa total formada pelo veículo e pela carga, neste caso ser bastante menor.

Durante a Tarefa (1) Carga, o *Dumper* permanece praticamente em situação estacionária, enquanto a Pá Giratória o carrega. Como pode ser observado na Figura 71, esta tarefa, caracteriza-se por níveis de aceleração residuais (isto é com valores muito baixos)

interrompidos por valores de pico mais acentuados que pela análise das folhas de campo, correspondem a cada um dos baldes que é descarregado pela Pá Carregadora Giratória. O material (blocos de dimensão programada função do diagrama de fogo e do britador primário) ao cair na caixa basculante do *Dumper* (na gíria da pedreira “caçamba”) provoca o impacto. Os valores obtidos, assim como a magnitude da vibração sentida dependem de fatores exógenos ao equipamento, como sejam: o tipo de material carregado, a quantidade de carga já carregada, isto é se, se trata do início ou do fim da carga da caixa do *Dumper*, a prática do operador da Pá Carregadora Giratória, do facto de ter chovido nos dias anteriores e o material a carregar estar molhado ou não, entre outros.

Durante a análise de pormenor da Tarefa (3) Descarga, observa-se uma súbita descida do nível de aceleração provocada pela paragem do veículo para posicionamento para a descarga do material na torva do britador primário, verificando-se novos valores pico de acelerações, não só pela tarefa da descarga concretamente com o rolamento do material, quer pelo finalizar da tarefa com o baixar da caixa basculante do *Dumper* o que provoca um forte impacto na cabine do operador.

Os valores de RMS e A(8) mais elevados encontram-se nas Tarefas que compreendem transporte, quer a Tarefa (2) Transporte Carregado, quer a Tarefa (4) Transporte Vazio, sendo estas as tarefas mais contraproducentes em relação à exposição a VCI. Esta situação, também foi constatada nos estudos de (Kumar, 2004) e de (Smets, Eger, & Grenier, 2010). Em contraste, verifica-se que os momentos de espera, que o veículo se encontra inativo, é onde se registam os valores de RMS e A(8) mais baixos. A justificação para este acontecimento baseia-se no facto de que, embora o veículo tenha o motor ligado, este mantém-se imóvel, sendo a vibração transmitida residual. Esta evidência também foi constatada por (Kumar, 2004) e (Smets, Eger, & Grenier, 2010).

Pela análise da Tabela 94, verifica-se que a exposição diária A(8) a VCI do posto de trabalho *Dumper*, é de $0,6 \text{ m.s}^{-2}$, valor que ultrapassa o nível de ação ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$) o que faz com que o trabalhador esteja continuamente sujeito a uma carga vertical, que lhe causa a compressão dos discos intervertebrais. Numa exposição de longa duração, pode aumentar a suscetibilidade da coluna, propiciando a sua degeneração ou o aparecimento de outras doenças relacionadas (Kumar, 2004), (Seidel & Heide, 1986), (Wikström, Kjellberg, & Landström, 1994). Também, segundo (Kumar, 2004), as oscilações infringidas ao corpo do trabalhador no sentido do eixo longitudinal (movimentação na direção ântero-posterior, a que vulgarmente se denomina “efeito de chicote”), irão aumentar a carga na coluna vertebral, podendo contribuir para o aumento da instabilidade e do *stress* do trabalhador.

Feita uma análise baseada na (NPISO2631-1, 2007) e numa perspetiva de perceção do conforto do posto de trabalho, confirma-se que as Tarefas mais críticas, foram as tarefas relacionadas com o movimento do veículo, (2) Transporte Carregado e Tarefa (4) Transporte Vazio, que, segundo a Figura 45 da vibração, são classificadas como ‘razoavelmente

desconfortáveis’, contudo numa análise geral, o posto de trabalho *Dumper* é apenas ‘ligeiramente desconfortável.

Quando é feita a comparação dos resultados obtidos nesta tese com os obtidos no estudo de (Smets, Eger, & Grenier, 2010), pode-se verificar através da Tabela 130, que a correlação não é muito evidente. No artigo, os autores concluem que é na operação de transporte carregado que o trabalhador despende mais tempo, sendo que para os dados deste estudo são congruente com o artigo para o *Dumper* VOLVO A35D e no TEREX é na Tarefa de Carga. Uma das razões que pode explicar as diferenças obtidas pode ser o facto de os autores não terem considerado a percentagem do tempo gasto em momentos de espera. Os dados que são concordantes, em ambos os estudos, são os que se referem à Tarefa mais curta - Descarga.

Tabela 130 - Comparação da percentagem de tempo gasto no ciclo de trabalho do *Dumper*.

	<i>Dumper</i> TEREX TR45	<i>Dumper</i> VOLVO A35D	(Smets, Eger, & Grenier, 2010)
(1) Carga	34%	30%	28%
(2) Transporte Carregado	29%	35%	37%
(3) Descarga	5%	14%	6%
(4) Transporte Vazio	25%	21%	29%
Espera	7%	--	--

Da análise da Tabela 93, relativa à avaliação da percentagem dos valores máximos das aceleração instantâneas em cada um dos eixos, correspondente à monitorização do dia 19/04/2013, correspondente ao *Dumper* TEREX TR45, verificou-se o domínio do eixo dos *z* em todas as tarefas e sempre com uma percentagem muito elevado a rondar, em alguns casos os 100%.

Tal como em situações anteriores, também na Figura 96, é possível verificar a existência de uma relação entre a produção de ruído e VCI na atividade do *Dumper*. Como pode ser observado, a períodos de estacionariedade do veículo, nomeadamente as Tarefas de Carga e de Descarga, correspondem valores mais baixos em ambos os gráficos. Também se mantem um comportamento simultâneo e igual durante os períodos correspondentes às Tarefas de Movimentação, em que se verifica um aumento da aceleração das VCI e também dos valores do ruído. É inequívoco o comportamento padronizado dos parâmetros ocupacionais VCI e ruído avaliados relativamente ao equipamento em estudo. No caso da Figura 96, é perfeitamente perceptível o comportamento dos parâmetros VCI e ruído característicos em cada uma das tarefas desenvolvidas ou fases do processo produtivo, ao longo dos ciclos de um dia de trabalho.

Da análise da Tabela 129, verifica-se que os valores mais elevados para as VCI se verificam para a Tarefa de Transporte Carregado, seguido do Transporte Vazio, da Tarefa de Carga e por fim a Descarga. Verifica-se que o valor mais elevado do parâmetro Pico máximo, encontrado em ambos os equipamentos, foi na Tarefa de Carga. Verifica-se que em ambos os casos foi ultrapassado o VA ($0,5 \text{ m.s}^{-2}$), devendo, nestas circunstâncias devem ser aplicadas as

medidas de redução da exposição a Vibrações, tal como previsto na Tabela 26 ponto 2.2.1 do Capítulo de Enquadramento Legal, encontrando-se os trabalhadores associados a este posto de trabalho expostos ao risco de VCI. A tomada de medidas preventivas no que se refere a VCI, terão que implicar necessariamente o processo produtivo, visto que uma adequada e regular manutenção dos caminhos dentro da pedreira, através da regularização do terreno, com o enchimento dos buracos com agregados britados do tipo balastro, será feita com o recurso a máquinas da própria empresa, o que tornaria todo este processo pouco dispendioso e moroso. Outra das medidas a tomar será, pela via da formação, criando hábitos aos operadores destes equipamentos, de, em cada início de turno regular a posição do banco à sua estatura de modo a que este se adequa.

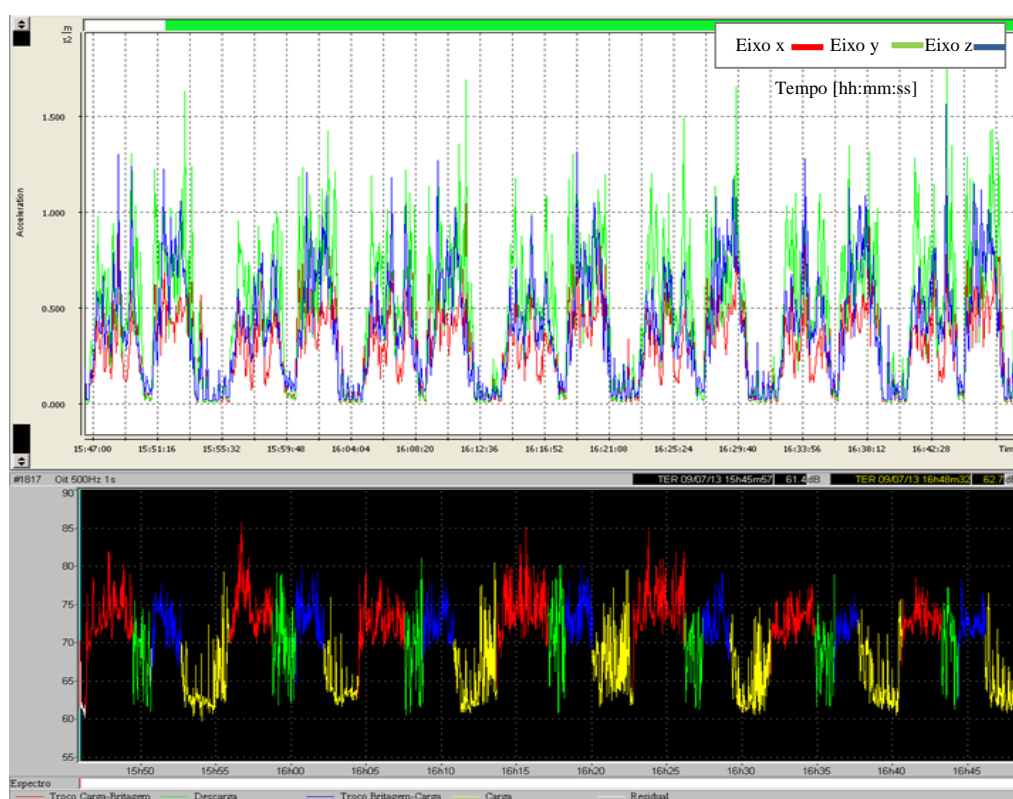


Figura 96 - Relação Acelerações vs Ruído na atividade do *Dumper* em que (—) significa Tarefa de Carga, (—) Tarefa de Transporte Carregado, (—) Tarefa de Descarga e (—) Tarefa de Transporte Vazio.

5.1.5 Carga em Zona de *Stock*: Pás Carregadoras

Tal como dito anteriormente, o tipo de função desenvolvida pela Pá Carregadora CAT 966H obrigava-a a deslocações que se incluem na Tarefa Percurso de/para *Stock*, em rampas muito íngremes, pisos muito degradados, para além de que, durante a maior parte dos dias de recolha de dados, só esta Pá Carregadora se encontrava a exercer esta função, o que necessariamente implicava uma maior celeridade, executando todo este trabalho com alguma

velocidade, por vezes até excessiva para o tipo de local e piso. Por estas razões, são explicáveis valores tão elevados tanto a nível de RMS como de A(8), mas essencialmente de valores de Pico máximo e especificamente a nível da Tarefa Percurso de/para *Stock* e tão diferentes do outro equipamento que exerce funções semelhantes e que obteve valores muito diferentes, isto é, muito inferiores em todos os parâmetros avaliados. Na Tabela 131 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho das Pás Carregadoras em termos de Exposição a VCI.

Tabela 131 - Resumo dos resultados da exposição a VCI nas Tarefas desenvolvidas nas Pás Carregadoras.

Posto de Trabalho	Tarefa	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	Eixo dominante	Posto de Trabalho
						A(8) [m.s ⁻²]
Pá Carregadora CAT 966H	Carga	4,051	1,664	67,530 z	z	1,98
	Percurso de/para <i>Stock</i>	3,424	0,898	91,201 z	z	
	Abrir/Fechar Porta Cabine	3,723	0,537	34,633 z	z	
	Paragem	2,260	0,246	35,975 z	z	
Pá Carregadora VOLVO L120F	Carga	0,723	0,165	7,413 z	z	0,21
	Percurso de/para <i>Stock</i>	0,889	0,107	5,188 z	z	
	Abrir/Fechar Porta Cabine	0,296	0,024	3,311 z	z	
	Descarga	0,636	0,054	4,121 x	x	

Da Tabela 131 podemos ainda retirar algumas ilações, mesmo com resultados de ordem de grandeza muito diferente, no que se refere ao parâmetro RMS os valores obtidos variam muito de Tarefa para Tarefa, nos equipamentos avaliados. Analisando os valores obtidos para o A(8) existe já coerência de resultados, sendo para ambos os equipamentos a Tarefa de Carga a que apresenta o maior valor, seguida da Tarefa Percurso de/para *Stock* e no caso da Pá Carregadora CAT 966H, seguem-se os valores da Tarefa Abrir/Fechar Porta Cabine e da Pá Carregadora VOLVO L120F os da Tarefa Descarga. No caso da Pá Carregadora CAT 966H, foi ultrapassado o valor do VLE (1,15 m.s⁻²). Nesta situação devem ser aplicadas as medidas de redução da exposição a Vibrações, tal como previsto na Tabela 29 do Ponto 2.2.1 do Cap Enquadramento Legal.

Também para um destes veículos foi avaliado em simultâneo a transmissão de vibrações nos dois sistemas. Assim na Tabela 132, apresentam-se os valores relativos à avaliação de VCI e VMB na Pá Carregadora CAT 966H, num dia de trabalho, cujas condições anteriormente já explicadas, muito “árduas” e consideradas um pouco anómalas. No entanto, estas medições, tiveram essencialmente a intenção de confirmar o também encontrado nas situações anteriores e que permitiu, desvalorizar este tipo de avaliação perante os valores obtidos.

Os valores obtidos em termos de VCI, já foram analisados na Tabela 131.

Quanto aos valores de VMB, quer se trate de valores obtidos para as Tarefas ou para o Posto de Trabalho como um todo, seja em termos do parâmetro RMS ou de A(8), todos se encontram abaixo do VA (2,5 m.s⁻²) e do VLE (5m.s⁻²).

Pela análise da Tabela 113, pode-se verificar que é grande a aleatoriedade na predominância dos eixos em qualquer uma das tarefas que constituem a actividade laboral das Pás Carregadoras em Zona de *Stock*. Nas tarefas de Percurso de/para *Stock*, Carga e Abrir e Fechar Porta, o eixo dominante é o eixo *z*. No caso da tarefa Descarga é o eixo dos *y* o que apresenta um valor médio na ordem dos 54,78%.

Tabela 132 - Comparação dos valores de VCI e VMB nas Pás Carregadoras.

Posto de Trabalho Pá Carregadora CAT 966H	Tarefa	RMS [m.s ⁻²]	A(8) [m.s ⁻²]	Pico máximo [m.s ⁻²]	Eixo dominante	Posto de Trabalho
						A(8) [m.s ⁻²]
VCI	Carga	4,051	1,664	67,530 <i>z</i>	<i>z</i>	1,98
	Percurso de/para <i>Stock</i>	3,424	0,898	91,201 <i>z</i>	<i>z</i>	
	Abrir/Fechar Porta Cabine	3,723	0,537	34,633 <i>z</i>	<i>z</i>	
	Paragem	2,260	0,246	35,975 <i>z</i>	<i>z</i>	
VMB	Carga	0,195	0,080	3,771 <i>y</i>	<i>Y</i>	0,10
	Percurso de/para <i>Stock</i>	0,179	0,047	3,544 <i>y</i>	<i>Y</i>	
	Abrir/Fechar Porta Cabine	0,169	0,024	3,412 <i>y</i>	<i>Y</i>	
	Descarga	0,135	0,015	2,742 <i>y</i>	<i>y</i>	

5.2 Discussão dos Resultados do Ruído

5.2.1 Perfuração: Carros de perfuração – *Rocs*

Na Tabela 133 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho dos Carros de Perfuração em termos de Exposição ao Ruído.

Tabela 133 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nos *Rocs*.

Posto de Trabalho	Tarefa	Leq específico dB(A)	L _{min} dB(A)	L _{máx} dB(A)	L _{Cpico máx} dB(C)	L _{Ex,8h} dB(A)	Posto de Trabalho	
							L _{Ex,8h} dB(A)	Incerteza associada
Carro de perfuração – <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7	Furação	77,3	72,8	93,5	131,8	76,6	77,2 ± 1,6	
	Movimentação e Posicionamento	76,9	73,3	87,3	108,9	68,0		
Carro de perfuração - <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HC01	Primeiro Furo	91,8	82,5	99,2	113,5	84,5	93,8 ± 2,5	
	Segundo Furo	98,2	82,7	108,1	121,6	89,8		
	Terceiro Furo	93,4	78,4	102,1	116,6	84,7		
	Quarto Furo	94,4	79,6	102,6	121,6	86,2		
	Quinto Furo	90,8	78,7	102,9	117,5	82,8		
	Recolha de varas + posicionamento do <i>Roc</i>	90,9	78,1	110,5	127,3	84,4		

Da análise da Tabela 133, demonstra-se que, tal como tinha sido evidenciado nos resultados obtidos para as avaliações das VCI, também para os resultados obtidos para as medições de Ruído, é evidente a diferença entre equipamentos tecnologicamente muito diferentes. Assim, foi no *Roc* ATLAS COPCO 742HC01 que se obtiveram valores de $L_{EX,8h}$ mais elevados (96,3 dB(A) na situação mais desfavorável e sem a atenuante do EPI), visto que a avaliação foi feita no exterior, pois este equipamento não possui cabine. Da análise das tarefas e independentemente da ordem de grandeza ser muito distinta entre os equipamentos avaliados, verifica-se que foi na Tarefa de Furação, quando avaliada “*per si*”, que se obtiveram valores mais elevados. Quando analisado o Posto de trabalho como um todo, é no *Roc* ATLAS COPCO 742HC01, que se encontraram os valores mais desfavoráveis. Quando analisado este posto de trabalho, em pormenor da sua divisão em tarefas, na Tarefa de Recolha de varas e Posicionamento do veículo o valor obido encontra-se entre o VAI (80 dB(A)) e o VAS (85dB(A)). O valor médio da Tarefa Furação encontra-se entre o VAS (85dB(A)) e o VLE (87 dB(A)). Já o parâmetro que caracteriza legalmente o posto de trabalho como um todo – $L_{EX,8h}$, encontra-se acima do VLE, logo deve-lhe ser aplicada a atenuação de um auricular. Por tudo o que foi escrito anteriormente a este posto de trabalho devem ser aplicadas as medidas prevista no (DL182, 2006), algumas das quais se encontram assinaladas nas Tabela 35 e Tabela 36 do Capítulo 2.2. Relativamente aos valores de $L_{Cpico\ máx}$, em nenhuma das situações são ultrapassados valores de Ação ou o Valor Limite.

Num dos poucos estudos em que os dados de ruído foram obtidos junto ao equipamento, fora da cabine e desta forma passíveis de comparação com níveis de ruído obtidos para o *Roc* ATLAS COPCO 742HC01, apresentam-se na Tabela 23, retirados de um artigo de (Ferreira & Guerreiro, 2010) que apresenta os resultados de uma avaliação feita nas etapas mais relevantes do processo produtivo nas atividades em pedreiras a céu aberto. Para a comparação interessam os valores obtidos na atividade de perfuração onde se obtiveram valores entre 85 e 100 dB(A), o que se situa na mesma ordem de grandeza dos valores obtidos neste trabalho.

5.2.2 Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias

Na Tabela 134 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho das Pás Carregadoras Giratórias em termos de Exposição ao Ruído.

É na Tarefa de Carga que se verificam os maiores valores, quer a nível de L_{eq} , quer a nível de $L_{EX,8h}$. Relativamente ao posto de trabalho como um todo, analisado sob o ponto de vista legal, no caso da Pá Carregadora Giratória CAT 374D, na situação mais desfavorável do parâmetro $L_{EX,8h}+Incerteza$ é de 79,1 dB(A), valor inferior ao VAI (80 dB(A)). Já a Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520, na mesma situação obteve um valor de 81,2 dB(A), valor esse que, mesmo sendo pouco superior ao VAI, implica a tomada de medidas por parte da entidade patronal. Algumas dessas medidas encontram-se referidas na Tabela 35 e na

Tabela 36 do Capítulo 2.2. Analogamente aos valores de $L_{Cpico\ máx}$, em nenhuma das situações são ultrapassados Valores de Ação ou o Valor Limite de Exposição.

Tabela 134 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nas Pá Carregadoras Giratórias.

Posto de Trabalho	Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Posto de Trabalho	
							$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada
Pá Carregadora Giratória CAT 374D	Carga	79,0	65,8	98,5	131,4	75,1	$79,7 \pm 1,5$	

Estes equipamentos desenvolvem na sua rotina diária duas Tarefas que só foi possível distinguir, com a observação de pormenor das Figura 65 e 70 e das Fichas de campo, cujos modelos se apresentam nos Anexo III e V. Para além de comportamento muito semelhante em todo o ciclo de trabalho os valores obtidos para todos os parâmetros avaliados variam muito pouco.

5.2.3 Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória

Na Tabela 135 apresenta-se o resumo dos valores de exposição ao ruído encontrados nas Tarefas que compõem o ciclo de trabalho da Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico.

Tabela 135 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas na Escavadora Giratória com martelo hidráulico.

Posto de Trabalho	Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{Cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Posto de Trabalho	
							$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Incerteza associada
Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico CAT 325 BLH	Taqueio	80,2	63,6	89	125,5	78,7	$78,9 \pm 1,9$	
	Espera/Seleção de Blocos	69,6	58,1	80,8	125,1	64,3		

Este equipamento e inerentemente este Posto de Trabalho só foi avaliado numa das Pedreiras, de modo que não é possível a sua comparação com outro equipamento análogo. Assim a discussão dos resultados obtidos é feita só pela avaliação do cumprimento legal e pela análise do comportamento das Tarefas no Posto de trabalho. A Tarefa de Taqueio é a responsável pelos valores mais elevados de ruído produzido neste Posto de trabalho e como esta tarefa é a de maior duração, nas 8 horas de trabalho diário, é esta tarefa a grande responsável pelo valor do parâmetro $L_{EX, 8h} = 80,8$ dB(A). Este indicador legal está ligeiramente acima do VAI, havendo necessidade da tomada de medidas prevista no DL 182 (2006), algumas das quais se encontram descritas na Tabela 35 e na Tabela 36 do Capítulo 2.2. Relativamente aos valores de $L_{Cpico\ máx}$, em nenhuma das situações são ultrapassados os VAI. Este comportamento é análogo ao encontrado nas avaliações de VCI feitas em simultâneo.

5.2.4 Transporte: *Dumpers*

Na Tabela 136 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho dos *Dumpers* em termos de Exposição ao Ruído.

Tabela 136 - Resumos dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nos *Dumpers*.

Posto de Trabalho	Tarefa	L _{eq} específico dB(A)	L _{min} dB(A)	L _{máx} dB(A)	L _{Cpico máx} dB(C)	L _{Ex,8h} dB(A)	Posto de Trabalho	
							L _{Ex,8h} dB(A)	Incerteza associada
Dumper TEREX TR45	Carga	77,5	69,6	90,2	120,1	72,2	78,5 ± 1,2	
	Transporte Carregado	79,7	71,3	91,3	110,1	74,4		
	Descarga	76,3	70,3	87,9	113,0	65,3		
	Transporte Vazio	78,8	70,7	92,6	113,4	71,9		
Dumper TEREX TR45 a transportar material de cobertura e granulometria muito inferior.	Carga	71,7	64,3	89,7	123,8	67,2	73,6 ± 1,2	
	Transporte Carregado	75,1	63,9	84,6	108,1	70,1		
	Descarga	74,0	64,5	81,7	111,1	62,7		
	Transporte Vazio	73,6	63,2	84,5	107,8	67,2		
Dumper TEREX TR45 Com mais uma Tarefa	Carga	73,3	62,1	85,0	119,5	67,9	75,7 ± 1,1	
	Transporte Carregado	77,7	64,2	85,6	106,4	71,5		
	Descarga	73,1	62,0	84,5	106,2	62,0		
	Transporte Vazio	77,5	67,4	86,4	112,2	68,5		
	Descarga de água	75,3	63,2	86,6	104,0	67,4		
Dumper VOLVO A35D	Carga	71,3	60,8	82,3	113,2	65,5	74,6 ± 1,3	
	Transporte Carregado	76,5	64,4	86,7	109,4	71,3		
	Descarga	73,4	64,1	84,4	109,9	64,3		
	Transporte Vazio	75,2	68,2	83,7	118,7	67,2		

Da análise da Tabela 136, várias ilações podem ser retiradas:

- Entre os diferentes equipamentos avaliados a variação dos valores obtidos para todos os parâmetros é muito reduzida, mantendo-se um comportamento dentro de padrões facilmente identificados nos gráficos da Figura 76, Figura 77, Figura 78 e Figura 79;
- Quando avaliado o mesmo equipamento, mas em condições de trabalho distintas, por exemplo, quando a transportar material de cobertura e granulometria muito inferior, ou quando ao seu ciclo normal de trabalho, houve necessidade de acrescentar uma nova Tarefa de Descarga de água, os valores obtidos, para as tarefas avaliadas mantêm-se dentro da mesma ordem de grandeza;
- Em todas as situações apresentadas na Tabela 136, e que são reveladoras da grande maioria das situações do dia a dia de qualquer pedreira, verifica-se que é na Tarefa de Transporte Carregado que se obtiveram os valores mais elevados de L_{eq}, seguida da Tarefa de Transporte Vazio (salvo no exemplo apresentado do Dumper TEREX TR45 a transportar material de cobertura e granulometria muito inferior) em que na Tarefa de Descarga no Britador Primário obteve valores da mesma ordem de grandeza;
- O parâmetro L_{EX,8h} segue a mesma regra do parâmetro anterior, sendo que no caso que já anteriormente foi exceção também para este parâmetro tem um comportamento um pouco anómalo, pelo facto de ter obtido valores iguais de L_{EX,8h} para as Tarefas de Carga e de Transporte Vazio. Como se trata de um indicador que é ponderado a 8

horas, independentemente dos tempos despendidos nestas tarefas ser diferente, em que a Tarefa de carga ter a duração de 2,4 horas em 8 horas e tinha um valor de L_{eq} de 71,7 dB(A) e a Tarefa de Transporte Vazio ter a duração 1,5 horas em 8 horas e um valor de 73,6 dB(A), quando ponderadas, passaram a valores iguais, tendo em conta os restantes tempos distribuídos por 2,7 hoas para a Tarefa de Transporte Carregado e 0,4 horas para a Tarefa de Descarga;

Na análise das Tarefas e do Posto de trabalho do ponto de vista legal, não são ultrapassados valores de ação nem valores limite para nenhum dos indicadores legais.

5.2.5 Carga em Zona de Stock: Pás Carregadoras

Na Tabela 137 apresenta-se um resumo dos valores encontrados para as Tarefas que compõem o ciclo de trabalho das Pás Carregadoras em termos de Exposição ao Ruído.

Tabela 137 - Resumo dos Valores da exposição ao Ruído nas Tarefas desenvolvidas nas Pás Carregadoras.

Posto de Trabalho	Tarefa	L_{eq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	$L_{máx}$ dB(A)	$L_{cpico\ máx}$ dB(C)	$L_{EX,8h}$ dB(A)	Posto de Trabalho	
							$L_{EX,8h}$ dB(A)	Incerteza associada
Pá Carregadora CAT 966H	Carga (IM*)	70,9	58,5	83,6	119,1	67,9	72,7 ± 1,3	
	Abrir/Fechar Porta Cabine	79,1	61,0	96,5	131,7	70,1		
	Percurso entre Stocks (IM) e Arrumação do Stock	69,2	61,1	79,6	116,6	63,1		
	Paragem	61,2	60,8	61,8	94,1	46,2		
Pá Carregadora VOLVO L120F	Carga de camiões	70,7	62,5	78,7	113,5	68,8	73,0 ± 1,4	
	Abrir /Fechar porta cabine	79,2	62,1	91,2	131,1	69,8		
	Percurso entre Stocks	66,5	61,9	74,1	98,9	54,1		

* IM (Instalação Móvel de Britagem)

É possível da Tabela 137, retirar as seguintes inferências:

- É para a Tarefa de Abrir/Fechar a Porta da Cabine que se obtiveram os maiores valores de ruído em ambos os equipamentos, quer a nível dos parâmetro L_{eq} como quando ponderado a 8 h e transformado em $L_{EX,8h}$, que se salienta mais uma vez, ser uma atividade não produtiva e a mais prejudicial em termos de exposição ao ruído neste posto de trabalho;
- Segue-se a Tarefa de Carga em termos de valores relativos, no entanto, quando feita a análise das Tarefas e do Posto de trabalho do ponto de vista legal, não são ultrapassados valores de ação nem valores limite para nenhum dos indicadores legais.

Na Figura 97 pode ser analisada a relação entre o Ruído e as VCI no posto de Trabalho das Pás Carregadoras a desenvolver a sua atividade em Zona de Stock.

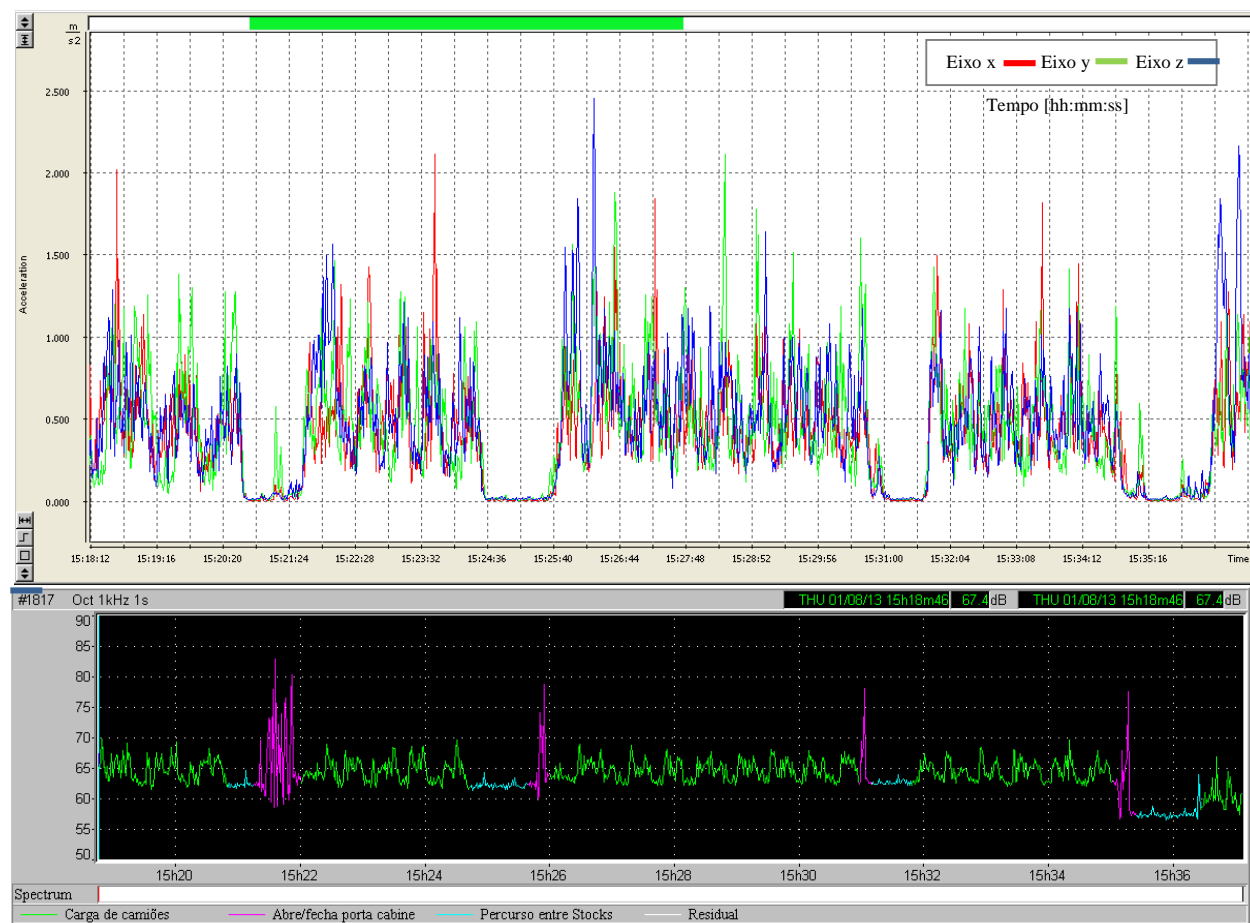


Figura 97 - Relação Acelerações vs Ruído na atividade da Pá Carregadora VOLVO L120F, em que (—) significa a Tarefa de Carga de camiões, (—) a Tarefa de Abrir/Fechar a porta da cabine e (—) o Percurso entre Stocks.

Existe e é visível através da análise gráfica da Figura 97 a relação entre o comportamento das VCI e do Ruído no desenvolvimento da atividade das Pás Carregadoras em zona de *Stocks*. Verifica-se que os valores mais baixos das acelerações, correspondem também aos valores mais baixos de ruído e que acontecem durante a Tarefa de Percurso entre *Stocks*. Os dois equipamentos em análise, foram avaliados sob condições de atividade muito distintas, como já foi referido, o que levou a que os resultados obtidos, embora dentro do mesmo padrão com ordens de grandeza muito distintos, de modo que a Pá Carregadora CAT 966H, comporta-se como um Posto de trabalho que afeta o seu operador de exposição a VCI ao contrário da outra Pá Carregadora VOLVO L120F, cujas condições de trabalho e respetivas envolventes lhe permitiam não exceder velocidades nem estar em permanente pressão de tempo.

No que diz respeito à exposição ao Ruído, a Tarefa Abrir/Fechar a Porta Cabine para posteriormente efetuar a Carga, é a tarefa mais crítica do ciclo, mesmo tratando de uma tarefa não produtiva, em ambos os equipamentos avaliados, no entanto, não foram excedidos os VAI, tratando-se de um posto de trabalho sem risco de exposição ao risco físico de Ruído. A mesma explicação dada relativamente a esta tarefa, para o caso da exposição a poeiras, em termos preventivos de exposição a ruído, faz todo o sentido, ser repensada, independentemente de nestas situações não terem sido ultrapassados limites legais.

5.3 Discussão dos Resultados das Poeiras

5.3.1 Análise direta dos resultados

Na Tabela 138 recorda-se de um modo sucinto a metodologia que serviu de base à recolha das amostras para a análise da concentração das poeiras. após a amostragem e após efetuadas as pesagens e com base na informação retirada da preparação prévia das bombas de aspiração utilizadas na amostragem (volume e caudal médio de amostragem) com que se calculou a concentração de PR e de PT nos postos de trabalho avaliados. As poeiras respiráveis foram posteriormente sujeitas a análise por Difração de Raios X para deteção de teores em sílica cristalina, através de metodologia interna acreditada pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC) validada por padrões construídos com material de Referência Certificado do National Institute of Standards and Technology (NIST).

Tabela 138 - Resumo das metodologias de amostragem aplicada às poeiras.

	Poeiras Respiráveis (PR) (NIOSH0600, 1998)	Poeiras Totais (PT) (NIOSH0500, 1994)
Tipo de filtro	PVC 5 µm	PVC 5 µm
Diâmetro do filtro	25 mm	37 mm
Tipo de suporte	Ciclone Higgins-Dewell (HD)	Cassete
Caudal pré-definido (L/min)	2,2	2,0
Volume mínimo (L)	20	7
Volume máximo (L)	400	133
Tempo mínimo (Min)	9,1	3,5
Tempo máximo (Min)	181,8	66,5
Método analítico	Gravimetria	Gravimetria

Nas Tabela 139 e Tabela 140 podem-se observar os resultados obtidos para a concentração de PR e PT com a recolha de amostra em simultâneo para os postos de trabalho avaliados. Nestas tabelas, resumem-se os dados de amostragem e pode-se consultar toda a informação relativa ao equipamento, data de amostragem, massa da amostra, tempo, caudal e volume de amostragem, concentração das PR e das PT para cada posto de trabalho e o seu valor médio. Este valor médio encontrado em cada posto de trabalho é fruto de três amostragens, salvo as situações dos postos de trabalho, Pá Carregadora Volvo L120F, por avaria da mesma nos dias das visitas ao local e do Britador Primário pelo facto de este não ter necessidade de funcionar por excedentes de produção em períodos anteriores e défice de vendas do produto produzido. As amostragens cujas calibrações não cumpriam os critérios de qualidade, foram rejeitadas. Todos os resultados obtidos relativos à calibração do equipamento, pesagens dos filtros, assim como, todos os cálculos necessários para a determinação da concentração de poeiras encontram-se no ANEXO XII.

Pela análise da Tabela 139, verifica-se que os postos de trabalho que se encontram expostos a maior concentração de partículas respiráveis são os carros de perfuração – **Rocs ATLAS COPCO modelos D7 e 742HC01**. Sobre este último equipamento, já recaía essa supeita,

visto tratar-se de um equipamento que não possui cabine e como tal a recolha de poeiras foi efetuada no exterior, de um modo estático na proximidade dos manípulos que permitem a movimentação do equipamento e das varas de furação onde o operador permanece durante o seu período laboral, como pode ser observado na Figura 98.

Estes resultados coincidem com os dados da pesquisa de outros autores (Golbabaei, Barghi, & Sakhaei, 2004). Já relativamente ao **Roc ATLAS COPCO D7**, pela análise “in loco”, pôde-se observar que, embora o veículo seja equipado com uma cabine e o processo de troca de varas de furação seja automático, o operador tinha necessidade durante o dia de trabalho de abrir a porta do carro por diversas vezes, devido ao encravamento das varas, para, uma vez no exterior as desencravar manualmente. Simultaneamente com a Tarefa de Furação, o Roc põe em funcionamento um captador de poeiras que lhe está acoplado, com um sistema de despoeiramento que lhe permite ao longo da furação ir mantendo um sistema de captação das poeiras constituídas pelas partículas de granulometria mais fina. Estas vão sendo descarregadas periodicamente num depósito próprio, do qual se desprendem algumas que têm tendência para ficar em suspensão e que são responsáveis por estes valores mais elevados. Esta situação, que pode ser visualizada na Figura 99, pode ser pontualmente agravada ou atenuada dependendo das condições meteorológicas à data da colheita das amostras.

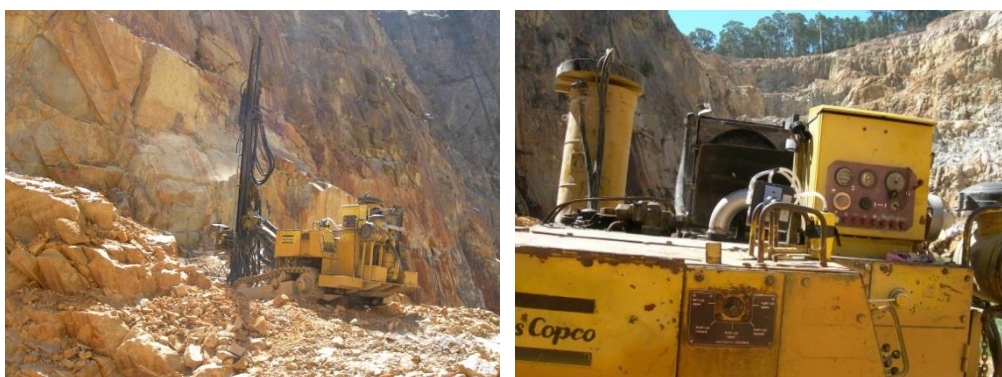


Figura 98 - Amostragem de poeira no carro de perfuração – Roc ATLAS COPCO 742HC01.



Figura 99 - Captador de poeiras do carro de perfuração – Roc ATLAS COPCO 742HC01.

Tabela 139 - Resultados obtidos referentes à concentração de PR nos postos de trabalho avaliados.

Equipamento	Marca	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Tempo de amostragem (min)	Caudal médio de amostragem (l.min ⁻¹)	Volume de amostra (l)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média (mg.m ⁻³)
Pá giratória	CAT	374D	17-04-2013	12/13	0,030	136	2,169	294,939	0,102	0,137
			07-05-2013	50/13	0,062	129	2,221	286,494	0,216	
			28-05-2013	53/13	0,026	131	2,167	283,888	0,092	
Pá Giratória	HITACHI	ZX520	9-07-2013	67/13	0,00	108	2,251	243,14	0,000	0,166
			30-07-2013	102/10	0,03	224	2,187	489,99	0,061	
			31-07-2013	103/13	0,09	148	2,245	332,21	0,271	
Pá Giratória com martelo	CAT	325BLH	31-07-2013	104/13	0,05	197	2,202	433,69	0,115	0,080
			31-07-2013	107/13	0,04	139	2,816	391,38	0,102	
			1-08-2013	110/13	0,01	184	2,249	413,72	0,024	
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	11-07-2013	69/13	0,02	111	2,241	248,70	0,080	0,127
			1-08-2013	105/13	0,02	189	2,249	425,11	0,047	
Pá Carregadora	CAT	980H	07-05-2013	46/13	0,016	121	2,185	264,367	0,061	0,079
			28-05-2013	47/13	0,056	160	2,188	350,061	0,160	
			13-06-2013	56/13	0,006	161	2,275	366,310	0,016	
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	17-04-2013	48/13	0,132	151	2,223	335,680	0,393	0,296
			28-05-2013	113/11	0,010	120	2,181	261,752	0,038	
			13-06-2013	57/13	0,238	234	2,223	520,194	0,458	
Roc	ATLAS COPCO	D7	17-04-2013	13/13	0,218	145	2,170	314,628	0,693	0,459
			28-05-2013	54/13	0,162	144	2,202	317,150	0,511	
			13-06-2013	61/13	0,054	137	2,266	310,469	0,174	
Roc	ATLAS COPCO	742HC01	10-07-2013	68/13	0,13	127	2,167	275,22	0,472	0,392
			30-07-2013	101/13	0,08	202	2,176	439,59	0,182	
			1-08-2013	109/13	0,22	193	2,186	421,92	0,521	
Dumper	VOLVO	A35D	10-07-2013	62/13	0,02	137	2,233	305,96	0,065	0,068
			31-07-2013	80/13	0,04	195	2,212	431,29	0,093	
			1-08-2013	106/13	0,02	200	2,218	443,54	0,045	
Dumper	TEREX	TR45	07-05-2013	51/13	0,032	146	2,246	327,865	0,098	0,124
			28-05-2013	48/12	0,030	130	2,186	284,219	0,106	
			28-05-2013	55/13	0,060	163	2,182	355,685	0,169	
Britador primário A	-	-	21-06-2013	60/13	0,022	115	2,219	255,206	0,086	0,162
			21-06-2013	59/13	0,052	114	2,249	256,413	0,203	
			21-06-2013	58/13	0,052	116	2,290	265,638	0,196	
Britador primário B	--	--	1-08-2013	108/13	0,14	210	2,287	480,25	0,292	0,292

Tabela 140 - Resultados obtidos referentes à concentração de PT nos postos avaliados.

Equipamento	Marca	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Tempo de amostragem (min)	Caudal médio de amostragem (l.min ⁻¹)	Volume de amostra (l)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média (mg.m ⁻³)
Pá Giratória	CAT	374D	17-04-2013	4/13	0,044	137	2,006	274,76	0,160	0,189
			07-05-2013	15/13	0,052	124	1,920	238,11	0,218	
			28-05-2013	13/12	0,088	132	2,011	265,43	0,030	
Pá Giratória	HITACHI	ZX520	9-07-2013	30/10	0,00	165	1,940	320,20	0,000	0,000
			30-07-2013	35/10	0,00	75	2,086	156,46	0,000	
Pá Giratória com martelo	CAT	325BLH	31-07-2013	37/10	0,04	85	2,039	173,27	0,231	0,231
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	11-07-2013	33/10	0,00	111	2,107	233,91	0,000	0,000
Pá Carregadora	CAT	980H	07-05-2013	14/13	0,028	121	2,051	248,11	0,113	0,149
			28-05-2013	11/13	0,07	129	2,047	263,08	0,266	
			13-06-2013	19/13	0,024	170	2,050	348,54	0,069	
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	17-04-2013	7/13	0,398	143	2,063	295,02	1,349	1,382
			28-05-2013	12/13	0,408	141	2,045	288,33	1,415	
			13-06-2013	31/10	0,002	130	2,089	271,62	0,007	
Roc	ATLAS COPCO	D7	17-04-2013	1/13	0,300	145	2,014	291,99	1,027	0,597
			28-05-2013	3/13	0,148	144	2,024	291,46	0,508	
			13-06-2013	18/13	0,078	147	2,086	306,72	0,254	
Roc	ATLAS COPCO	742HC01	10-07-2013	31/10	0,00	127	2,029	257,69	0,000	0,000
			30-07-2013	36/10	0,00	72	2,027	145,95	0,000	
Dumper	VOLVO	A35D	10-07-2013	29/10	0,06	131	2,098	274,82	0,218	0,218
			31-07-2013	34/10	0,00	51	1,978	100,89	0,000	
Dumper	TEREX	TR45	07-05-2013	13/13	0,03	143	2,067	295,5	0,102	0,098
			28-05-2013	32/13	0,012	140	2,036	285,01	0,042	
			28-05-2013	8/13	0,03	162	1,966	318,56	0,094	
Britador primário A	-	-	21-06-2013	10/13	0,03	156	2,074	323,61	0,093	0,231
			21-06-2013	16/13	0,064	176	2,029	357,19	0,179	
			21-06-2013	17/13	0,098	114	2,042	232,73	0,421	
Britador primário B	-	-	1-08-2013	38/10	0,03	80	1,981	158,45	0,189	0,189

De entre os postos de trabalho avaliados, aquele que apresenta uma concentração em PR em valor mais próximo, dos carros de perfuração, é a **Pá Carregadora Volvo L150E** e o **Britador Primário B** com valores de concentração média na ordem das $0,3 \text{ mg.m}^{-3}$. No caso da Pá Carregadora, uma possível justificação é o comportamento no posto de trabalho do operador que, para além de estar muito exposto a diversas granulometrias, pelo facto de se encontrar sempre na zona de *stocks* a carregar os camiões, apresenta um ciclo de trabalho muito característico. Da rotina deste operador fazem parte tarefas e procedimentos administrativos como seja, um acontecimento que o obriga em cada carga a abrir a porta do veículo para assinar uma autorização que lhe dá indicações sobre o material a carregar e assim permite efetuar a carga do camião. Esta operação expõe o operador a uma concentração de poeiras elevada que permanecem no ar devido à carga e descarga de material em *stock* para os camiões e à própria movimentação da pá carregadora. Seguem-se os postos de trabalho com a mesma ordem de grandeza dos valores de concentração média de $0,166$, $0,162$ e $0,137 \text{ mg.m}^{-3}$ respetivamente **Pá Giratória HITACHI ZX520**, **Britador Primário A** e **Pá Giratória CAT 374D** em desmante. O Britador primário B e consequentemente os seus operadores, cuja concentração apresenta um valor de $0,162 \text{ mg.m}^{-3}$, encontra-se numa situação geográfica dentro da pedreira de algum modo particular. A estrutura deste Britador encontra-se a uma cota superior relativamente aos restantes postos de trabalho avaliados, de modo que o resultado da concentração de PR não é tão elevado como era espectável. Contribui para este resultado também, o facto de os ventos dominantes serem de Norte/Noroeste e o local onde os operadores circulam não se encontrar nesta direção, o que faz com que fiquem um pouco protegidos das poeiras oriundas do próprio Britador primário. Os valores de concentração mais baixos foram encontrados nos postos de trabalho: **Dumper Volvo A35D** e **Pá Carregadora CAT 980H**. No caso do **Dumper Volvo A35D**, trata-se de um equipamento cujas tarefas são desenvolvidas na zona do desmante com o objetivo de transportar o material desmontado para o Britador Primário. Este veículo é equipado com um sistema de ar condicionado o que permite ao operador trabalhar sempre de porta e janelas fechadas. Quanto à **Pá Carregadora CAT 980H**, trata-se de uma pá carregadora cujas tarefas são desenvolvidas na zona do desmante com o objetivo de carregar os *dumpers* com os blocos de maior dimensão para transportar para o Britador Primário ou carregamento de camiões com blocos de grandes dimensões destinados a enrocamento. Como se trata de transporte de material de granulometria média/grande, não há muitas poeiras em suspensão no ar.

Na Tabela 140, onde se apresentam os valores das concentrações encontradas para as PT recolhidas nos postos de trabalho avaliados, verifica-se que o posto de trabalho que apresenta o valor de concentração em PT mais elevado é a **Pá Carregadora VOLVO L150E**. Esta Pá Carregadora desempenhava as suas tarefas na zona de *stocks*, onde, devido à movimentação das máquinas (pás carregadoras, camiões, *dumpers*, entre outros), há permanentemente poeiras de diversas granulometrias em suspensão no ar. Segue-se em termos de ordem de grandeza de concentração de PT, o posto de trabalho **Roc ATLAS**

COPCO D7, seguido, pelos equipamentos, com valores da mesma ordem de grandeza da **Pá Giratória com martelo CAT 325 BLH**, que de alguma forma pelo modo como atua o martelo na rocha coincide com a tarefa desenvolvida pelo martelo perfurador manual sobre o qual conclui Golbabaie no seu estudo (Golbabaie, Barghi, & Sakhaei, 2004), a que se segue o posto de trabalho **Dumper Volvo A35D**, o **Britador Primário A** e a **Pá Giratória CAT 374 D**. Muitas das outras situações, não obtiveram peso de amostra e consequentemente não foi feito o cálculo da concentração para as PT.

O valor de concentração mais baixo foi encontrado no posto de trabalho **Dumper TEREX TR45**, trata-se de um *dumper* cujas tarefas são desenvolvidas entre a zona do desmonte e o britador primário, carregado no percurso de ida do desmonte para o britador e descarregado no percurso inverso. Como se trata de transporte de material de granulometria média/grande, há menor disponibilidade de poeiras para entrarem em suspensão no ar, para além de o *Dumper* A35D ser dotado de ar condicionado, o que permite ao condutor manter a porta e as janelas fechadas em qualquer estação do ano.

Quando feita uma avaliação genérica, verificou-se que nenhum dos postos de trabalho avaliados, quer no que se refere a PR ou a PT, ultrapassou o valor limite de exposição – média ponderada (VLE-MP) para Poeiras Sem Outra Classificação (PSOC), recomendado pela (NP1796, 2007), que corresponde a 3 mg.m^{-3} para PR e a 10 mg.m^{-3} para poeiras inaláveis segundo a terminologia da Norma seguida, onde se inserem as partículas recolhidas com a amostragem das PT. A projeção destas situações pode ser observada na Figura 100 e na Figura 101 respetivamente, onde é feita a comparação dos valores obtidos nas recolhas de poeiras ao longo deste trabalho, com os valores aconselhados pela (NP1796, 2007).

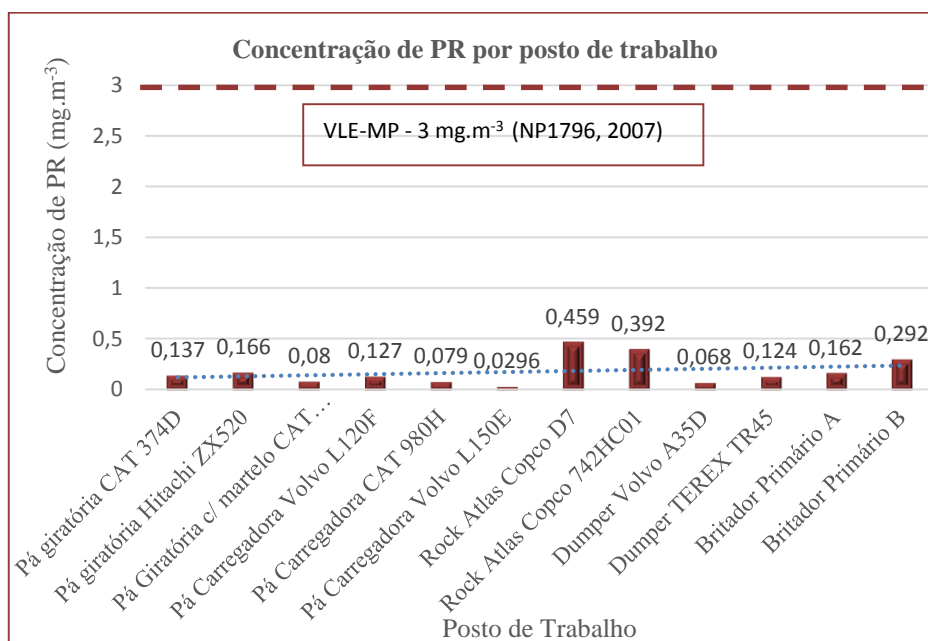


Figura 100 - Concentração de PR em cada um dos Postos de Trabalho avaliados
A reta a castanho assinala o VLE-MP de 3 mg.m^{-3} . (NP1796, 2007)

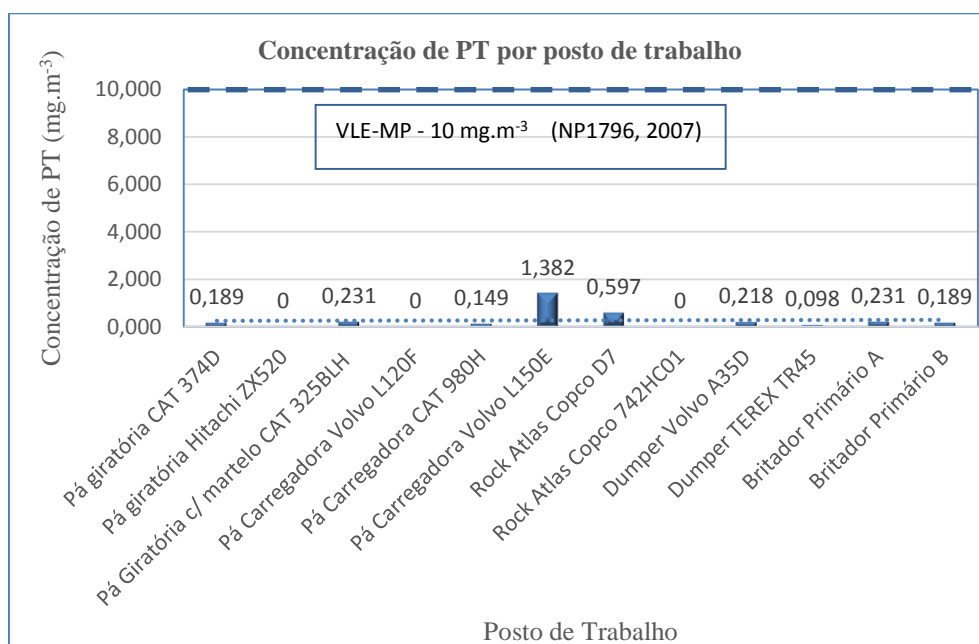


Figura 101 - Concentração de PT em cada um dos Postos de Trabalho avaliados.
A reta a azul assinala o VLE-MP de 10 mg.m⁻³ (NP1796, 2007)

Verifica-se pela análise da Tabela 139 e da Figura 100, que o valor de concentração mais elevado das PR (0,459 mg.m⁻³ – para o *Roc ATLAS COPCO D7*) é 6,5 vezes inferior ao VLE-MP, seguido do valor de 0,392 mg.m⁻³ (*Roc ATLAS COPCO 742HC01*), 7,7 vezes inferior ao VLE-MP.

Conforme a Figura 101, para o caso das PT o valor de concentração mais elevado é de 1,382 mg.m⁻³ (pá carregadora *VOLVO L150E*), que é 7,2 vezes inferior ao VLE-MP, seguido do valor de 0,597 mg.m⁻³ (*Roc ATLAS COPCO D7*), 16,8 vezes inferior ao VLE-MP.

Na Tabela 141 são apresentados os Teores de Sílica (SiO₂) em cada uma das amostras recolhidas nos diferentes postos de trabalho avaliados, as concentrações de Sílica por dia de amostragem e a concentração média por posto de trabalho avaliado.

Verifica-se com base nos dados transcritos para a Tabela 141 que é na **Pá Giratória com martelo CAT 325BLH**, no **Dumper Volvo A35D**, nas **Pás Carregadoras CAT 980H e Volvo L150E** e no **Britador Primário B**, onde se encontram as amostras que contêm um maior Teor em Sílica Cristalina. No caso da **Pá Giratória com martelo CAT 325BLH**, as suas tarefas são desenvolvidas na zona do desmonte com o objetivo de reduzir a dimensão dos blocos provenientes do desmonte e que por qualquer uma das razões, sejam: de erro de cálculo, de geologia da zona ou outra, não permitam que a Pá Carregadora presente no local e que os irá carregar para o **Dumper** que por sua vez os transporta para o Britador Primário, desempenhe a sua função. O **Dumper Volvo A35D** desempenha as suas tarefas

entre o desmonte e o Britador primário fazendo o carregamento e a descarga do material que vai "alimentar" a instalação de Britagem.

No caso da **Pá Carregadora CAT 980H**, as suas tarefas, são desenvolvidas na zona do desmonte com o objetivo de carregar os *dumpers* com os blocos de maior dimensão para transportar para o Britador Primário ou carregamento de camiões com blocos de grandes dimensões destinados a enrocamento.

Com os dados adquiridos foi possível proceder também ao cálculo da concentração em SiO₂, podendo-se da Tabela 141 retirar as seguintes ilações:

- É novamente o **Roc ATLAS COPCO D7**, o que coincide com os dados do artigo de (Randolph, 2004) e de (Golbabaie, Barghi, & Sakhaei, 2004), o posto de trabalho que apresenta a maior concentração de sílica;
- Segue-se o **Britador Primário B** que apresenta elevada concentração de sílica, seguindo de perto a tendência da concentração em PR;
- Por outro lado, e concomitantemente com os valores da concentração de PR, transcritos para a Tabela 139, pode-se observar que os *Rocs* ATLAS COPCO que apresentavam as maiores concentrações de PR, também possuem os maiores valores da concentração de sílica, com a explicação que foi dada anteriormente.
- Pode-se observar que a **Pá Carregadora CAT 980H**, que apresentava uma menor concentração de PR, também possui um valor baixo de concentração de sílica, pertencendo no entanto o valor mais baixo à **Pá Carregadora VOLVO L120F**.

Com os valores apresentados na Tabela 141, será também passível a sua comparação com os valores legais apresentados na Tabela 38 do Capítulo do enquadramento Legal e normativo. Assim, verifica-se que:

- Em nenhum dos postos de trabalho avaliado o teor de sílica é inferior a 6%.
- Segundo o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22/05 (DL162, 1990), para teores de sílica entre 6% e 25% a sua concentração não deverá ser superior a 2 mg.m⁻³;
Os posto de trabalho com teor de sílica entre 6% e 25% correspondem à **Pá Giratória Hitachi ZX520** – 21,5% de SiO₂ e ao **Dumper TEREX TR45** -18% de SiO₂ e nestes casos correspondem respetivamente a concentrações médias de sílica de 0,026 e 0,022 mg.m⁻³;
- Os restantes postos de trabalho possuem Teor de sílica superior a 25%. Segundo o mesmo Decreto (DL162, 1990), para teores superiores a 25% a concentração não deverá ser superior a 1 mg.m⁻³.

Assim, a nível legal verifica-se que nenhum dos postos de trabalho em estudo possui concentrações de sílica acima dos valores permitidos.

Tabela 141 - Resultados relativos ao Teor em SiO₂ em cada amostra recolhida e concentração média de SiO₂ nos postos de trabalho avaliados.

Equipamento	MARCA	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Massa de SiO ₂ (µg)	Teor de SiO ₂ (%)	Teor médio de SiO ₂ (%)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média (mg.m ⁻³)
Pá Giratória	CAT	374D	17-04-2013	12/13	0,030	8,7	29	29	0,029	0,038
			07-05-2013	50/13	0,062	15,5	25		0,054	
			28-05-2013	53/13	0,026	8,8	34		0,031	
....	9-07-2013	67/13	0,00	--	--	21,5	--	0,026
			30-07-2013	102/10	0,03	8,0	31		0,019	
			31-07-2013	103/13	0,09	11,0	12		0,033	
Pá Giratória com martelo	CAT	325BLH	31-07-2013	104/13	0,05	12,0	26	40,0	0,030	0,024
			31-07-2013	107/13	0,04	10,0	24		0,025	
			1-08-2013	110/13	0,01	7,0	70		0,017	
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	11-07-2013	69/13	0,02	6,0	25	30,7	0,020	0,019
			1-08-2013	105/13	0,02	8,0	36		0,017	
Pá Carregadora	CAT	980H	07-05-2013	46/13	0,016	5,9	37	48	0,022	0,021
			28-05-2013	47/13	0,056	9,1	16		0,026	
			13-06-2013	56/13	0,006	5,4	90		0,015	
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	17-04-2013	48/13	0,132	19,8	15	45	0,059	0,072
			28-05-2013	113/11	0,010	9,3	93		0,036	
			13-06-2013	57/13	0,238	63,5	27		0,122	
Roc	ATLAS COPCO	D7	17-04-2013	13/13	0,218	63,8	29	28	0,203	0,113
			28-05-2013	54/13	0,162	20,5	13		0,065	
			13-06-2013	61/13	0,054	22,2	41		0,072	
Roc	ATLAS COPCO	742HC01	10-07-2013	68/13	0,13	35,0	27	27,5	0,128	0,108
			30-07-2013	101/13	0,08	23,0	28		0,051	
			1-08-2013	109/13	0,22	60,0	28		0,146	
Dumper	VOLVO	A35D	10-07-2013	62/13	0,02	12,0	46	38,5	0,030	0,025
			31-07-2013	80/13	0,04	11,0	28		0,026	
			1-08-2013	106/13	0,02	10,0	42		0,019	
Dumper	TEREX	TR45	07-05-2013	51/13	0,032	6,9	22	18	0,021	0,022
			28-05-2013	48/12	0,030	5,8	19		0,020	
			28-05-2013	55/13	0,060	8,2	14		0,023	
Britador primário A			21-06-2013	60/13	0,022	14,3	65	43	0,056	0,062
			21-06-2013	59/13	0,052	17,2	33		0,067	
			21-06-2013	58/13	0,052	16,8	32		0,063	
Britador primário B	-	-	1-08-2013	108/13	0,14	51,0	37	37	0,108	0,108

Por outro lado, tendo em conta o valor recomendado pela (NP1796, 2007), resumido no Capítulo do Enquadramento Legal e normativo pela Tabela 39, verifica-se que apenas a **Pá Carregadora Volvo L120F**, a **Pá Giratória com martelo CAT 325BLH**, a **Pá Carregadora CAT 980H** e o **Dumper TEREX TR45** se encontram abaixo do valor de $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$ (VLE-MP). Através da Figura 102 observa-se que, quer os operadores dos **Rocs ATLAS COPCO**, quer os operadores do **Britador Primário B** estão expostos a uma concentração média de sílica quatro vezes superior ao limite recomendado assim como o operador da **Pá Carregadora Volvo L150E** que se encontra exposto a uma concentração média de sílica cerca de três vezes superior ao VLE-MP. Na Figura 102, para além da concentração de SiO_2 em cada um dos postos de trabalho avaliados, pode ser observada a sua relação com os Valores Limite recomendados por várias instituições com responsabilidade nesta área.

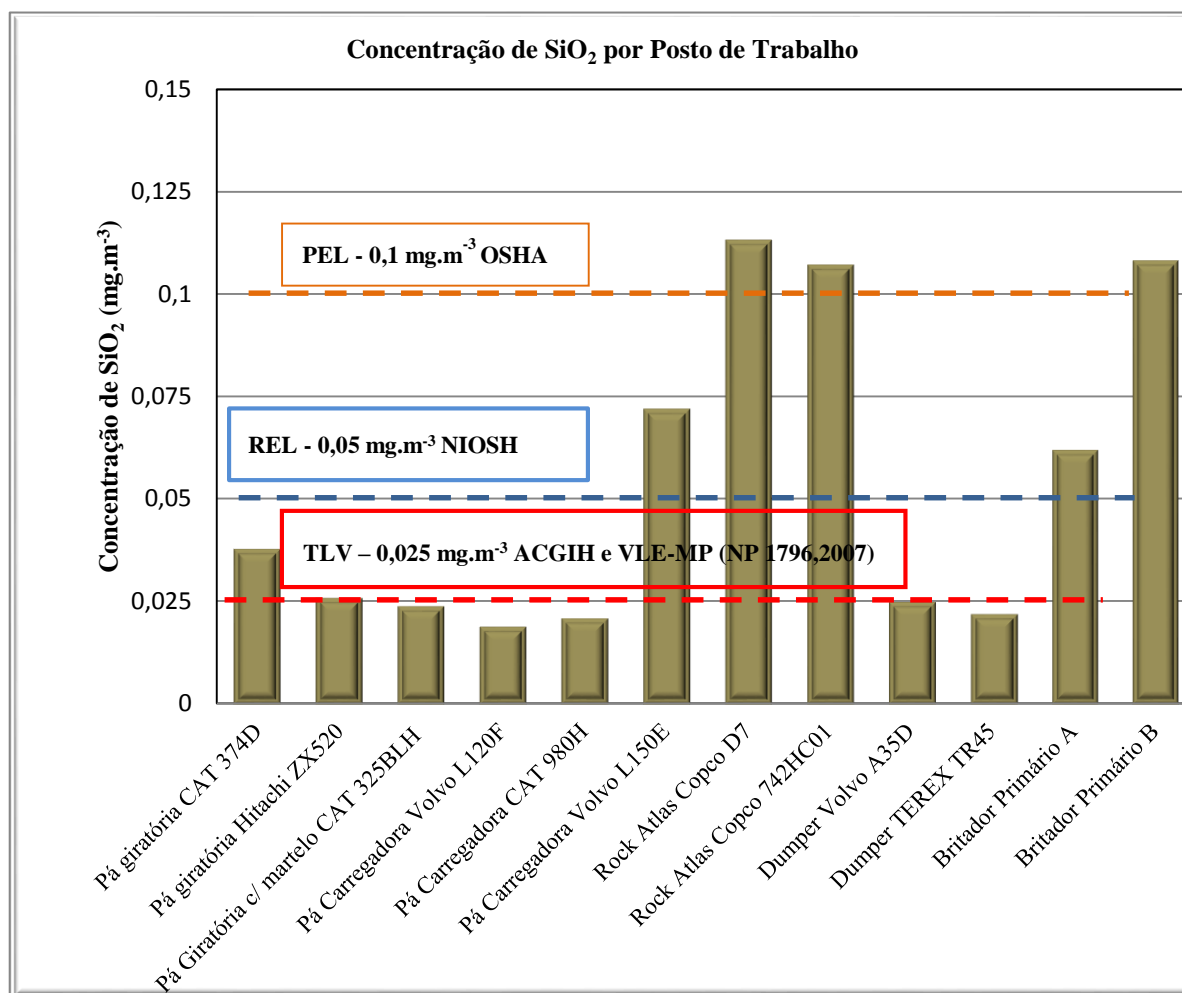


Figura 102 - Concentração de Sílica em cada um dos Postos de Trabalho avaliados.

Notas:

OSHA - Occupational Safety and Health Administration, PEL - Permissible Exposure Limits;

A reta a castanho assinala o PEL de $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$ OSHA.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health, REL - Recommended Exposure Limit;

A reta a azul assinala o REL - $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$ NIOSH

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV - Threshold Limit Values;

A reta a vermelha assinala o TLV – $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$ ACGIH e VLE-MP (NP1796, 2007) - VLE – Valor Limite de Exposição;

Da análise da Figura 102, verificamos que os valores limites recomendados pela OSHA, são os mais permissíveis, no entanto os valores encontrados nos **Rocs ATLAS COPCO**, e no **Britador Primário B**, respetivamente 0,113; 0,108 e 0,108 mg.m⁻³, ultrapassam ligeiramente o PEL (Permissible Exposure Limits).

5.3.2 Caracterização dos dados. Análise Estatística

Com base numa metodologia de crítica e pré-processamento de dados, foi feita uma incursão exploratória na caracterização estatística dos dados de partida. De salientar o carácter por vezes insuficiente do tratamento unidimensional, ou mesmo os condicionalismos impostos pela linha tradicional da estatística clássica, baseada em testes de hipótese e estimativa de parâmetros. Numa 1ª fase procedeu-se a uma caracterização dos dados e à descrição dos mesmos, através de algumas medidas de localização central, dispersão e assimetria, bem como dos valores mínimos e máximos de cada variável.

Após uma primeira caracterização estatística dos dados de partida e tendo-se já formado uma ideia básica acerca do comportamento das variáveis e das amostras/indivíduos, efectuou-se, numa 2ª fase, um estudo estatístico multidimensional dos dados, Análise em Componentes Principais (ACP), para os conjuntos de dados em que este tratamento estatístico fazia sentido.

Os dados que vão ser objecto de análise foram retirados das folhas de campo e das folhas de tratamento em Laboratório que constam do ANEXO XII, do ANEXO XXI e das Tabela 139, Tabela 140 e Tabela 141.

A Análise de Dados seguida agora neste trabalho, propõe uma abordagem que permite analisar os dados tendo em conta o seu aspeto multidimensional: o estudo isolado de cada variável ignora as ligações que eventualmente existem entre as variáveis e que constituem frequentemente o aspeto mais importante. Assim, para além da estatística unidimensional desenvolvida inicialmente nos dados, utilizaram-se também técnicas no domínio da estatística multidimensional, aqui designada por Análise Exploratória de Dados, no sentido de Benzécri, (Benzécri & et al, 1973). A Análise Exploratória de Dados é um conjunto de técnicas de processamento de dados cujo suporte técnico, bem definido no domínio da Estatística Multidimensional e da Álgebra Linear, tem por fim não só sumariar a informação de partida segundo um pequeno número de “factores” (eixos factoriais), mas também num plano mais vasto que implica a individualização de grupos de indivíduos ou propriedades com elevada similitude relativamente a um critério definido *à priori* (métodos de classificação).

A Análise em Componentes Principais (ACP), vai ser aplicado ao tratamento dos dados pela seguinte razões:

- A ACP tem o seu campo de aplicação preferencial em tabelas de números reais, resultantes de medidas;

- A ACP atua numa matriz de correlação que permite a pesquisa de “factores” que melhor expliquem as proximidades e oposições entre indivíduos e variáveis;
- A ACP é um método que permite obter representações sob a forma gráfica, não implicando “à priori” um modelo estatístico, isto é, qualquer tipo de distribuição teórica das variáveis;
- Os “factores” obtidos, organizados por ordem decrescente da sua importância para a explicação da tabela de partida, constituem um sistema de eixos ortogonais onde é possível visualizar, sob a forma gráfica, as projecções das variáveis ou indivíduos, aplicando o critério de considerar uma variável ou indivíduo relacionado com o eixo (factor) sempre que a sua coordenada com esse eixo for superior a 0,5.

Os dados são formados, por um conjunto de trinta e duas amostras (foi retirada uma amostra relativa à Pá Giratória HITACHI ZX520 BPg1, por ausência de informação à partida que se encontram identificadas pela codificação que se encontra na Tabela 142, na qual a letra A corresponde a dados recolhidos na pedreira A e a letra B corresponde a dados recolhidos na pedreira B, os algarismos associados a cada um dos equipamentos de cada uma das pedreiras, caracteriza os dias de amostragem e pode ir de 1 a 3. Cada amostra contém valores para sete variáveis, cujo significado é o que consta da Tabela 143.

Tabela 142 - Indivíduos/Amostras recolhidas (linhas de matriz de *input* em ACP).

Equipamento	Marca	Modelo	Codificação
Pá giratória	CAT	374D	APa1
			APa2
			APa3
Pá Carregadora	CAT	980H	APc1
			APc2
			APc3
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	APv1
			APv2
			APv3
Roc	ATLAS COPCO	D7	AR1
			AR2
			AR3
Dumper	TEREX	TR45	AD1
			AD2
			AD3
Britador primário	-	-	ABp1
			ABp2
			ABp3
Pá giratória	HITACHI	ZX520	BPg2
			BPg3
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	BPv1
			BPv2
Pá Carregadora	CAT	325BLH	BPc1
			BPc2
			BPc3
Roc	ATLAS COPCO	742HC01	BR1
			BR2
			BR3
Dumper	VOLVO	A35D	BD1
			BD2
			BD3
Britador primário	-	-	BBp1

Na Tabela 143 apresentam-se as variáveis que caracterizam a amostragem que se enumeram de seguida: Mr (massa de poeiras respiráveis); Cr (concentração de poeiras respiráveis); MSi (massa de poeiras com sílica) e CSi (concentração de sílica).

Tabela 143 - Variáveis que caracterizam a amostragem e os resultados das PR e Poeiras de Sílica
(colunas da matriz de *input* em ACP).

Variável	Massa (mg)	tempo recolha (min)	Caudal (l.min ⁻¹)	Concentração (mg.m ⁻³)	Massa (mg)	Teor (%)	Concentração (mg.m ⁻³)
Codificação	Respiráveis				Sílica		
	Mr	tr	Qr	Cr	mSi	TSi	CSi
APa1	0,030	136,000	2,169	0,102	8,700	29,000	0,029
APa2	0,062	129,000	2,221	0,216	15,500	25,000	0,054
--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--
BBp1	0,140	210,000	2,287	0,292	51,000	37,000	0,108

Na Tabela 144, pode ser visualizada a aplicação da ACP aos dados amostrados, respetivos valores próprios, percentagem de explicação dos respetivos eixos factoriais e percentagem de acumulados.

Dados nas Pedreiras A e B

A explicação que cada eixo factorial confere aos dados de recolha é diferente, consoante se trate de projeções no eixo 1, 2 ou 3, conforme se verifica na Tabela 144, isto é, quando analisamos os dados projetados no eixo 1, a capacidade de explicação deste eixos relativamente aos dados projetados é de 55,7 % e a dos outros eixos, por exemplo a do eixo 2 é de 15,1% e do eixo 3 é de 14,1%. A utilidade da projeção nos eixos 2 e 3, será na perspetiva de nestes eixos se encontrarem relações que não foram encontradas no eixo principal, mesmo de menor importância.

Tabela 144 - Aplicação de ACP aos dados da recolha de PR nas duas Pedreiras e percentagem de explicação dos respetivos eixos factoriais.

Eixos	Valor Próprio	% Exp	% Acum
1	3,9	55,7	55,7
2	1,1	15,1	70,7
3	1,0	14,1	84,8

Tabela 145 - Coordenadas das variáveis nos eixos factoriais.

Variáveis / Eixos	1	2	3
Mr	0,98		
tr		0,51	0,80
Qr		-0,66	
Cr	0,95		
MSi	0,95		
TSi		0,56	
CSi	0,93		

Tabela 146 - Coordenadas dos indivíduos nos eixos factoriais.

Indivíduos / Eixos	1	2	3
APa1			
APa2			
APa3			
APc1	-0.5969		
APc2			
APc3	-0.8684	0.5584	
APv1	0.5154		
APv2	-0.7529	0.581	-0.789
APv3	1.7079		0.5239
AR1	2.1014		-0.5898
AR2	0.7646		
AR3			
AD1			
AD2			
AD3			
ABp1			-0.6257
ABp2			
ABp3			
BPg2			0.6775
BPg3			
BPv1	-0.5607		
BPv2	-0.5063		
BPc1			
BPc2	-0.5455	-1.4784	0.5705
BPc3	-0.7045	0.5302	
BR1	0.9727		-0.5113
BR2			
BR3	1.7254		
BD1	-0.5056		
BD2			
BD3			
BBp1	0.9569		

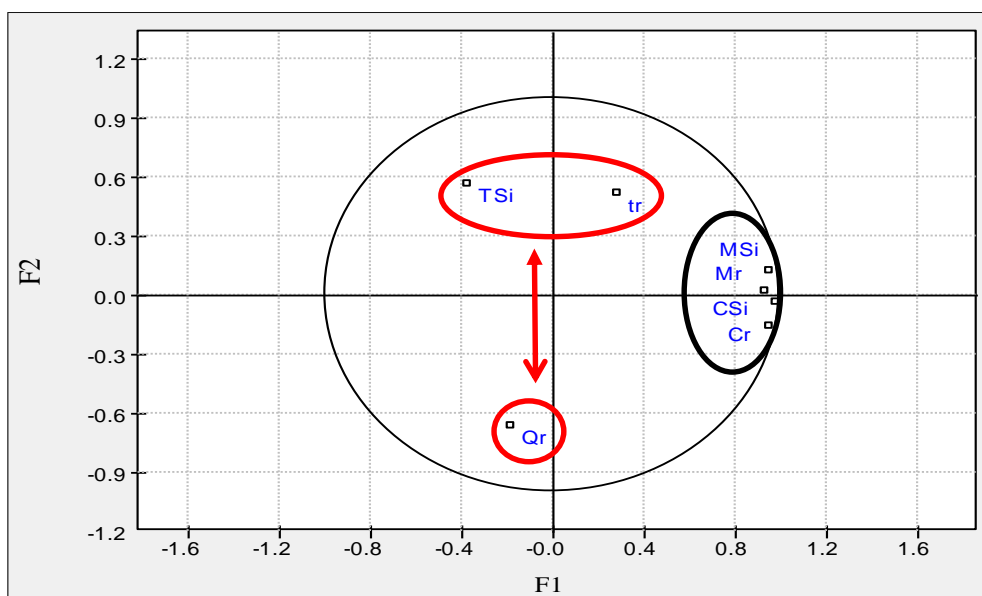


Figura 103 - Projeção das variáveis no plano factorial constituído pelos eixos F1, F2.

É possível identificar, pela observação da Figura 103, uma forte associação positiva entre as variáveis Mr (massa de poeiras respiráveis), Cr (concentração de poeiras respiráveis), MSi

(massa de poeiras com sílica) e CSi (concentração de sílica) que se projectam no semi-eixo positivo F1.

Relativamente às projecções interpretáveis no segundo eixo factorial é possível estabelecer uma forte associação positiva entre as variáveis TSi (teor em sílica) e tr (tempo de recolha), ambas projectadas no semi-eixo positivo F2, que se opõem, em correlação negativa, à variável Qr (Caudal de amostragem) projectada no semi-eixo negativo F2.

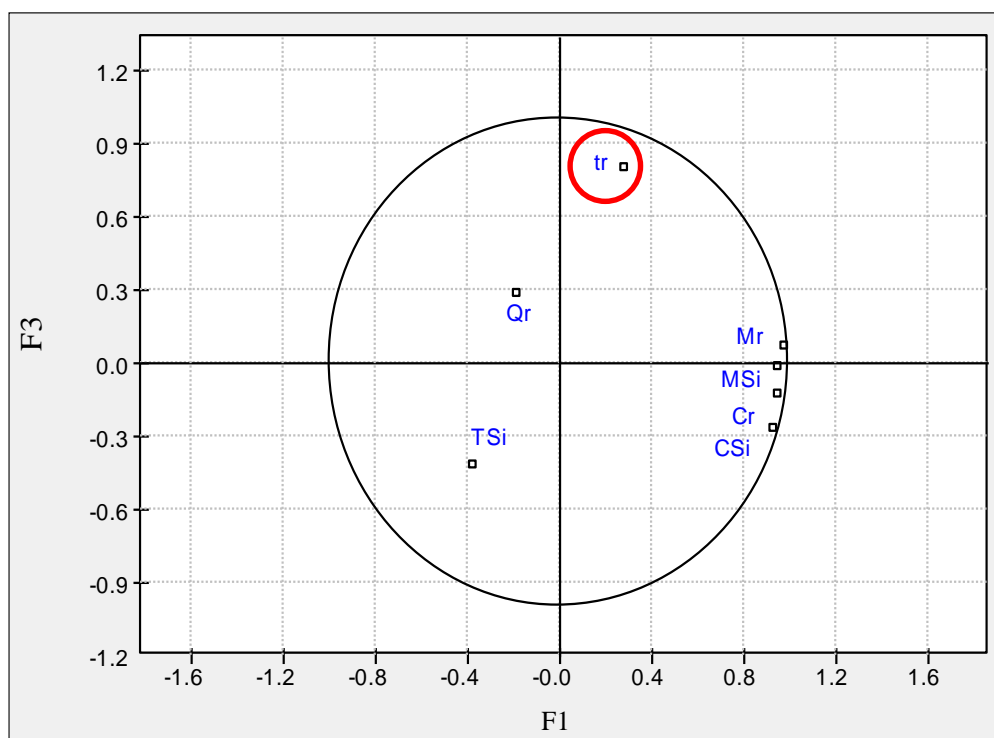


Figura 104 - Projeção das variáveis no plano factorial constituído pelos eixos F1, F3.

A análise efectuada às projecções das variáveis no eixo 3, permite a individualização da variável tr (tempo de recolha), projectada no semi-eixo positivo F3.

A análise à projecção dos indivíduos nos respectivos planos factoriais, consubstanciada na Figura 105 e na Figura 106, valida as seguintes interpretações.

Os equipamentos cuja codificação está simbolizada por APV1, AR2, BR1, BBp1, APv3, BR3 e AR1 estão em forte associação positiva, todos eles projectados no semi-eixo positivo F1 e encontram-se em correlação negativa com o conjunto de equipamentos cujas siglas são APc1, APc3, APv2, BPv1, BPv2, BPc2, BPc3 e BD1.

Considerando as análises anteriores relativamente à projecção das variáveis nos eixos factoriais (vidé Figura 103 e 100) e respectivas interpretações, poder-se-á afirmar que os equipamentos onde simultaneamente se verificam os maiores valores em concentração de poeiras (respiráveis e em sílica) e respectiva massa (respiráveis e em sílica) são a Pá Carregadora VOLVO L150E nas amostragens 1 e 3, o Roc ATLAS COPCO D7 nas

amostragens 1 e 2, o *Roc* ATLAS COPCO 742HC01 nas amostragens 1 e 3 e o Britador Primário da pedreira B.

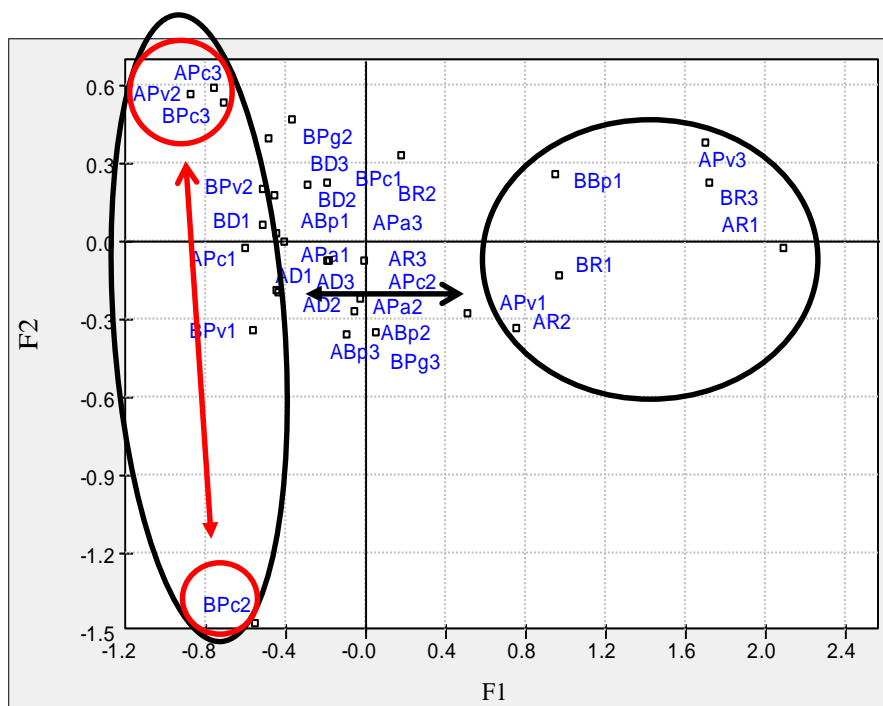


Figura 105 - Projecção dos indivíduos no plano factorial constituído pelos eixos F1, F2

Em contrapartida os equipamentos Pá Carregadora CAT 980H nas amostragens 1 e 3, Pá Carregadora VOLVO L150E amostragem 2, Pá Carregadora VOLVO L120F amostragem 1 e 2, Pá Carregadora CAT 325BLH amostragem 2 e 3 e Dumper VOLVO A35D amostragem 1 são os equipamentos que apresentam os menores registos de concentrações e massa das poeiras respiráveis e de sílica.

A observação da Figura 105 permite ainda uma análise das projecções no segundo eixo factorial onde é visível a associação positiva entre os equipamentos APc3, APv2 e BPc3, projecções no semi-eixo positivo F2, em oposição ao equipamento BPc2 projectado no semi-eixo negativo F2. Também aqui e com base nas leituras anteriores é possível afirmar que a Pá Carregadora CAT 980H na amostragem 3, a Pá Carregadora VOLVO L150E na amostragem 2 e a Pá Carregadora CAT 325BLH na amostragem 3, são os equipamentos que apresentam simultaneamente maiores teores em Silica, maiores tempos de recolha e menores caudais de amostragem. Esta situação de oposição encontrada nas amostras do mesmo equipamento BPc2 versus BPc3, não tendo explicação factual com as questões meteorológicas/atmosféricas na ocasião da recolha das amostras (visto que eram muitos semelhantes), está ligada ao local da amostragem dentro da própria pedreira. A localização da bancada onde a Pá se encontrava a trabalhar no dia 31/07/2013 (BPc2) era numa zona mais profunda da pedreira com as devidas alterações geológicas que lhe são inerentes enquanto que na amostragem do dia

1/08/2013 (BPc3) a bancada era mais de superfície com algum material de cobertura à mistura.

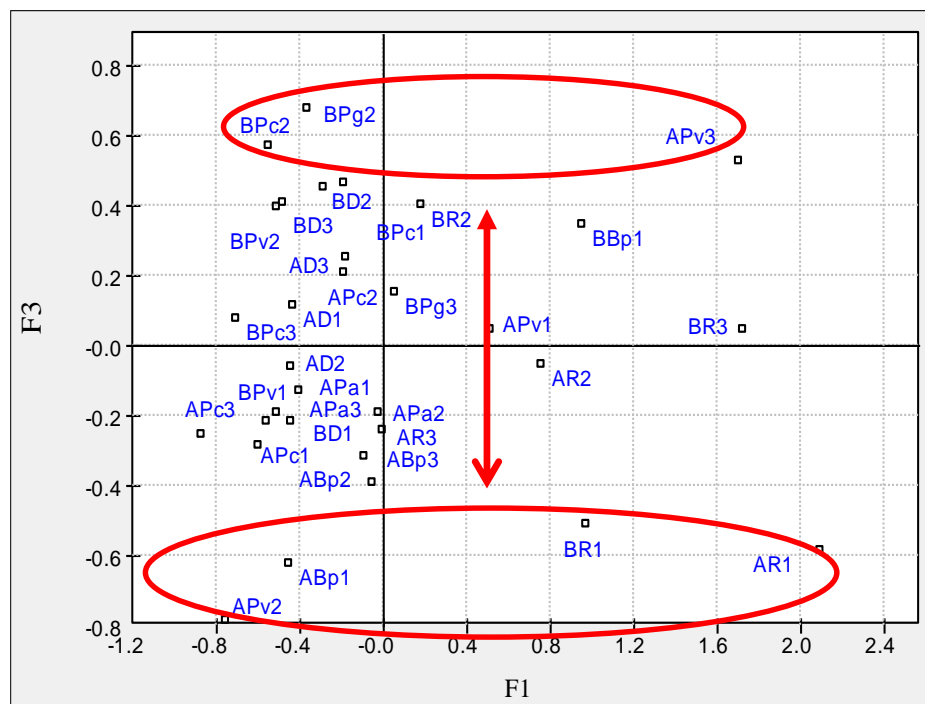


Figura 106 - Projecção dos indivíduos no plano factorial constituído pelos eixos F1, F3

A observação da Figura 106 permite uma análise das projecções no terceiro eixo factorial onde é visível a associação positiva entre os equipamentos BPc2, BPg2 e APv3, projecções no semi-eixo positivo F3, em oposição aos equipamentos BR1, AR1, APv2 e ABp1, projectados no semi-eixo negativo F3. Também aqui e com base nas leituras anteriores é possível afirmar que a Pá Carregadora CAT 325BLH na amostragem 2, a Pá Carregadora HITACHI ZX520 na amostragem 2, a Pá Carregadora VOLVO L150E nas amostragens 2 e 3, o Britador Primário da pedreira A na amostragem 1, o *Roc* ATLAS COPCO 742HC01 na amostragem 1 e o *Roc* ATLAS COPCO D7 na amostragem 1, são os equipamentos que apresentam simultaneamente maiores tempos de recolha.

Como conclusões parciais podemos inferir os seguintes itens:

- A ACP tem plena aplicabilidade ao conjunto de dados analisados, permitindo verificar a consistência geral das variáveis (massa, tempo de recolha, caudal, concentração e teor de poeiras) e das amostras (que neste trabalho correspondem aos diferentes equipamentos avaliados);
- Para além das correlações espectáveis e que decorrem da natureza física dos fenómenos observados, foi possível identificar relativamente aos equipamentos (as amostras na ACP) associações sobre as quais interessa refletir. As elevadas concentrações, quer em Sílica quer em poeiras respiráveis, estão associadas com os *Rocs* em ambas as pedreiras e Pá Carregadora Volvo L150 E da pedreira A. Também o Britador primário

da pedreira B está correlacionado com os elevados valores das concentrações, a que não será estranho a localização geográfica particular deste equipamento;

- Os grupos de amostras (equipamentos) formados, quer através de correlações positivas, quer pelas correlações negativas refletem também a natureza da atividade desenvolvida;
- A natureza das associações identificadas é independente da pedreira estudada.

6 CONCLUSÕES

6.1 Perfuração: Carros de perfuração – *Rocs*

6.1.1 Produção de poeiras na atividade de perfuração

Da Tabela 70, onde se apresenta um resumo para os Postos de trabalho – Carros de Perfuração em termos de concentrações médias em poeiras respiráveis (PR), poeiras totais (PT) e SiO_2 , pode-se concluir:

- Os valores encontrados para as PR encontram-se abaixo do valor normalizado de 3 mg.m^{-3} para PSOC;
- Os valores encontrados para as PT encontram-se abaixo do valor normalizado de 10 mg.m^{-3} para PSOC;
- Relativamente aos valores da concentração média de Sílica, quando vistos na perspetiva legal, a relação teor de sílica versus concentrações da mesma, não ultrapassa os valores aconselhados;
- Na prespetiva normativa, foram ultrapassados os VLE de $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$.

Assim, nestes Postos de Trabalho terão que ser tomadas medidas preventivas no sentido da melhoria das condições de trabalho que no caso do *Roc* com cabine poderá ser uma medida mais generalista do tipo Organizacional ou de controlo administrativo, reduzindo o número de horas de exposição, mas que no caso do *Roc* sem cabine, terão que ser mais a nível das medidas construtivas, isto é atuação sobre a fonte criando uma cabine ou encapsulando a área de trabalho do operador ou atuação sobre as vias de propagação ou como última alternativa a utilização de máscaras individual por parte do operador (EPI). O que fica evidenciado em termos de relação entre os vários parâmetros avaliados (PR, PT e SiO_2) é que, a ordem de grandeza da concentração das PR é proporcional à da concentração em SiO_2 , não se conseguindo estabelecer relação com a concentração de PT.

6.1.2 Relação entre as Variáveis Ruído vs Vibração nos *Rocs*

A Figura 93, permite verificar que se concretizaram os objetivos específicos propostos para este trabalho. De entre eles salienta-se a deteção de padrões de comportamento dos parâmetros ocupacionais (VCI e ruído) em *Rocs* de perfuração e simultaneamente distinguir, pela análise dos parâmetros medidos, de que equipamento se trata.

Também é possível pela análise dos valores obtidos neste equipamentos, associar padrões de comportamento de VCI e de ruído a cada uma das fases do processo produtivo, verificando-se que a tarefa de Movimentação/posicionamento no equipamento mais recente e avançado tecnologicamente é a mais crítica ao contrário do equipamento mais antigo.

6.2 Carga em Desmonte: Pás Carregadoras Giratórias

6.2.1 Produção de poeiras nas atividade das Pás Giratórias

Na Tabela 83, onde se apresenta um resumo para os Postos de trabalho – Pás Giratórias em termos de concentrações médias em PR, PT e SiO₂, pode-se concluir:

- Os valores encontrados para as PR encontram-se abaixo do valor normalizado de 3 mg.m⁻³ para PSOC;
- Os valores encontrados para as PT encontram-se abaixo do valor normalizado de 10 mg.m⁻³ para PSOC;
- Relativamente aos valores da concentração média de Sílica, quando vistos na perspectiva legal a relação teor de sílica versus concentrações da mesma, não ultrapassa os valores aconselhados;
- Na perspectiva normativa, o VLE foi ligeiramente ultrapassado.

Consequência desta situação, estes Postos de Trabalho terão que ser vigiados para, em caso de estes valores serem ultrapassados com frequência serem tomadas medidas preventivas no sentido da melhoria das condições de trabalho.

6.2.2 Ruído vs Vibração nas Pás Carregadoras Giratórias

O ciclo de trabalho da Pá Carregadora Giratória é muito irregular e aleatório, originando um gráfico com um comportamento difícil de decifrar, que reporta as características das tarefas deste Posto de Trabalho que está muito dependente do material que está a carregar, da posição em que este se encontra, da arrumação prévia, do tipo de desmonte que está previsto, da facilidade de carga, entre outros fatores inerentes ao diagrama de fogo e às próprias exigências do cliente final.

6.3 Redução de Granulometria em Desmonte: Pá Escavadora Giratória

6.3.1 Produção de poeiras nas atividades das Pás com martelo hidráulico

A Tabela 90, na qual se apresenta um resumo para o Posto de trabalho – Pá Giratória com martelo Hidráulico em termos de concentrações médias em PR, PT e SiO₂, permite retirar as seguintes conclusões:

- Os valores encontrados para as PR encontram-se abaixo do valor normalizado de 3 mg.m⁻³ para PSOC;
- Os valores encontrados para as PT encontram-se abaixo do valor normalizado de 10 mg.m⁻³ para PSOC;

- Relativamente aos valores da concentração média de Sílica, quando vistos na perspectiva legal a relação teor de sílica versus concentrações da mesma, não ultrapassa os valores aconselhados;
- Na perspectiva normativa, o VLE não foi ultrapassado.

O trabalhador que ocupa este Posto de Trabalho não se encontra exposto ao risco de exposição a Poeiras de qualquer tipo.

6.3.2 Ruído vs Vibração na Pá Escavadora Giratória com martelo hidráulico

Da análise da Figura 95, verifica-se que o comportamento das curvas em cada gráfico varia de uma forma muito semelhante, onde são especialmente perceptíveis os períodos correspondentes à Tarefa de Espera/Seleção de blocos. Nesta tarefa, quer para o ruído, quer para as VCI os valores obtidos são os mais baixos. Em contrapartida à operação de Taqueio correspondem, em simultâneo nos dois gráficos, os valores mais elevados. No que se refere aos objetivos específicos estabelecidos nesta tese, de deteção de padrões de comportamento dos parâmetros ocupacionais (VCI e ruído) em Pás Escavadoras Giratórias com martelo hidráulico e distinguir, pela análise dos parâmetros medidos, de que equipamento se trata, este, está cumprido, como se pode verificar através da análise da Figura 95, que caracteriza de modo exclusivo e inequivocamente este equipamento a desenvolver esta atividade e com estas tarefas.

No que respeita a VCI, este Posto de trabalho, não ultrapassa o VA nem o VLE.

Quanto ao Ruído, é a Tarefa de Taqueio a responsável pelos valores mais elevados (tal como nas VCI é também a responsável pelos valores mais elevados quer a nível de valores RMS como de A(8)) e como esta tarefa é a de maior duração, nas 8 horas de trabalho diário, é esta tarefa a grande responsável pelo valor do parâmetro $L_{EX, 8h} = 80,8 \text{ dB(A)}$, indicador legal que se encontra ligeiramente acima do VAI, havendo necessidade da tomada de medidas prevista no (DL182, 2006). Relativamente aos valores de $L_{Cpico \text{ máx}}$, em nenhuma das situações são ultrapassados os VAI.

6.4 Transporte: *Dumpers*

6.4.1 Produção de poeiras nas operações de transposte por *dumper*

Na Tabela 108, onde se apresenta um resumo para os Postos de trabalho – *Dumpers* em termos de concentrações médias em PR, PT e SiO_2 , permite-nos concluir:

- Os valores encontrados para as PR encontram-se abaixo do valor normalizado de 3 mg.m^{-3} para PSOC;
- Os valores encontrados para as PT encontram-se abaixo do valor normalizado de 10 mg.m^{-3} para PSOC;

- Relativamente aos valores da concentração média de Sílica, quando vistos na perspetiva legal a relação teor de sílica versus concentrações da mesma, não ultrapassa os valores aconselhados;
- Na perspetiva normativa, o VLE, num dos postos de trabalho não foi ultrapassado e no outro, foi ligeiramente ultrapassado.

Consequência desta situação, o Posto de Trabalho *Dumper* VOLVO A35D terá que ser vigiado para em caso de estes valores serem ultrapassados com frequência serem tomadas medidas preventivas no sentido da melhoria das condições de trabalho.

6.4.2 Ruído vs Vibração nos *Dumpers*

Relativamente ao fenómeno Ruído, verifica-se que é na Tarefa de Transporte Carregado que se obtiveram os valores mais elevados, seguida da Tarefa de Transporte Vazio. Numa análise do Posto de trabalho do ponto de vista legal, não são ultrapassados valores de ação nem valores limite para nenhum dos indicadores legais, o que faz com que os operadores deste equipamento não estejam expostos ao risco físico Ruído.

6.5 Carga em Zona de *Stock*: Pás Carregadoras

6.5.1 Produção de poeiras em operações de movimentação de materiais por pá carregadora

A Tabela 121, apresenta um resumo para os Postos de trabalho – Pás Carregadoras em Zona de *Stock* em termos de concentrações médias em PR, PT e SiO₂, de onde se pode concluir:

- Os valores encontrados para as PR encontram-se abaixo do valor normalizado de 3 mg.m⁻³ para PSOC;
- Os valores encontrados para as PT encontram-se abaixo do valor normalizado de 10 mg.m⁻³ para PSOC;
- Relativamente aos valores da concentração média de Sílica, quando vistos na perspetiva legal a relação teor de sílica *versus* concentrações da mesma, não ultrapassa os valores aconselhados;
- Na perspetiva normativa, o VLE, em dois dos postos de trabalho não foi ultrapassado e no outro, foi ultrapassado.

Consequência desta situação, neste último Posto de Trabalho, Pá Carregadora VOLVO L150E, devem ser tomadas medidas preventivas imediatas, no sentido da melhoria das condições de trabalho. Neste posto de trabalho o manobrador encontra-se exposto ao risco de exposição a poeiras no local de trabalho. Uma das medidas a tomar poderá passar pela modificação do processo produtivo relativamente ao modo como é feita a receção da guia com a instrução de qual o tipo de material a carregar. O procedimento que existe de momento

e que foi monitorizado, implica a permanente abertura da porta/janela da cabine, com a inerente entrada de poeiras em suspensão no ar do local onde a Pá se encontrava a circular, que ficavam em suspensão dentro da cabine. Este procedimento poderá ser alterado para um outro, que não implique a abertura da porta/janela, evitando assim a entrada de poeiras e, em simultâneo melhore a eficiência do processo.

6.5.2 Ruído vs Vibração nas Pás Carregadoras em Zona de *Stock*

A observação da Figura 97 permite a análise da relação entre o comportamento das VCI e do Ruído no desenvolvimento da atividade das Pás Carregadoras em zona de *Stocks*. Verifica-se que os valores mais baixos das acelerações, correspondem também aos valores mais baixos de ruído e que acontecem durante a Tarefa de Percurso entre *Stocks*.

6.6 Quadros Resumo

Na Tabela 147 encontra-se um Quadro que resume a exposição ao risco de VCI, ao Ruído e a PR contendo Sílica Cristalina, nos Postos de trabalho avaliados em termos de limites legais, da ultrapassagem de valores de ação (VA) ou valores limite de exposição (VLE).

Tabela 147 - Quadro resumo de Exposição a VCI, Ruído e PR com SiO₂.

EXPOSIÇÃO		POSTOS DE TRABALHO							
		ROCS		PÁS CARREGADORAS GIRATÓRIAS			DUMPERS		PÁS CARREGADORAS ZONA STOCK
		ATLAS COPCO D7	ATLAS COPCO 742HC01	CAT 374D	HITACHI ZX520	Com martelo hidráulico CAT 325 BLH	TEREX TR45	VOLVO A35D	CAT 966H VOLVO L120F
VCI	< VA	X	X		X	X			
	≥ VA			X			X	X	
	≥ VLE								X
Ruído	< VAI	X		X			X	X	X
	≥ VAI e < VAS				X	X			
	≥ VAS e < VLE								
	≥ VLE		X						
PR com SiO ₂	>0,025 mg.m ⁻³	X	X	X					

Na Tabela 148, contem o resumo das relações que se encontraram entre os parâmetros avaliados.

Tabela 148 - Quadro resumo da Relação entre os parâmetros avaliados.

Relação entre os Parâmetro VCI e Ruído	POSTOS DE TRABALHO								
	ROCS		PÁS CARREGADORAS GIRATÓRIAS			DUMPERS		PÁS CARREGADORAS ZONA STOCK	
	ATLAS COPCO D7	ATLAS COPCO 742HC01	CAT 374D	HITACHI ZX520	Com martelo hidráulico CAT 325 BLH	TEREX TR45	VOLVO A35D	CAT 966H	VOLVO L120F
Relação de simultaneidade / Comportamento padronizado dos fenômenos	X		X		X	X		X	
Tarefa mais crítica	Movimentação	Furação.	Desmonte /Arrumação		Taqueio	Transporte Carregado		Carga	

7 MEDIDAS PREVENTIVAS

7.1.1 Medidas de minimização para VCI

As medidas preventivas ou de minimização devem ser priorizadas mediante os níveis de exposição a VCI encontrados em cada posto de trabalho, tomando sempre em consideração as tarefas mais críticas.

Para controlar as vibrações existem fundamentalmente três tipos de medidas a que recorrer: Medidas organizacionais (Controlo Administrativo), Construtivas (Atuação sobre a Fonte e Atuação sobre as vias de propagação) e de Proteção individual (Atuação sobre o recetor). Tal como já previamente foi revisto na pesquisa bibliográfica (vidé Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17), enumeram-se aqui algumas medidas de aplicação concreta às situações que requerem esse apoio.

Medidas Organizacionais (medidas organizacionais que essencialmente visam a organização das tarefas no sentido de reduzir o tempo de exposição às vibrações):

- Organizar o trabalho, reduzindo o tempo de exposição às vibrações;
- Introduzir pausas pelo menos de 10 minutos a cada hora de exposição a vibrações.

Medidas Construtivas

Atuação sobre a Fonte

O método de controlo das vibrações mais eficaz é, sem dúvida aquele que implica a atuação sobre a fonte produtora. O amortecimento e isolamento das vibrações são dois métodos diferentes, utilizados em engenharia para minimizar as vibrações. A utilização de materiais que amortecem a vibração depende da geometria física da superfície vibrante. Algumas das medidas possíveis a aplicar nas situações encontradas são:

- Instalar, nos veículos estudados, bancos com suspensão óleo-pneumática para amortecer os impactos devidos ao funcionamento sobre rastos ou rodas, conforme o caso, e assim diminuir as vibrações transmitidas ao corpo do condutor.
- Efetuar uma manutenção periódica dos equipamentos, quer substituindo as peças gastas, quer fazendo apertos, alinhamentos ou ajustes para reduzir a emissão de vibrações; Para a boa conservação destes veículos pesados é essencial a manutenção dos mesmos (Moraes, Silva, Moraes, Nara, & Honnenmacher, 2006), (Barregard, Ehrenström, & Marcus, 2003) e uma boa gestão das medidas construtivas de forma a atuar sobre a fonte e sobre as vias de propagação da vibração que afeta os operadores das máquinas e veículos.

Atuação sobre as vias de propagação

- Suprimir, o meio transmissor da vibração através da colocação do trabalhador numa cabine com pavimento sobrelevado;

Medidas de Proteção Individual

Sempre que seja inviável a adoção de medidas organizacionais e medidas construtivas, ou enquanto não for possível adaptá-las, teremos de atuar sobre o recetor. No caso de estarmos a atuar em VMB, teríamos de utilizar, luvas anti vibração, mas no caso concreto em que pretendemos atuar nas VCI, este tipo de medidas são tomadas ao mesmo tempo que as medidas Organizacionais e Construtivas.

Tomando como base de conclusão a Tabela 147, verifica-se que apenas os *dumpers* e a Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 excedem o valor de ação de exposição (VA), o que sugere que seria, só nestes postos de trabalho, como já foi referido, necessário a tomada de medidas preventivas adequadas. Sendo, para o caso dos *Dumpers* as Tarefas de transporte aquelas que mais expõem o trabalhador ao risco das VCI, será então de sugerir uma adequada e regular manutenção dos caminhos dentro da pedreira. Isso, passaria pela regularização do terreno, através do enchimento dos buracos com agregados britados do tipo balastro, que inclusivamente é matéria-prima produzida na própria empresa, seguido de alisamento do pavimento, mais uma vez com o recurso a máquinas da própria empresa se possível, o que tornaria todo este processo pouco dispendioso. Em dias de chuva seria recomendável, uma atenção redobrada, uma vez que a chuva causa mais danos ao pavimento. De salientar que durante a estadia na empresa para a recolha de dados, verificamos que alguns destes procedimentos já eram praticados, no entanto não com a regularidade e grau de exigência necessária.

Relativamente à exposição a VCI a que se encontram sujeitos os condutores da Pá Carregadora Giratória HITACHI ZX520 é a Tarefa de Desmonte /Arrumação que mais contribui para que estes valores ultrapassem o VA. Esta tarefa tal como pode ser visualizado na Tabela 72, tem uma duração de 60% do dia de trabalho e é onde são encontrados os valores mais elevados. Para esta situação em concreto, só a tomada de algumas das medidas organizacionais acima propostas, assim como a substituição do banco da Pá Carregadora por um com característica que permitissem amortecer/eliminar a transmissão das vibrações.

Para que estas medidas resultem de um modo mais definitivo e duradouro, nunca será em demasia a informação fornecida aos trabalhadores assim como o incentivo à formação dos mesmos no âmbito da higiene e segurança no trabalho, salientando hábitos de trabalho que minimizem a sua exposição a VCI, como seja a correta regulação do banco e do assento do seu veículo no início do seu turno de trabalho (Kittusamy & Buchholz, 2004).

7.1.2 Medidas de minimização para Ruído

Tal como em qualquer área em que exista exposição a um agente que implique a saúde do trabalhador, também no que se refere à exposição dos trabalhadores ao ruído, a participação dos trabalhadores na discussão das medidas de controlo e de minimização do ruído é

importante, não apenas por razões de natureza democrática, mas porque eles podem desempenhar papel determinante na identificação dos problemas que os afetam diretamente e consequentemente nas soluções para as suas atividades diárias.

De modo a reduzir o ruído, não é demais lembrar que o som se propaga no ar e nos sólidos sob forma de vibração e que a maior parte das fontes sonoras produzem simultaneamente ruídos aéreos e ruídos transmitidos por vibrações de sólidos. As medidas a adotar e a sua viabilidade técnica de redução do ruído devem ser procurada de um modo contínuo, pois o ruído tem múltiplas causas e todas elas têm que ser estudadas e tratadas de modo específico. Alguns dos meios de controlar de controlar o ruído produzido pela atividade laboral será intervindo a diferentes níveis:

Intervenção na fonte emissora, através:

1. Eliminação ou substituição com veículos mais modernos e por inerência mais silenciosos;
2. Modificação do ritmo de funcionamento do veículo;
3. Aumento da distância e redução da concentração de veículos.

Intervenção sobre a propagação do ruído, através:

- a) Utilização de suportes anti vibrantes;
- b) Barreiras acústicas;
- c) Colocação de silenciadores;

Intervenção sobre o trabalhador, através:

- d) Isolamento em cabine silenciosa;
- e) Redução do tempo de exposição;
- f) Utilização de equipamentos de proteção individual.

As medidas de minimização do ruído podem ainda ser aplicadas de várias maneiras, em função do objetivo a atingir e das suas características, respetivamente:

- - Técnicas - relacionadas com os equipamentos utilizados e/ou com as técnicas utilizadas nas operações associadas à laboração da pedreira (por exemplo: utilização de equipamentos que cumpram legislação europeia relativa à emissão de ruído dentro das cabines);
- - Acústicas - ligadas aos meios acústicos, para terceiros/exterior, tais como barreiras acústicas (por exemplo: cortinas arbóreas, cortinas criadas com o próprio aterro);
- - Medidas Organizacionais - relacionadas com a localização espacial e temporal de meios e com a organização da área de intervenção (por exemplo: evitar a concentração de operações ruidosas);
- - Medidas Gerais - associadas à sensibilização, formação e informação dos trabalhadores relativamente ao ruído ocupacional.

No entanto as medidas anteriores, podem ser consideradas medidas de ordem geral, existindo medidas específicas que podem ser implementadas para minimizar o ruído de determinada

operação onde seja detetada essa necessidade. Assim na Tabela 149 apresentam-se algumas medidas de minimização do ruído nas principais operações associadas à laboração das pedreiras a céu aberto (adaptado de (Ferreira & Guerreiro, 2010)).

Tabela 149 - Principais medidas de minimização do ruído das operações associadas à laboração de pedreiras.

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO		OPERAÇÃO
Utilizar equipamentos modernos equipados com silenciadores.	PERFURAÇÃO	
Usar sistemas hidráulicos de perfuração em detrimento dos sistemas pneumáticos.		
Recorrer a operador de perfuradora com formação adequada e sensibilizado para o ruído.		
Evitar efetuar a operação de perfuração junto de outras operações ruidosas (por ex. operação com Pá Giratória equipada com martelo hidráulico).		
Utilizar equipamentos modernos equipados com silenciadores (pás carregadoras, escavadoras giratórias e <i>dumpers</i>).	CARGA E TRANSPORTE	
Gerir a operação de modo a minimizar a concentração de equipamentos no local de remoção.		
Blindar as unidades de britagem, de lavagem, entre outras, nomeadamente os crivos, as zonas de queda dos materiais e os motores de acionamento dos tapetes transportadores ou outros.	BRITAGEM	
Equipar as zonas de queda dos materiais (tremilhas) com materiais absorventes de ruído (telas de borracha).		

Adaptado de (Ferreira & Guerreiro, 2010)

7.1.3 Medidas de minimização para Poeiras

De modo a possibilitar a redução da concentração de sílica nos diferentes postos de trabalho avaliados a entidade empregadora terá que fazer uma análise pormenorizada de cada um destes postos de trabalho em particular e tomar medidas específicas, de forma a reduzir o risco exposição destes trabalhadores. Nesse sentido, a prevenção tem um papel fundamental, atuando primordialmente através do controlo na fonte de poluição, com a alteração do processo produtivo, uso de diferentes equipamentos; ou na minimização da dispersão das poeiras, através por exemplo de encapsulamento dos *stocks* a céu aberto a), substituindo-os por silos fechados, conforme alguns autores também aconselham (Petavratzi, Kingman, & Lowndes, 2005) b), conforme a Figura 107, encapsulando as telas de transporte nos circuitos de Britagem, melhorando a ventilação dos locais, usando estruturas de proteção que reduzam a exposição às condições meteorológicas, utilização periódica de meios de distribuição de água nos diferentes caminhos da pedra, como já era habitual ser feita, conforme a Figura 108, mas com maior incidência em períodos quentes e secos.



Figura 107 - Diferentes tipo de *stockagem* de agregados.



Figura 108 - Rega dos caminhos da Pedreira.

Também nos principais pontos de colocação de poeiras em suspensão, como é o caso da zona de descarga dos *dumpers* no britador primário, conforme Figura 109 é aconselhável manter sempre em funcionamento os aspersores de água ligados de modo a não deixar que as poeiras se levantem e fiquem em suspensão, tal como aconselhado por alguns autores (Colinet, 2005).



Figura 109 - Aspersores de água na torva do Britador primário.

Caso a aplicação destas medidas não permita reduzir a concentração de poeiras para os valores pretendidos, dever-se-á recorrer ao uso de equipamento de proteção individual (EPI) – máscaras próprias.

8 PERSPETIVAS FUTURAS

8.1 Diferentes vias de transmissão de VCI

Perante o que foi possível concluir com as avaliações feitas pela via de transmissão pela superfície do assento, ou seja a via legal, não seria de todo conveniente limitar as medições a esta via de transmissão da vibração. O desenvolvimento de novos estudos com a caracterização das outras vias de transmissão da vibração pelo encosto do assento e pelos pés podem abrir portas a novos desenvolvimentos sobre o seu efeito na saúde humana.

O mesmo argumento se aplica ao tratamento dos valores do indicador Pico máximo. Este parâmetro não se encontra legislado para a aplicação de VA e VLE ao risco físico da exposição a VCI. Porém, quando pensada esta temática numa perspetiva holística, este deve ser tratado como um indicador, uma vez que pode interferir com a saúde do trabalhador, e/ou afetar o conforto do posto de trabalho. Qualquer parâmetro, quando aplicado numa abordagem de exposição diária a vibrações, e devido à sua variável temporal, isto é a ponderação nas horas de trabalho real, relativamente às 8 horas de trabalho diárias, dilui os picos sentidos, podendo passar despercebido o seu efeito real. A investigação e o estudo deste parâmetro pode levar a desenvolvimentos que permitam, em fase de revisão da legislação, vir a incluir limites para este parâmetro.

8.2 Análise no domínio das frequências de dados de VCI

Análise no domínio das frequências via transformada de Fourier.

Esta abordagem deverá permitir uma melhor identificação de algumas características do sinal dificilmente possível no domínio do tempo. Para isso, propomos não só a utilização mais convencional da transformada de Fourier mas também da sua utilização em espectrogramas, conciliando no mesmo gráfico o domínio do tempo e das frequências. De seguida apresentam-se alguns gráficos obtidos numa análise preliminar exploratória, ilustrativos do tipo de resultados que poderão ser de futuro utilizados.

Na Figura 111, apresenta-se um espectrograma representativo de uma monitorização de VCI que representa uma sequência de três ciclos de trabalho do *Roc* de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013. Este tipo de análise gráfica permite revelar pormenores que não foi possível através da análise gráfica feita com o auxílio do software do equipamento revelar, evidenciando comportamentos padrão confirmados pela Ficha de campo de recolha de dados (ANEXO I) registada no próprio dia, conforme Tabela 150.

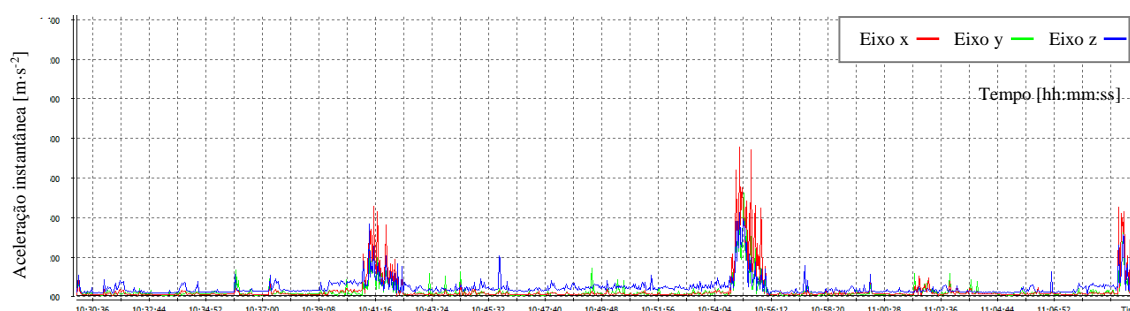


Figura 110 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo correspondente à monitorização de VCI de uma sequência de três ciclos de trabalho do Roc de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013.

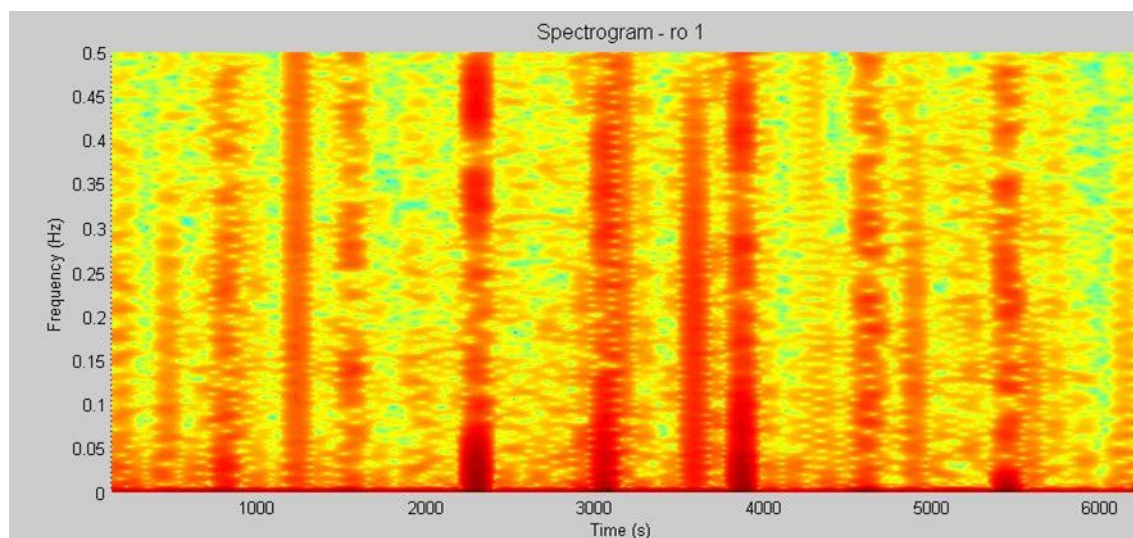


Figura 111 - Espectrograma representativo da monitorização de VCI de uma sequência de três ciclos de trabalho do Roc de perfuração ATLAS COPCO D7 no dia 18/04/2013.

Tabela 150 - Excerto da Ficha de campo de recolha de dados (ANEXO I) do dia 18/04/2013.

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO (minutos)						
Registo #1						
Furos	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Tarefas:						
Furação	0:00	11:44	22:39	35:00	46:31	1:00:08
Introdução da 1.ª vara	1:57	12:58	24:17	36:49	48:45	1:02:24
Furação	2:28	13:28	24:42	37:17	49:35	1:02:38
Introdução da 2.ª vara	5:12	15:50	26:52	39:26 (2366 s)	52:20 (3140 s)	1:04:48 (3888 s)
Furação	5:27	16:05	27:08	39:40	52:37	1:05:04
Introdução da 3.ª vara	8:14	18:48	30:13	42:36	55:14	1:07:55
Furação	8:29	19:00	30:26	42:50	55:27	1:08:10
Introdução da 4.ª vara	9:27	20:13	31:54	44:07	56:43	1:09:38
Movimentação/ posicionamento do roc	11:02	21:41	31:22	45:36	59:10	1:11:05
Fim de ciclo	11:44	22:39	35:00	46:31	1:00:08	1:12:06
Observações 31:22 Manobra mais longa; 45:36 Com a porta aberta; 49:00 aos 49:30 Saiu da cabine para verificar o furo; 58:30 aos 59:00 Saiu da cabine para verificar o furo; 1:25:00 Com a porta aberta; 1:37:00 Com a porta aberta; No período de amostragem, os trabalhos do roc de perfuração desenvolveram-se numa zona próxima dos trabalhos do dumper e da pá carregadora giratória.						

Estes gráficos analisam dinamicamente a densidade espectral de energia. Os valores são indicados no plano, tendo no eixo dos x - tempo, e no eixo dos y - frequência. A forma como se apresentou este espectrograma é planar, com diferentes cores a indicar a intensidade da densidade espectral de energia, variando do violeta ao vermelho do espectro visível, sendo que, quanto mais “quente” for a cor, maior a intensidade.

A análise que é possível fazer da Figura 111, com o apoio da Tabela 150, é que em cada furo executado (exemplos #4, #5 e #6) a introdução e passagem da 2ª vara equivale a momentos de grande energia (na escala dos tempos #4 - 2366 s, #5 - 3140 s #6 - 3888 s), o que em termos de processo produtivo terá que ser explorado para verificar o que se passa na estratigrafia do maciço, ao nível da altura da bancada equivalente à altura da passagem da 2ª vara.

Exemplo do *Dumper* TEREX TR45

Na Figura 113, apresenta-se um espectrograma representativo da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de um ciclo de trabalho no dia 13/06/2013. Este tipo de análise gráfica permite evidenciar e confirmar os comportamentos padrão também confirmados pela Ficha de campo de recolha de dados (ANEXO II) registada no próprio dia, conforme Tabela 151.

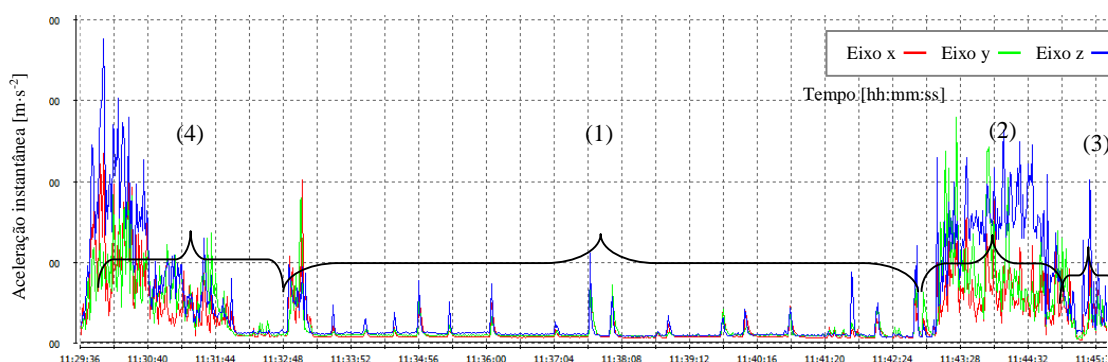


Figura 112 - Projeção da aceleração instantânea em função do tempo, da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de um ciclo de trabalho, em que (1) significa Tarefa de Carga, (2) Tarefa de Transporte Carregado, (3) Descarga e (4) Transporte Vazio .

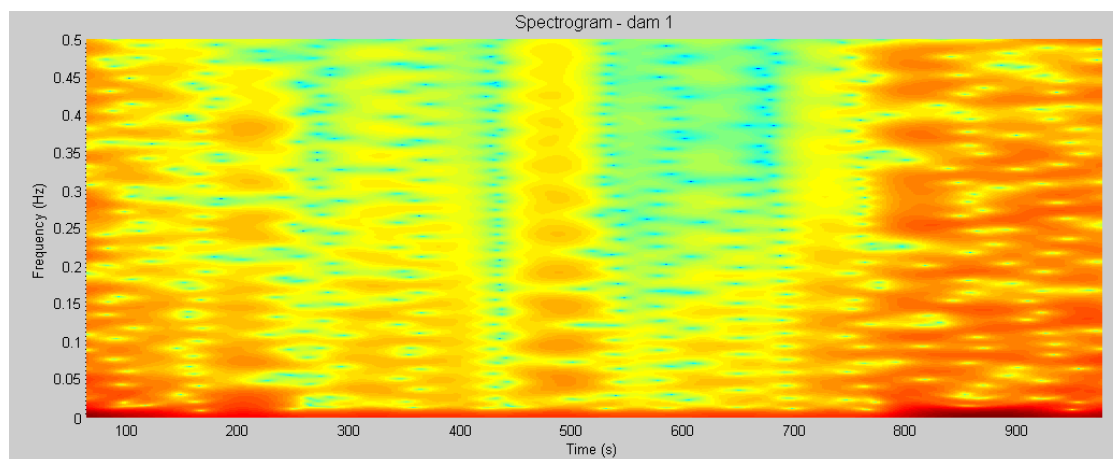


Figura 113 - Espectrograma representativo da monitorização de VCI do *Dumper* TEREX TR45 de um ciclo de trabalho.

No espectrograma da Figura 113, é visível a semelhança com a Figura 112, podendo através do espectrograma e pela própria intensidade da cor verificar-se rapidamente de que tarefa se trata dentro da atividade diária do *Dumper*.

Tabela 151 - Excerto da Ficha de campo de recolha de dados (ANEXO II) do dia 13/06/2013.

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO (minutos)						
Registo #3						
	#9	#10				
Tarefas:		11:32				
Carga do <i>dumper</i>		11:43				
Ida (carregado)		11:45				
Descarga		11:46				
Regresso (descarregado)	11:29	---				
Fim de ciclo	11:32					
Número de baldes carregados	17					
Carregado por	Giratória pequena	Giratória pequena				

9 BIBLIOGRAFIA

- (CDC), C. f. (2005). Silicosis mortality, prevention, and control--United States, 1968-2002.
- Abú- Shams, K., Fanlo, P., & Lorente, M. P. (2005). Silicosis. *An. Sist. Sanit. Navar.*, 28 (Supl. 1): 83-89.
- ACT. (2014). *Estatística de Acidentes de Trabalho*. Obtido de Autoridade das Condições de Trabalho: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx)
- Akbar-Khanzadeh, F., & Brillhart, R. (2002). Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. *46, 3*, 341-346. *Ann Occup Hyg*.
- Aneja, V. P., Isherwood, A., & Morgan, P. (2012). Characterization of particulate matter (PM10) related to surface coal mining operations in Appalachia. *Atmospheric Environment*, 54: 496-501.
- Arezes, P., & Miguel, A. (Janeiro/Junho de 2002). A exposição ocupacional ao ruído em Portugal. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 20.
- Arezes, P., Braga, C., Centeno, C., Cordeiro, P., Costa, N., Melo, R., & Miguel, A. S. (2011). *Exposição ocupacional a ruído e vibrações na construção civil*. Lisboa: ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho.
- Aye, S. A., & Heyns, P. S. (2011). The evaluation of whole-body vibration in a South African opencast mine. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 111, 751-757.
- Bahrami, A., Golbabai, F., M. H., Qorbani, F., Aliabadi, M., & Barqi, M. (2008). Determination of exposure to respirable quartz in the stone crushing units at Azendarian-West of Iran. *46, 4*, 404-408. *Ind Health*.
- Barregard, L., Ehrenström, L., & Marcus, K. (2003). Hand-arm vibration syndrome in Swedish car mechanics. *Occupational Environmental Medicine*, 287-294.
- Bauer, E. R., & Babich, D. (2004). *Administrative controls for reducing worker noise exposures*.
- Bauer, E., Daniel, R. B., & Vipperman, J. (2006). *Equipment noise and worker exposure in the coal mining industry*. Public Health Service, Department of Health and Human Services. NIOSH - Centers for Disease Control and Prevention.
- Benzécri, J. P., & et al. (1973). *L'Analyse des Données*. Paris: Dunod.
- Bovenzi, M., Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S., . . . Stacchini, N. (2006). An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *Journal of Sound and Vibration*, 514-539.

-
- Brown, T. (2009). Silica exposure, smoking, silicosis and lung cancer—complex interactions. *Occupational Medicine*, 59:89–95.
- Burger, N., von Wielligh, A. J., & Wet, P. (August de 2004). Design and development of a low noise rockdrill. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, pp. 403-410.
- Calvert, G. M., Steenland, K., & Palu, S. (1997). End-stage renal disease among silica exposed gold miners a new method for assessing incidence among epidemiologic cohorts. *JAMA*, 277, pp. 1219-1223.
- Campos, A., & Matos, M. L. (2013). Dust Exposure in a Quarry. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 41-43.
- Cann, A. P., Salmoni, A. W., & 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*, 999–1005.
- Cantarino, S., & Inglês, F. (2008). Exposição de trabalhadores a vibrações mecânicas no sector da madeira e do mobiliário e no sector têxtil e do vestuário. *Acústica 2008*, (pp. 1-12). Coimbra.
- Cattle, S. R., Hemi, K., Pearson, G. L., & Sanderson, T. (2012). Distinguishing and characterising point-source mining dust and diffuse-source dust deposits in a semi-arid district of eastern Australia. *Aeolian Research*, 6: 21-29.
- Checkoway, H. (1995). Methodological consideration relevant to eoidemiology studies of silica and Lung cancer. *Applied Occupational Environment Hygiene*, 10, pp. 1049-1055.
- Cinar, I., & Sensogut, C. (2013). Evaluation of Noise Measurements Performed in Mining Sites for Environmental Aspects. *Spring*, 383-386.
- Coggins, M. A., Lente, E. V., & Mccallig, M. (2010). Evaluation of Hand-Arm and Whole-Body Vibrations in Construction and Property Management. (O. U. Press, Ed.) *Ann. Occup. Hyg*, 904-914.
- Cohen, A. (1976). Industrial noise and medical absence and accidente record data on exposed workers. pp. 441-453.
- Colinet, J. F. (2005). Effective control of respirable dust in underground coal mines in the United States. *Australian Institute of Mining and Metallurgy Publication*, 129-134.
- Costa, N. (2012). *A influência da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro em veículos no desempenho cognitivo e visual dos trabalhadores*. Guimarães: Universidade do Minho.
- Costa, N. A. (2006). Avaliação dos Níveis Vibracionais em Empilhadores Industriais. *Livro de Procedings do Congresso Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 159-167.
-

- Costa, S., & Arezes, P. (2012). A retrospective reflection/investigation on occupational noise exposure. In *Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*, pp. 161-162.
- Csaba, S., & Stoica, L. (1999). Correlation between vibration induced white finger and hearing loss in Miners. *Journal of Occupational Health*, 41, pp. 232-237.
- Dasgupta, A. K., & Harrison, J. (1996). Effects of vibration on the hand-arm system of miners in hand-arm system of miners in India. *Occup. Med.*, 71-78.
- Davies, H., Teschke, K., Kennedy, S. M., & Hodgson, M. R. (January de 2009). Occupational Noise Exposure and Hearing Protector Use in Canadian Lumber Mills. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 6: 32-41, 6, pp. 32-41.
- Demircigil, G. (2010). Increased micronucleus frequencies in surrogate and target cells from workers exposed to crystalline silica-containing dust. *Mutagenesis*, 25, 163-169. Oxford Journals Life Sciences & Medicine Mutagenesis.
- Dentoni, V., & Massacci, G. (2013). Occupational exposure to whole-body vibration: unfavourable effects due to the use of old earth-moving machinery in mine reclamation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 127-142.
- DGEG. (2013). *Informação Estatística da Indústria Extrativa*. Direção Geral de Energia e Geologia, Lisboa.
- DGEG. (17 de setembro de 2014). Obtido em 2104, de <http://www.dgeg.pt/>
- Dias, B., & Sampson, E. (2005). Hand arm vibration syndrome: health effects and mitigation. *IOHA*, pp. B1- 4.
- Dickey, J. P., Eger, T. R., & Oliver, M. L. (2010). A systematic approach to simulating field-based occupational whole-body vibration exposure in the lab using a 6df robot. *Work*, 15-26.
- Dinis, M. L., Góis, J., Fiúza, A., Carvalho, J. S., & Castro, A. (2012). Particulate matter flux deposition in the vicinity of a coal-fired power plant. *Environmental Science and Technology*, 488-494.
- Diogo, M., Teixeira, G., & Machado, M. (2005). *A Gestão da Prevenção de Riscos Profissionais*. (Vol. II). Edições Universidade Fernando Pessoa.
- DL162. (22 de maio de 1990). Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro. *Diário da República*, 2290 - 2312. Lisboa: Ministério da Indústria e Energia.
- DL182. (6 de setembro de 2006). Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos

-
- trabalhadores aos riscos devidos aos agentes fís. *Diário da República*, 6584 - 6593. Lisboa: Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social.
- DL24. (6 de fevereiro de 2012). Consolida as prescrições mínimas em matéria de protecção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Directiva n.º 2009/161/UE, da Comissão, de 17 de Dezembro de 2009. *Diário da República*, 580 - 589. Lisboa: Ministério da Economia e do Emprego.
- DL270. (6 de outubro de 2001). Aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras, revogando o Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março. *Diário da República*, 6347 - 6367. Lisboa: Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- DL324. (29 de novembro de 1995). Transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas n.os 92/91/CEE, de 3 de Novembro, e 92/104/CEE, de 3 de Dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extractivas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas. *Diário da República*, Ministério do Emprego e da Segurança Social. Lisboa: Ministério do Emprego e da Segurança Social.
- DL340. (12 de outubro de 2007). Altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras). *Diário da República*, 7337 - 7374. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação.
- DL381. (14 de Novembro de 2007). Nomenclatura das Actividades Económicas da Comunidade. 8440-8464. *Diário da República*.
- DL46. (24 de fevereiro de 2006). Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25/06, relativa às prescrições mínimas de protecção da saúde e segurança dos trabalhadores com exposição a riscos devidos a vibrações mecânicas. *Diário da República*, 1531 - 1539. Lisboa: Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social.
- DL90. (16 de março de 1990). Disciplina o regime geral de revelação e aproveitamento dos recursos geológicos. *Diário da República*, 1296 - 1304. Lisboa: Ministério da Indústria e Energia.
- Donaldson, K., & Borm, P. (1998). The quartz hazard: a variable entity. *Annals of Occupational Hygiene*, 42, pp. 287-294.
- Donoghue, A. M. (2004). Occupational health hazards in mining: an overview. *Occupational Medicine*, 283-289.
- DR6/2001. (5 de Maio de 2001). Lista de doenças profissionais. *DIÁRIO DA REPÚBLICA*, I SÉRIE-B, 104, 2613-2638. Lisboa: DIÁRIO DA REPÚBLICA.
- DR76/2007. (17 de Julho de 2007). Lista de Doenças Profissionais. *Diário da República*, 136, I Série, 4499-4543.
-

- Dupuis, H. (1994). Medical and occupational preconditions for vibration-induced spinal disorders: occupational disease no. 2110 in Germany. *Int Arch Occup Environ Health*, 303-308.
- Edwards, A., Dekker, J. J., Franz, R. M., & van Dyk, T. (2011). Profiles of noise exposure levels in South African Mining. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 315-322.
- Eger, T., Stevenson, J. M., Grenier, S., & Boileaud, P. (2011). Influence of vehicle size, haulage capacity and ride control on vibration exposure and predicted health risks for LHD vehicle operators. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, 45-62.
- 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*, 726-738.
- Ehrlich, C., Noll, G., Wusterhausen, E., Kalkoff, W. D., & Lehmann, C. (2012). Respirable Crystalline Silica (RCS) emissions from industrial plants - Results from measurement programmes in Germany. *Atmospheric Environment*, 68:278-285.
- Fernández, M. D., Quintana, S., Chavarría, N., & Ballesteros, J. A. (2009). Noise exposure of workers of the construction sector. *Applied Acoustics*, 70(5), 735-760.
- Ferreira, C. (2011). *Relação entre Variáveis Ocupacionais e do Processo Produtivo – Indústria Extrativa a céu aberto*. (FEUP, Ed.) Porto.
- Ferreira, N., & Guerreiro, H. (2010). O Ruído e a Indústria Extractiva. *Boletim de Minas*, 45, pp. 3-17.
- Frimpong, S., Galecki, G., & Chang, Z. (2011). Dump truck operator vibration control in high-impact shovel loading operations. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 213-225.
- Futatsuka, M., Inaoka, T., Sakurai, T., Moji, K., & Igarashi, T. (1995). Hand-arm vibration in tropical rain forestry workers. *Publications of the Department of Public Health, Kumamoto University School of Medicine - Japan*, 3, p. 90.
- Futatsuka, M., Shono, M., Sakakibara, H., & Quan, P. Q. (2005). Hand arm vibration syndrome among quarry workers in Vietnam. *Journal of the Occupational Health*, 165-170.
- Gallagher, S., & Mayton, A. G. (2007). Back injury control measures for manual lifting and seat design. *Journal of Sound and Vibration*, 41-49.
- Gallais, L., & Griffin, M. J. (2006). Low back pain in car drivers: A review of studies published 1975 to 2005. *Journal of Sound and Vibration*, 499-513.

-
- GEP. (2010). *Estatísticas em síntese – Acidentes de Trabalho 2010*. Obtido de Gabinete de Estratégia e Planeamento: <http://www.gep.msss.gov.pt/estatistica/acidentes/at2010sintese.pdf>
- Godoy, S. M., Mores, P. L., Santa Cruz, A. S., & Scenna, N. J. (2009). Assessment of impact distances for particulate matter dispersion: A stochastic approach. *Reliability Engineering and System Safety*, 94:1658-1665.
- Golbabaie, F., Barghi, M., & Sakhaei, M. (2004). Evaluation of workers' exposure to total, respirable and silica dust and related health symptoms in senjedak stone quarry, Irão. *Industrial Health*, pp. 29-33.
- Gorai, A., & Pal, A. (October de 2006). Noise and its effect on human being - A review. *Journal of Environmental Science & Engg*, 48, pp. 256-260.
- Grandjean, E., & Kroemer, K. (2005). *Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem* (5º ed.). Bookman.
- Griffin, M. J. (2004). Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union: a review. *Occupational Environmental Medicine*, 61, pp. 387-397.
- Guia23. (2014). *Guia de boas práticas de medição de vibrações - Exposição dos trabalhadores às vibrações* (1ª Edição ed.). Lisboa: Relacre.
- 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*, 675-686.
- Hamberg-van Reenena, H. H., & et al. (2008). Does musculoskeletal discomfort at work predict future musculoskeletal pain? *Ergonomics*, 51, pp. 637-648.
- Hamernik, R. P., & Henderson, D. (1976). The potentiation of noise by other ototraumatic agentes. pp. 32-35.
- Harger, M., & Barbosa-Branco, A. (2004). Efeitos auditivos decorrentes da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de marmorarias no distrito federal. *Revista Associação Médica Brasileira*, 50, pp. 396-399.
- Hill, C., Langis, W. J., Petherick, J. E., Campbell, D. M., Haines, T., & Andersen, J. (2001). Assessment of Hand-Arm Vibration Syndrome in a Northern Ontario Base Metal Mine. 88-92.
- Hnizdo, E. (2006). Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of epidemiological and pathological evidence. USA: National Institute for Occupational Safety and Health.
- Howard, B., Sesek, R., & Bloswick, D. (2009). Typical whole body vibration exposure magnitudes encountered in the open pit mining industry. *Work*, 297-303.

- HSE. (2005). *Whole-body vibration-The Control of Vibration at Work*. (H. a. Executive, Ed.) HSE Books.
- IGE143. (2012). Espinho. *Carta Topográfica(Carta Militar escala 1:25.000)*, 5. Lisboa: Instituto Geográfico do Exército.
- IGE144. (2012). Canedo: Santa Maria da Feira. *Carta Topográfica*, 4. (I. G. Exército, Ed.) Lisboa.
- IGE154. (2000). S. João da Madeira. *Carta Topográfica(Carta Militar escala 1:25.000)*, 3. Lisboa: Instituto Geográfico do Exército.
- IGM. (1999). *Regras da boa prática no desmonte a céu aberto*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro - Divisão de Minas e Pedreiras.
- ISO1999. (1990). ISO 1999. *Acoustic - Determination of occupational noise exposure and noise induced hearing impairment*. Geneve: International Organization for Standardization.
- ISO1999a). (1 de Outubro de 2013). Acoustics — Estimation of noise induced hearing loss. *Third edition*, 1-30.
- ISO2631-1. (1997). Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements. *ISO 2631-1*, 2, 1-31.
- ISO2631-1a). (1985). Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Geneva: International Organisation for Standardization.
- ISO2631-5. (2004). Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks. 1-22.
- ISO6394. (2008). Earth-moving machinery - Determination of emission sound pressure level at operator's position - Stationary test conditions. *International Standard*, 3, 1-7.
- ISO6395. (2008). Earth-moving machinery - Determination of sound power level - Dynamic test conditions. *International Standard*, 2, 1-43.
- ISO6396. (2008). Earth-moving machinery - Determination of emission sound pressure level at operator's position - Dynamic test conditions. *International Standard*, 2, 1-8.
- ISO7029. (2000). ISO 7029. *Acoustics. Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age*. Geneve: International Organization for Standardization.
- ISO8041. (2005). Human response to vibration -- Measuring instrumentation. *International Organization for Standardization*, 2, 1-92.
- Jones, T., Morgan, A., & Richards, R. (2003). Primary blasting in a limestone quarry: physicochemical characterization of the dust clouds. *Mineralogical Magazine*, 67, 153-162.

-
- Joy, G., & Middendorf, P. (2007). Noise Exposure and Hearing Conservation in U.S. Coal Mines--A Surveillance Report. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1, pp. 26-35.
- Kittusamy, N. K., & Buchholz, B. (2004). Whole-body vibration and postural stress among operators of construction equipment: A literature review. *Journal of Safety Research*, 255-261.
- kovalchik, P., & Duda, F. T. (2009). A technique for estimating the sound power level radiated by pneumatic rock drills and the evaluation of a CSIR prototype rock drill with engineering noise controls. *NIOSH*, pp. 1-5.
- Kumar, S. (2004). Vibration in operating heavy haul trucks in overburden mining . *Applied Ergonomics*, 509-520.
- Kunimatsu, S., & Pathak, K. (2012). Vibration-Related Disorders Induced by Mining Operations and Standardization of Assessment Process. *Journal of Metrology Society of India*, 241-249.
- L102. (10 de setembro de 2009). Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. *Diário da República*, 6167 - 6192. (A. d. República, Ed.) Lisboa.
- L3. (28 de janeiro de 2014). Procede à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 116/97, de 12 de maio, que transpõe para a ordem jurídica interna a Dire. *Diário da República*, 554 - 591. Lisboa: Assembleia da República.
- L42. (28 de agosto de 2012). Aprova os regimes de acesso e de exercício das profissões de técnico superior de segurança no trabalho e de técnico de segurança no trabalho. *Diário da República*, 4761 - 4766. Lisboa: Assembleia da República.
- Leduc, M., Eger, T., Godwina, A., & Dickey, J. P. (2011). Examination of vibration characteristics, and reported musculoskeletal discomfort for workers exposed to vibration via the feet. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, 197-206.
- Lings, S., & Leboeuf-Yde, C. (2000). Whole-body vibration and low back pain: A systematic, critical review of the epidemiological literature 1992–1999. *Int Arch Occup Environ Health*, 290-297.
- Love, R. G., Miller, B. G., Groat, S. K., Hagen, S., Cowie, H. A., Johnston, P. P., & Hutchison, P. (1997). Respiratory health effects of opencast coalmining:a cross sectional study of current workers. *Occupational and Environmental Medicine* , 416-423.
- Lutman, M. E., Davis, A. C., & Ferguson, M. A. (2008). *Epidemiological evidence for the effectiveness of the noise at work regulations*. Health and Safety Executive.
-

- Maciejewska, A. (2008). Occupational exposure assessment for crystalline silica dust approach in Poland and Worldwide. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(1):1 – 23.
- Madsen, F., & Rose, M. (1995). Review of quartz analytical methodologies: present and future needs. *Applied Occupational Environment Hygiene*, 10, pp. 991-1002.
- Magnusson, M., Pope, M. H., Hulshof, C. T., & Bovenzi, M. (1998). Development of a Protocol for Epidemiological Studies of Whole-Body Vibration and Musculoskeletal Disorders of the Lower Back. *Journal of Sound and Vibration*, 643-651.
- Mandal, B. B., & Srivastava, A. K. (2006). Risk from vibration in Indian mines. *Indian J Occup Environ Med*, 53-57.
- Mandal, B., & Srivastava, A. K. (2010). Musculoskeletal disorders in dumper operators exposed to whole body vibration at Indian mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 233–243.
- Mansfield, N. J. (2004). *Human response to vibration*. CRC Press.
- Matos, L., Santos, P., & Barbosa, F. (2010). As diferentes metodologias de recolha e análise de Poeiras Ocupacionais: Equipamentos e Técnicas. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 570-574.
- Matos, M. L. (2001). Análise da Exposição ao Ruído na Indústria Extractiva face à evolução tecnológica. (Estudos, Notas e Trabalhos), pp. 49-55.
- Matos, M. L., Baptista, J. S., & Diogo, M. T. (2011). Relação entre o ruído e as variáveis do processo produtivo na industria extractiva a céu aberto. *CMLE*, (pp. 1-12). Maputo - Moçambique.
- Matos, M. P. (2007). Exposição Ocupacional ao frio. (Fundacentro, Ed.) 86-98.
- Matos, M., & Ramos, F. (2010). Indústria extrativa: análise de riscos ocupacionais e doenças profissionais. Em C. I. Ocupacionais (Ed.). Guimarães.
- Mayton, A., Amirouche, F., & Jobes, C. C. (2005). Comparison of seat designs for underground mine haulage vehicles using the absorbed power and ISO 2631-1(1985)-based ACGIH threshold limit methods. *International Journal of Heavy Vehicle Systems*, 225-238.
- McDonald, C. (1995). Silica, Silicosis, and Lung Cancer: An Epidemiological Update. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 10, 1056-1063.
- McPhee, B. (2004). Ergonomics in mining. *Occupational Medicine*, 297-303.
- MDHS101. (February de 2005). Crystalline silica in respirable airborne dusts. *MDHS 101*, 1-14.
- MDHS14/3. (February de 2000). General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust. *MDHS 14/3*, 1-12.

-
- Medeiros, A., Pilar, L., & Fernandes, A. P. (1964). Notícia explicativa da folha 13-B, Castelo de Paiva. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*. Lisboa: Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos - Serviços Geológicos de Portugal.
- Meeker, J., Cooper, M., Lefkowitz, D., & Susi, P. (2009). Engineering control technologies to reduce occupational silica exposures in masonry cutting and tuckpointing. *Department of Environmental Health Sciences, University of Michigan School of Public Health*, 124, 1, 101-111. USA: Public Health Reports.
- Miguel, A. S. (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. Porto: Porto Editora.
- Mikolajczyk, U. (2010). Exposure to silica dust in coal-mining. Analysis based on measurements made by industrial hygiene laboratories in Poland, 2001-2005. 61, 3, 287-297. Polónia: MEDYCYNA PRACY.
- Mohapatra, H., & Goswami, S. (May de 2012). Assessment and analysis of noise levels in and around Ib river coalfield, Orissa, India. *Journal of Environmental Biology*, 33, pp. 649-655.
- Moraes, A., Silva, C. M., Moraes, J. A., Nara, E. O., & Honnenmacher, H. (2006). Avaliação ergonomica das vibrações na actividade de operador de empilhadeiras em uma indústria fumageira. (X. SIMPEP, Ed.) p. 10 pag.
- Mukhopadhyay, k., Ramalingam, A., Ramani, R., Dasu, V., Sadasivam, A., Kumar, P., . . . Balakrishnan, K. (2011). Exposure to Respirable Particulates and Silica in and around the Stone Crushing Units in Central and around the Stone Crushing Units in Central. *Industrial Health*, 221-227.
- NEPSI. (2006). European Network for Silica. *Guia de Melhores Práticas para a protecção da saúde dos trabalhadores através do correcto manuseamento e utilização da sílica cristalina e produtos relacionados* .
- NIOSH0500. (15 de August de 1994). Particulates Not Otherwise Regulated, Total. *Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition*, 1-3. USA.
- NIOSH0600. (15 de January de 1998). Particulates Not Otherwise Regulated, Respirable. *Manual of Analytical Methods, Fourth Edition*, 1-6. USA.
- NIOSH7500. (15 de March de 2003). Silica, Crystalline, by XRD (filter redeposition). *NIOSH 7500*, 4, 1-9. Niosh.
- NIOSH7601. (15 de March de 2003). SILICA, CRYSTALLINE, by VIS. *NIOSH 7601(1-6)*, 4.
- NIOSH7602. (15 de August de 1994). Silica, Cristalline by IR. *NIOSH 7602*, 4, 1-5.
- NP1796. (setembro de 2007). Segurança e saúde do Trabalho - Valores limite de exposição profissional a agentes químicos. *Norma portuguesa*, 4, 1-53. Lisboa: IPQ.
- NPEN1540. (2004). Atmosferas dos locais de trabalho. Terminologia. IPQ.
-

- NPENISO5349-1. (dezembro de 2009). Vibrações mecânicas. Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas pelo sistema mão-braço. Parte 1: Requisitos Gerais (ISO 5349-1:2001). *Norma Portuguesa, dezembro 2009*, 1-35. Lisboa: IPQ.
- NPENISO5349-2. (julho de 2014). Vibrações mecânicas. Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas ao sistema mão-braço. Parte 2: Orientações para medições nos locais de trabalho (ISO 5349-2:2002). *Norma Portuguesa*, 15-7-2014, 1-50. Lisboa: IPQ.
- NPENISO9612. (2011). Acústica - Determinação da Exposição ao Ruído Ocupacional. Métodos de Engenharia. *Maio de 2011*, 0-55. IPQ.
- NPISO2631-1. (dezembro de 2007). Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos Gerais. *Norma Portuguesa*. Lisboa: IPQ.
- Nyantumbu, B., Barber, C. M., Ross, M., Curran, A. D., D., F., Dias, B., . . . Phillips, J. I. (2007). Hand–arm vibration syndrome in South African gold miners. *Occupational Medicine*, 25-29.
- Orme, D. (1998). *Hazardous Substances in Quarries*. Mining and Quarrying Occupational Health and Safety Committee.
- OSHA. (2009). *Novos Riscos Emergentes para a Segurança e Saúde no trabalho*. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias.
- OSHAa). (2009). *Combined exposure to noise and ototoxic substances*. European Agency for Safety and Health at Work.
- Pandey, R. K., Thote, N. R., & Singh, T. N. (2011). Development of statistical model for prediction of occupational noise exposure to SDL operators in Indian underground coal mines. *Noise & Vibration in Industry, Volume 26, Number 2*.
- Parks, C., Conrad, K., & Cooper, G. (1999). Occupational exposure to crystalline silica and autoimmune disease. *Environmental Health Perspectives*, 107, 5, 793-802.
- Paschold, H. W., & Mayton, A. G. (APRIL de 2011). Occupational Hazards Peer-Reviewed Whole-Body Vibration Building Awareness in SH&E. *Professional Safety April 2011* www.asse.org, 1-6.
- Penha, R. (1998). *Otorrinolaringologia*. Lisboa.
- Penney, P. J., & Earl, C. E. (November de 2004). Occupational Noise and Effects on Blood Pressure Exploring the Relationship of Hypertension and Noise Exposure in Workers. *AAOHN JOURNAL*, 52, pp. 476-480.
- Pereira, E., Rodrigues, J., Gonçalves, M., Moreira, A., & Silva, A. (2007). Notícia Explicativa da Folha 13-D Oliveira de Azeméis. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50*

000 - 13-D. Lisboa: Departamento de Geologia - Instituto Nacional de Tecnologia e Inovação - Ministério da Economia e da Inovação.

- Peretz, A., Checkoway, H., Kaufman, J., Trajber, I., & Lerman, Y. (2006). Silica, Silicosis, and Lung Cancer. *Israel Medical Association Journal*, VIII, 114-118.
- Petavratzi, E., Kingman, S., & Lowndes, I. (2005). Particulates from mining operations: A review of sources, effects and regulations. *Minerals Engineering*, 18:1183-1199.
- Phillips, J. I., Heyns, P. S., & Nelson, G. (2007). Rock Drills used in South African Mines: a Comparative Study of Noise and Vibration Levels. *Ann. Occup. Hyg.*, 305-310.
- Picard, M., Girard, S. A., Simard, M., Larocque, R. L., & Turcotte, T. (2008). Association of work-related accidents with noise exposure in the workplace and noise-induced hearing loss based on the experience of some 240,000 person-years of observation. *Accident Analysis and Prevention*, 40, pp. 1644-1652.
- Pizarro, S., Gomes, L., Dinis da Gama, C., & Lopes, A. (2005). Aplicação de sistemas ópticos na avaliação granulométrica de granitóides para produção de inertes: o caso da Pedreira de Malaposta (NW de Portugal). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, pp. 57-74.
- Plewa, K. M., Eger, T. R., Oliver, M. L., & Dickey, J. P. (2012). Comparison between ISO 2631-1 Comfort Prediction Equations and Self-Reported Comfort Values during Occupational Exposure to Whole-Body Vehicular Vibration. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, 43-53.
- Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V., & Nunziata, A. (2009). Effects of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the cardiovascular system. *Toxicology*, 261:1-8.
- Portaria198. (4 de abril de 1996). Regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extractivas a céu aberto ou subterrâneas. *Diário da República*, 1437 - 1444. Lisboa: Ministérios da Economia e para a Qualificação e o Emprego.
- Randolph, R. (2004). New approach controls dust at the collector dump point. *Coal Age*, 109, 6, 20-22. (I. P. Corp., Ed.)
- Salmoni, A., Cann, A., & Gillin, K. (2010). Exposure to whole-body vibration and seat transmissibility in a large sample of earth scrapers. *Work*, 63-75.
- Sanderson, W. T., Steenland, K., & Deddens, J. A. (2000). Historical Respirable Quartz Exposures of Industrial Sand Workers: 1946-1996. *American Journal of Industrial Medicine*, 38:389-398.
- Santos, C., Norte, A., Fradinho, F., Catarino, A., Ferreira, A. J., Loureiro, M., & Baganha, M. F. (2010). Silicose – Breve revisão e experiência de um serviço de pneumologia . *Revista Portuguesa de Pneumologia*, XVI (1): 99-115.

- Santos, P., & Campos, C. (2013). Exposição Ocupacional a Ruído e a Substâncias Ototóxicas. *Revista Segurança*, 214, pp. 28-31.
- Scarselli, A., Binazzi, A., & Marinaccio, A. (2008). Occupational Exposure to Crystalline Silica: Estimating the Number of Workers Potentially at High Risk in Italy. *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE*, 51, 941-929.
- Scarselli, A., Binazzi, A., Forastiere, F., Cavariani, F., & Marinaccio, A. (2011). Industry and job-specific mortality after occupational exposure to silica dust. *Occupational Medicine*, 61, 422-429.
- Seidel, H., & Heide, R. (1986). Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature. *Int Arch Occup Environ Health.*, 1-26.
- Sensogut, C. (2007). Occupational Noise in Mines and Its Control - A Case Study. *Polish Journal of Environment Study*, 16(6), 939-942.
- Sensogut, C., & Cinar, I. (2007). An empirical model for the noise propagation in open cast mines - A case study. *Applied Acoustics*, 68, pp. 1026-1035.
- SKC. (2008). Step by step - Guide to air sampling.
- Smets, M. P., Eger, T. R., & Grenier, S. G. (2010). Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: A comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks. *Applied Ergonomics*, 763-770.
- Smith, D., & Leggat, P. (2006). 24 years of pneumoconiosis mortality surveillance in Australia. 48, 5, 309-313. *Austália: J Occup Health.* .
- Soeiro, N. (2011). Vibrações e o Corpo Humano: uma avaliação. *I Workshop de Vibrações e Acústica.*, (pp. 1-10). Tugurui - Belém - Brasil.
- Stolt, P., & Källberg, H. (2004). Silica exposure is associated with increased risk of developing rheumatoid arthritis: results from the Swedish EIRA study. 582-586. Sweden.
- Suter, A. (2002). Construction Noise: Exposure, Effects, and the Potential for Remediation; A Review and Analysis. *AIHA Journal*, 768-789.
- Suzuki, T., & Itoh, S. (1970). Relationship between ambient temperature and white finger attacks. *Journal of Occupational Health*, 12, pp. 189-191.
- Swust, P., Drimmelen, D., & Burdof, A. (1997). Application of design analysis to solution generatio: hand-arm vibrations in foudation pile head removal in the construction industry. *Dafety Science*, 27, pp. 85-98.
- Szanto, C., & Ligia, S. (1999). Correlation between Vibration Induced White Finger and Hearing Loss in Miners. *J Occup Health*, 232-237.

-
- Tamaian, L. (2007). Risk assessment of cardiovascular disturbances in miners exposed to vibration. *Public Health Agency*, 21.
- Teixeira, C., Perdigão, J., & Assunção, T. C. (1962). Notícia explicativa da Folha 13-A, Espinho. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- Teschke, K., Nicol, A., Davies, H., & Ju, S. (1999). Whole Body Vibration and Back Disorders Among Motor Vehicle Drivers and Heavy Equipment Operators A Review of the Scientific Evidence. *Occupational Higiene*, 1Z3.
- Thomas, C. R., & Kelley, T. R. (2010). A brief review of silicosis in the United States. *Environmental Health Insights*, 4, pp. 21-26.
- Torma-Krajewski, T., Wiehagen, W., Etcheverry, A., Turin, F., & Unger, R. (2009). Ergonomics - Using Ergonomics to Enhance Safe Production at a Surface Coal Mine — A Case Study with Powder Crews. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, D55-D62.
- van Niekerk, J. L., Heyns, P. S., & Heyns, M. (2000). Human vibration levels in the South African mining industry. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, 235-242.
- Vanerkar, A. P., Kulkarni, N. P., Zade, P. D., & Kamavisdar, A. S. (2008). Whole body vibration exposure in heavy earth moving machinery operators of metalliferous mines. *Environ Monit Assess*, 239-245.
- Vinzents, P. (1995). A method for establishing tentative occupational exposure limits for inhalable dust. 39, 6, 795-800. *Annals of Occupational Hygiene*.
- Wikström, B. O., Kjellberg, A., & Landström, U. (1994). Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 273-292.

10 ANEXOS

ANEXO I - Recolha de dados – VCI <i>Roc</i> de perfuração ATLAS COPCO D7	2 Páginas
ANEXO II - Recolha de dados – VCI <i>Dumper</i> TEREX TR45	2 Páginas
ANEXO III - Recolha de dados – VCI Pá Carregadora Giratória CAT 374D	2 Páginas
ANEXO IV - Recolha de dados – VCI <i>Roc</i> ATLAS COPCO 742HCO1	2 Páginas
ANEXO V - Recolha de dados – VCI <i>Dumper</i> VOLVO A35D	2 Páginas
ANEXO VI - Recolha de dados – VCI Pá Giratória HITACHI ZX 520	2 Páginas
ANEXO VII - Recolha de dados – VCI Pá Giratória com martelo hidráulico CAT 325BLH	2 Páginas
ANEXO VIII - Recolha de dados – VCI Pá Carregadora VOLVO L120F	2 Páginas
ANEXO IX - Inquérito aos trabalhadores	1 Página
ANEXO X - Recolha de dados – Ruído Pá Carregadora CAT 966H	2 Páginas
ANEXO XI - Recolha de dados – Ruído <i>Dumper</i> TEREX TR45	1 Página
ANEXO XII - Folha de Amostragem de Poeiras	1 Página
ANEXO XIII - Especificações Técnicas do <i>Roc</i> ATLAS COPCO D7	4 Páginas
ANEXO XIV - Especificações Técnicas da Pá Carregadora Giratória CAT 374D	28 Páginas
ANEXO XV - Especificações Técnicas da Pá Giratória HITACHI ZX 520	24 Páginas
ANEXO XVI - Especificações Técnicas do <i>Dumper</i> VOLVO A35D	8 Páginas
ANEXO XVII - Especificações Técnicas do DUMPER TEREX TR45	24 Páginas
ANEXO XVIII - Especificações Técnicas da Pá Carregadora CAT 966H	20 Páginas
ANEXO XIX - Especificações Técnicas da Pá Carregadora VOLVO L120F	32 Páginas
ANEXO XX - Evaluation of measurement uncertainties (Task-based measurement), ISO 9612	2 Páginas
ANEXO XXI - Fichas de Laboratório para Poeiras	1 Página