

VIBRAÇÃO OCUPACIONAL NA OPERAÇÃO DE CAMINHÕES E MÁQUINAS PESADAS DURANTE A EXTRAÇÃO E TRANSPORTE DE CALCÁRIO

CHARLISMILÃ AMORIM DO COUTO¹, ISABELLE ROCHA ARÃO², HELEN PEREIRA DOS SANTOS SOARES³ e LUIZ EURÍPEDES FERREIRA ROSA⁴

¹Me. Doutorando UFG, UFPB, Goiânia-GO, charliscouto@hotmail.com;

²Ma. Doutoranda PUC-GO, Prof. UniAraguaia, Goiânia-GO, isabelleara@gmail.com;

³Ma. Orientadora UniAraguaia, Goiânia-GO, helenpsbrasil@hotmail.com;

⁴Me. Prof. UniAraguaia, Goiânia-GO, luizrosa.gyn@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: A extração e movimentação de materiais, desde as frentes de lavra até o beneficiamento, é uma operação fundamental e está presente nas mais diversas mineradoras de calcário. Na extração de calcário, essa atividade, em sua grande maioria é realizada por máquinas pesadas e caminhões basculantes. Dentro dos ambientes de operação dessas máquinas e veículos existem diversos riscos que podem acarretar problemas para a qualidade de vida dos profissionais que o operam. Entre os vários riscos presentes na atividade, está a vibração ocupacional proveniente do próprio meio de transporte. Desta forma, o presente trabalho consiste em avaliar a exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em operadores de máquinas pesadas e veículos utilizados na mineração de céu aberto, além de comparar os resultados com a legislação em vigor. As avaliações foram realizadas na mina, durante o uso das máquinas e veículos, em sua normalidade de funcionamento. Foram realizadas medições, nas três direções ortogonais de forma simultânea, utilizando-se acelerômetro do tipo triaxial, fixado no assento, conforme metodologia da NHO-09. Pelas variáveis do estudo, percebe-se que o tipo e modelo de máquina e caminhão; atividades desenvolvidas e o tempo de exposição no interior das cabines são fatores determinantes na vibração ocupacional. Todos os equipamentos estudados ficaram acima do nível de ação e do nível limite estabelecidos pela NR-15. Os equipamentos mais preocupantes com relação à vibração de corpo inteiro foram as pás carregadeiras que apresentaram grande discrepância de valores e altos níveis de aren e VDVR. E os eixos x e y apresentaram maiores índices de vibração, sendo recomendados estudos complementares para a ampliação dos conhecimentos sobre o assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Condições de trabalho; Riscos ambientais; Transporte na mineração.

OCCUPATIONAL VIBRATION IN THE OPERATION OF HEAVY TRUCKS AND MACHINES DURING EXTRACTION AND TRANSPORT OF LIMESTONE

ABSTRACT: Extraction and movement of materials, from washing fronts to beneficiation, is a fundamental operation and is present in the most diverse limestone miners. In the extraction of limestone, this activity, for the most part, is carried out by heavy machinery and dump trucks. Within the operating environments of these machines and vehicles, there are several risks that can affect problems for the quality of life of the professionals who operate. Among the various risks present in the activity, there is a proven vibration proven by the means of transport itself. In this way, the present work consists of evaluating an occupational exposure to the vibration of the whole body in machines and heavy vehicles used in open pit mining, in addition to comparing the results with the legislation in force. The assessments were carried out at the mine, when using machines and vehicles, in normal operation. Measurements were taken in the three orthogonal directions simultaneously, using a triaxial accelerometer, fixed to the seat, according to the NHO-09 methodology. By the variables of the study, which type and model of machine and truck; activities developed and time of exposure inside the

cabins are determining factors in occupational vibration. All the equipment studied was above the action level and the maximum limit defined by NR-15. The equipment of most concern in relation to the vibration of the entire body were the chargers that presented a large discrepancy in values and high levels of sand and VDVR. And the x and e axes had the highest vibration rates, and complementary studies are recommended for the expansion of knowledge on the subject.

KEYWORDS: Work conditions; Environmental risks; Mining transport.

INTRODUÇÃO

A mineração é um dos principais setores da economia do Brasil, contribuindo de forma decisiva para a melhoria da qualidade de vida e o bem-estar das presentes e futuras gerações (FARIAS; COELHO, 2002).

Nenhuma atividade de trabalho, seja o setor da mineração ou outro setor econômico, está livre de riscos. Há, nesse setor, algumas atividades rotineiras que sofrem com diversos comprometimentos na saúde, isto em decorrência do exercício da sua atividade laboral. Sendo elas, perfuração, transporte interno de minério com caminhões basculantes e carregadeiras, carregamento de caminhões com máquinas pesadas e locomoção de veículos dentro da mina. Todas estas atividades são caracterizadas pela presença e alta intensidade de vibração (USP, 2017).

Analizando o ambiente da cabine dos caminhões basculantes e das máquinas pesadas, é possível perceber um aumento de tecnologias projetadas para que os motoristas e operadores tenham o máximo de conforto e sofram o mínimo de impactos em sua saúde durante sua jornada de trabalho (KILESSE *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2007). Mas ainda assim, analisando a situação de trabalho dos motoristas e operadores, pode-se encontrar um fator que pode colaborar para um estado de desconforto, bem como ser danosa para a saúde, a vibração.

A vibração é um risco ocupacional, previsto na Norma Regulamentadora nº 15 em seu anexo VIII da Portaria nº 3.214/1978 do MTE (BRASIL, 1978). Várias pesquisas, afirmam que, os operadores e motoristas estão expostos à vibração ocupacional, essas vibrações são transmitidas através do assento do caminhão ou da máquina pesada em que operam. Entretanto, o modelo, o tipo de trabalho, as horas de exposição e o tipo de rodados (pneus ou esteiras) influenciam nos níveis de vibração ocupacional? Os motoristas e operadores estão expostos a quais níveis de vibração ocupacional? Estes níveis estão acima do nível de ação ou de tolerância?

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro (VCI) em operadores de máquinas pesadas e veículos utilizados na mineração de céu aberto, além de comparar os resultados com a legislação em vigor.

MATERIAL E MÉTODOS

Para execução da pesquisa foram feitos levantamentos bibliográficos durante todo o processo de desenvolvimento do estudo, sendo utilizados livros, dissertações, teses e periódicos sobre o tema em questão, além do embasamento legal das Normas Regulamentadoras – NR's da Portaria nº 3.214/1978 do MTE (BRASIL, 1978) e utilização dos procedimentos de levantamento ambiental de acordo com a metodologia das Normas de Higiene Ocupacional – NHO 09 (Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibração de Corpo Inteiro) da FUNDACENTRO.

A pesquisa de campo foi realizada em uma mineradora, localizada no Estado de Goiás, sendo sua atividade principal a extração e o beneficiamento de calcário e dolomita. As avaliações foram realizadas na mina, durante o uso das máquinas e veículos em uma jornada de 25 a 30 minutos de duração, em sua normalidade de funcionamento, sendo que, os equipamentos estavam em contato direto com o solo, porém os percursos onde foram realizadas as atividades estavam com boa qualidade. O estudo foi composto de avaliações *in loco*, sendo realizadas medições objetivas dos níveis de vibração equivalente que os motoristas e operadores estão expostos no interior dos veículos e máquinas pesadas durante atividades de extração e transporte. Na Tabela 1 segue as informações sobre os veículos e máquinas pesadas utilizada na operação.

Tabela 1. Equipamentos, fabricantes, modelos, manutenção e sistemas de locomoção de veículos e máquinas pesadas utilizadas na extração e transporte de calcário no setor de mineração.

| Cod | Equipamento | Fabricante | Modelo | Manutenção | Sistema de Locomoção |
|-----|------------------------|-------------|-----------|------------|----------------------|
| 1 | Caminhão Caçamba | Volvo | 330 | Em dia | Pneus |
| 2 | Caminhão Caçamba | Mercedes | Axor 4144 | Em dia | Pneus |
| 3 | Caminhão Caçamba | Volvo | 260 | Em dia | Pneus |
| 4 | Caminhão Caçamba | Mercedes | Axor 4144 | Em dia | Pneus |
| 5 | Caminhão Caçamba | Volvo | 330 | Em dia | Pneus |
| 6 | Escavadeira (rompedor) | Volvo | EC220D | Em dia | Esteira |
| 7 | Escavadeira | Liebherr | 944 | Em dia | Esteira |
| 8 | Escavadeira | Caterpillar | 336 D | Em dia | Esteira |
| 9 | Pá Carregadora | Volvo | L120F | Em dia | Pneus |
| 10 | Pá Carregadeira | Volvo | L120C | Em dia | Pneus |
| 11 | Pá Carregadeira | Volvo | L120F | Em dia | Pneus |

A maioria dos equipamentos avaliados estava em boas condições e com as manutenções em dias, sendo realizadas no mínimo uma manutenção a cada 250 horas de trabalho. Em termos quantitativos, não foram informados dados sobre os valores físicos de vibração dos equipamentos e quanto seu assento os atenua. Entretanto, de forma qualitativa, a maioria dos assentos possuía boas condições de uso, apresentando apenas pequenos rasgos superficiais, que não contribuem para a piora na transmissão da vibração do equipamento ao operador.

As medições foram realizadas segundo as três direções de um sistema de coordenadas ortogonais de forma simultânea, utilizando-se acelerômetro do tipo triaxial e o fixando no assento do motorista e operador conforme metodologia da NHO-09. O cálculo do valor da exposição diária foi baseado para um período de referência em que o operador informou que normalmente dura as atividades, variando de 4, 6 ou 8 horas. Para realização das medições de vibração ocupacional de corpo inteiro foi utilizado o equipamento da marca 01 DB, modelo VIB 008, n° de serie 11126, OSC n° 21056 com calibração realizada no dia 27 de maio de 2019.

Os resultados foram apresentados em duas tabelas e agrupados por tipo de equipamento (máquinas e veículos), sendo realizada a comparação dos resultados obtidos com os Limites de Tolerância que constam na NR-15 – Anexos VIII (Vibrações) (BRASIL, 2014). Para análise e apresentação dos resultados, utilizou-se do programa de computador Microsoft Office Excel (Excel) versão 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados se baseou na medição de vibração de corpo inteiro em 11 motoristas e operadores que realizavam atividades em 11 caminhões e máquinas pesadas de nove modelos diferentes. Com relação à população envolvida, todos os 11 motoristas e operadores são do sexo masculino; a maioria apresentando idade entre 30 a 49 anos (80%). Todos exercem essa atividade a mais de cinco anos. Com pelo menos um ano de vínculo empregatício na empresa em questão.

Antes do início das avaliações quantitativas, foi realizada a análise de risco da atividade, onde foi constatada que os trabalhadores ficam expostos ao risco de forma aleatória, variando conforme o veículo e máquina operada, sendo os valores diários de exposição em seus equipamentos entre 4 a 8 horas. Resumindo a atividade, as máquinas pesadas realizam a fragmentação do material, a coleta e a deposição do material nos caminhões. Enquanto que, os caminhões, trafegam pelas vias da mina, levando o material coletado até o britador na planta industrial.

Na avaliação quantitativa dos resultados, procurou-se separá-los por tipo de máquina, obtendo os valores de aceleração dos eixos x, y e z, além da aceleração resultante de exposição normalizada

(aren), do valor da dose de vibração resultante (VDVR), do nível de alerta e do nível limite. Para fins comparativos, foram utilizados os valores indicados na NR-15, em seu anexo VIII (Vibração) (BRASIL, 2014).

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados para aceleração ponderada (a_w), com os valores por veículo e máquina de a_{mx} , a_{my} , a_{mz} , a_{ren} e os níveis de alerta e limite. Com os dados obtidos, pode-se verificar que, todos os veículos e máquinas avaliados apresentaram valores de a_{ren} acima do nível de alerta ($0,50 \text{ m/s}^2$) e do nível limite ($1,10 \text{ m/s}^2$). Dessa forma, de acordo com a NR-15, as atividades avaliadas são insalubres, caracterizando o pagamento do adicional de insalubridade em grau médio (20%) (BRASIL, 2014).

Tabela 2. Resultados para aceleração ponderada (a_w), com os valores por veículo e máquina de a_{mx} , a_{my} , a_{mz} , a_{ren} e os níveis de alerta e limite

| aw (ponderação WB) | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|--------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------------|-----------------|
| Cod | Veículo / Máquina | Exposição horas | a_{mx} | a_{my} | a_{mz} | a_{ren} | Nível alerta | Nível limite |
| | | | | | | | | |
| 1 | Caminhão Caçamba | 4 horas | 1,41 | 1,40 | 0,99 | 1,57 | 0,50 | 1,10 |
| 2 | Caminhão Caçamba | 8 horas | 2,05 | 2,06 | 1,37 | 3,22 | 0,50 | 1,10 |
| 3 | Caminhão Caçamba | 6 horas | 2,05 | 2,06 | 1,37 | 2,79 | 0,50 | 1,10 |
| 4 | Caminhão Caçamba | 8 horas | 2,05 | 2,06 | 1,37 | 3,22 | 0,50 | 1,10 |
| 5 | Caminhão Caçamba | 6 horas | 1,41 | 1,41 | 1,00 | 1,93 | 0,50 | 1,10 |
| 6 | Escavadeira (rompedor) | 8 horas | 1,70 | 1,77 | 1,17 | 2,22 | 0,50 | 1,10 |
| 7 | Escavadeira | 6 horas | 1,72 | 1,98 | 1,29 | 2,53 | 0,50 | 1,10 |
| 8 | Escavadeira | 6 horas | 1,80 | 2,25 | 1,26 | 2,72 | 0,50 | 1,10 |
| 9 | Pá Carregadeira | 8 horas | 3,45 | 3,71 | 2,42 | 5,61 | 0,50 | 1,10 |
| 10 | Pá Carregadeira | 8 horas | 2,02 | 2,31 | 1,46 | 3,40 | 0,50 | 1,10 |
| 11 | Pá Carregadeira | 6 horas | 1,86 | 2,11 | 1,31 | 2,57 | 0,50 | 1,10 |

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados para o valor da dose de vibração (VDV), com os valores por veículo e máquina de a_{mx} , a_{my} , a_{mz} , VDVR e os níveis de alerta e limite. De acordo com os dados obtidos, pode-se verificar que, todos os veículos e máquinas avaliados apresentaram valores de VDVR acima do nível de alerta e do nível limite. De acordo com a NR-15, caracteriza-se a condição insalubre caso sejam superados quaisquer dos limites de exposição ocupacional diária a VCI, seja de a_{ren} (tabela 2) ou VDVR (Tabela 3), caracterizando assim, o pagamento do adicional de insalubridade em grau médio (20%) (BRASIL, 2014).

Tabela 3. Resultados para o valor da dose de vibração (VDV), com os valores por veículo e máquina de a_{mx} , a_{my} , a_{mz} , VDVR e os níveis de alerta e limite

| Valor da dose de vibração (VDV) | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|--------------------|----------|----------|----------|--------|-----------------|-----------------|
| Cod | Veículo / Máquina | Exposição horas | a_{mx} | a_{my} | a_{mz} | VDVR | Nível alerta | Nível limite |
| | | | | | | | | |
| 1 | Caminhão Caçamba | 4 horas | 39,52 | 45,28 | 13,66 | 86,15 | 9,10 | 21,00 |
| 2 | Caminhão Caçamba | 8 horas | 30,36 | 34,94 | 21,59 | 72,58 | 9,10 | 21,00 |
| 3 | Caminhão Caçamba | 6 horas | 30,36 | 34,94 | 21,59 | 67,54 | 9,10 | 21,00 |
| 4 | Caminhão Caçamba | 8 horas | 30,36 | 34,94 | 21,59 | 72,58 | 9,10 | 21,00 |
| 5 | Caminhão Caçamba | 6 horas | 16,00 | 14,99 | 10,72 | 35,34 | 9,10 | 21,00 |
| 6 | Escavadeira (rompedor) | 8 horas | 17,31 | 25,34 | 14,38 | 57,57 | 9,10 | 21,00 |
| 7 | Escavadeira | 6 horas | 23,68 | 27,53 | 16,04 | 58,00 | 9,10 | 21,00 |
| 8 | Escavadeira | 6 horas | 35,88 | 53,84 | 17,93 | 106,83 | 9,10 | 21,00 |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------|---------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| 9 | Pá Carregadeira | 8 horas | 52,48 | 51,45 | 26,74 | 129,42 | 9,10 | 21,00 |
| 10 | Pá Carregadeira | 8 horas | 26,29 | 33,01 | 18,90 | 71,85 | 9,10 | 21,00 |
| 11 | Pá Carregadeira | 6 horas | 22,97 | 24,94 | 14,28 | 54,29 | 9,10 | 21,00 |

Em todas as análises, de todos os veículos e máquinas pesadas, o eixo com maior intensidade de vibração foi o eixo y, seja para o aren com média de 2,10 m/s²; ou para o VDVR com média de 34,65 m/s^{2 1.75}. Isso está inteiramente relacionado com o movimento do motorista e operador no assento do equipamento. Nesta situação, a vibração entra por um dos ombros, passa pelo coração e sai no outro ombro (LOPES, 2012).

Quando comparado os modelos de caminhões, os dados obtidos durante a amostragem mostraram que os caminhões da marca Volvo apresentaram menores valores de vibração de corpo inteiro (aren: 2,10 m/s²; VDVR: 63,01 m/s^{2 1.75}), isso comparando com os da marca Mercedes (aren: 3,22 m/s²; VDVR: 72,58 m/s^{2 1.75}). Embora, os caminhões tenham capacidade de carga semelhante, os caminhões da Volvo, possuem capacidade superior, isso resulta em uma operação mais lenta. Este resultado, também foi encontrado por Carvalho (2019) ao avaliar vibração ocupacional em pedreiras na região metropolitana de São Paulo.

Com relação às escavadeiras, pode-se perceber que a que estava acoplada com o rompedor, que é um assessorio de impacto projetado para fragmentar rocha, apresentou menores valores de aren (2,22 m/s²) e de VDVR (57,57 m/s^{2 1.75}), mesmo apresentando uma maior carga horária de trabalho. Esse resultado está relacionado com a menor movimentação (rotacional e vertical) e com as características da atividade, visto que as demais escavadeiras ocorrem maior movimentação, pois são responsáveis pelo carregamento dos caminhões.

Observa-se que o eixo y é o que apresenta maior intensidade em todas as escavadeiras, resultado igual ao encontrado por Souza (2015). De acordo com Souza (2015) o eixo y, deve-se ter maior atenção, devido ao movimento rotacional que a escavadeira faz, podendo a mesmo fazer giro de 360°, confirmando os dados obtidos no presente estudo.

Com relação às pás carregadeiras, os eixos x e y foram os que apresentaram maior intensidade de vibração, respectivamente 1,96 e 2,10 para o aren e 33,91 e 36,47 para o VDVR. Ao comparar as pás carregadeira, houve muita discrepância entre os valores obtidos de aren e VDVR. Isso está relacionado com a operação, uma vez que as pás carregadeiras de codificação 10 e 11 permanecem muito tempo com a atividade inativa. Ao ser perguntado sobre o fato, o operador afirmou que tratava de sua jornada convencional de atividade.

Ao comparar todo os equipamentos, a pá carregadeira com codificação 9, foi a que gerou maior índice em termos de aren (5,61 m/s²) e de VDVR (129,42 m/s^{2 1.75}). Resultado semelhante encontrado por Carvalho (2019), que em estudo em equipamentos em pedreiras, constatou grande dispersão de valores de aren e VDVR entre as pás carregadeiras, sendo que uma delas apresentou o maior valor comparado aos demais equipamentos da pesquisa.

As análises quantitativas comprovaram que todos os resultados estão com os valores acima do nível de limite, para aren e VDVR, determinados pela NR-15. Dessa forma, de acordo com a NHO-09, medidas preventivas para normalizar a exposição devem ser adotadas, ou seja, manutenções periódicas nos veículos e máquinas, melhoria nas condições das vias, troca ou manutenção dos assentos que estão danificados, adequação de cintos de quatro pontos, redução da carga horaria das atividades e informação aos trabalhadores sobre os riscos da vibração ocupacional.

CONCLUSÃO

O tipo e modelo de máquina e caminhão; atividades desenvolvidas e o tempo de exposição no interior das cabines foram fatores determinantes dos resultados. Todos os equipamentos estudados geraram valores de vibração de corpo inteiro acima do nível de ação e nível limite estabelecidos pela NR-15. Os equipamentos mais preocupantes com relação à vibração de corpo inteiro foram as pás carregadeiras, devido os valores apresentar discrepância e altos níveis de aren e VDVR, dessa forma, uma avaliação isolada não é suficiente para quantificar o risco.

Os eixos x e y são os que apresentam maiores índices de vibração de corpo inteiro na operação de caminhões e máquinas pesadas, necessitando de novos estudos com enfoque nestes eixos.

É importante a realização de estudos complementares sobre o assunto, principalmente relacionados aos eixos de maior carga de vibração (x e y) e sobre as diferentes características antropométricas (peso e altura) dos motoristas e operadores.

AGRADECIMENTOS

A UniAraguaia pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Normas Regulamentadoras. Portaria nº 3214 de 08 de Junho de 1978.** Brasília, 1978. Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normalizacao?view=default>>. Acesso em: 17 fev. 2020.
- BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 15. Portaria MTE nº 1.297, de 13 de agosto de 2014.** Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-15-Anexo-08.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.
- BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 9. Portaria SEPRT nº 6.735, de 10 de março de 2020.** Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-09-atualizada-2020.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.
- CARVALHO, F. B. **Estudo da vibração ocupacional de corpo inteiro em pedreiras na região metropolitana de São Paulo.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FARIAS, C. E. G.; COELHO, J M. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE. 2012. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/>>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole body vibration - part 1: general requirements.** ISO 2631-1:1997, 1997.
- KILESSE, R.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J.; TEIXEIRA, M. M. **Avaliação de fatores ergonômicos em postos de trabalho de motoristas de caminhões utilizados no meio agrícola.** Engenharia na Agricultura, v. 14, n. 3, p. 202-211, 2006.
- LOPES, G.; RUSSO, L. C. P.; FIORINI, A. C. **Estudo da audição e da qualidade de vida em motoristas de caminhão.** Revista CEFAC, v. 9, n. 4, 2007.
- LOPES, J. L. **Análise de vibração ocupacional de corpo inteiro em máquinas colhedoras de cana-de-açúcar.** Revista ABHO, 2012.
- SOUZA, F. R. **Avaliação da exposição à vibração e do espaço envolvente do operador de escavadeira hidráulica com enfoque na ergonomia e segurança.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ergonomia) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.