

# Dor lombar na operação em equipamentos pesados de carga e transporte, nas indústrias de mineração a céu-aberto e de construção – Breve revisão

Jane Paula de Souza <sup>1</sup>, Tatiana Teixeira <sup>2</sup>, Joana C. Guedes <sup>3</sup>, J. Santos Baptista <sup>4</sup>, J. Castelo Branco <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT ([janepaulasouza@gmail.com](mailto:janepaulasouza@gmail.com)) ORCID 0000-0001-5455-7232, <sup>2</sup>Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT ([tati.teixeira.30@gmail.com](mailto:tati.teixeira.30@gmail.com)) ORCID 0000-0001-5636-1030, <sup>3</sup>Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT ([jccg@fe.up.pt](mailto:jccg@fe.up.pt)) ORCID 0000-0003-2367-2187, <sup>4</sup>Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT ([jsbap@fe.up.pt](mailto:jsbap@fe.up.pt)) ORCID 0000-0002-8524-5503, <sup>5</sup>Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics - LAETA (PROA), Faculty of Engineering, University of Porto, PT ([jcb@fe.up.pt](mailto:jcb@fe.up.pt)) ORCID 0000-0002-9254-4384.  
[https://doi.org/10.24840/978-972-752-279-8\\_0073-0080](https://doi.org/10.24840/978-972-752-279-8_0073-0080)

## Resumo

**Introdução:** Os operadores de equipamentos pesados de carga e transporte, nas indústrias de mineração e construção estão sujeitos a dores lombares, decorrentes da atividade profissional. Os operadores estão expostos a diferentes tipos de riscos ocupacionais, sendo considerado o de maior intensidade as vibrações de corpo inteiro, as quais podem causar diversos tipos de lesões musculoesqueléticas, em particular a dor lombar. Este artigo objetiva apresentar uma revisão sobre a prevalência de dor lombar nos operadores. Pretende-se analisar os equipamentos de maior utilidade na indústria extrativa a céu aberto e de construção que produzem maior índice de vibração, a relação das atividades que intensificam a vibração, o ambiente e os fatores que contribuem de forma direta, assim como as ações preventivas que as empresas estão implementando para manter a integridade física dos operadores de máquinas e equipamentos móveis desses setores. **Metodologia:** A presente revisão foi realizada de acordo com os pressupostos definidos pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses: The PRISMA Statement. Foram consultadas as seguintes bases de dados: “Scopus”, “Web of Science”, “Engineering Village”, “ScienceDirect”, “Scielo”, “CurrentContents”, “Dimensions”, “SpringerLink” e “Taylon&Francis”, onde foram aplicados os diferentes critérios de exclusão, tais como: intervalo de pesquisa, tipo de documento, tipo de fonte e idioma. Foram utilizadas 35 palavras-chave por meio de combinações. **Resultados e Discussões:** Na totalidade da pesquisa realizada foram obtidos 591 artigos, tendo sido excluídos 580. Através da técnica da “Snowballing” foram acrescentados mais 7 artigos à revisão sistemática, dado apresentarem informação relevante para o objetivo principal desse estudo, assim totalizando 18 artigos nesta revisão. Os principais resultados demonstraram que os equipamentos pesados de carga e transporte como os caminhões de transporte, basculantes, bulldozers, escavadeiras, pás niveladoras, motoniveladoras, carregadeiras, retroescavadeiras, perfuradoras, raspadores e tratores comumente utilizados nas indústrias da construção e mineração. Estes podem produzir níveis de vibração de corpo inteiro acima do valor limite de exposição, derivados de fatores como terrenos instáveis nas vias de circulação em minerações e construção, relatados em 27,78% dos estudos e 72,22% desses evidenciam a prevalência de dor lombar nos operadores. **Conclusão:** A implementação de programas de treinamentos, ergonômicos, medidas de segurança, rotação de equipamentos, gestão do risco, manutenções e melhorias no projeto dos equipamentos podem atenuar a intensidade de vibração aos operadores, assim ajudando a conservar a integridade física destes profissionais.

**Palavras-chave:** Dor lombar, Equipamentos pesados de transporte, Mineração, Construção.

## INTRODUÇÃO

A indústria da construção e da mineração é caracterizada pelo elevado risco de acidente ocupacional e de doenças profissionais, em âmbito global, por estar intimamente relacionada ao próprio processo produtivo (OSHA, 1989; Mcphee et al., 2017; Abbaspour et al., 2018). Por este fator, os operadores de máquinas pesadas estão mais expostos a fatores de risco para o potencial desenvolvimento de lesões e distúrbios musculoesqueléticos (Langer et al., 2015). Em contraste, Kuijter et al (2014) estimam que 15% do número total de dias de licença médica por ano é devido a dor lombar, a qual é caracterizada por qualquer dor ou distúrbio musculoesquelético não traumático que afete a região lombar.

Estudos anteriores relatam a associação entre fatores ocupacionais e a dor lombar entre os operadores do setor da mineração e da construção, afirmando que o principal fator contribuinte para o desencadeamento dessas é a vibração de corpo inteiro (VCI) (Mandal e Srivastava, 2010; Xu et al., 2012). A exposição constante à vibração de corpo inteiro é caracterizada como fator de risco primordial para modificações degenerativas na coluna vertebral (Yassierli, 2017; Kim et

al., 2018). No que diz respeito à condução de equipamentos pesados de carga e transporte, verifica-se a existência da prevalência de diferentes tipos de lesões musculoesqueléticas, principalmente, a dor lombar (Groves et al., 2007; Weston et al., 2016).

Burgess-Limerick e Lynas (2016) constataram que os equipamentos pesados de carga e transporte, tais como: buldozers, carregadeiras, escavadeiras, basculantes, pás niveladoras e caminhões de transporte, são classificados como grandes geradores de fontes vibratórias. Estas vibrações são originadas pelo próprio motor e pelas vias de circulação, devido às irregularidades de terreno, sendo as vibrações repassadas ao condutor pelo equipamento (Langer et al., 2015; Madhavi e Silva, 2019). A exposição à vibração de corpo inteiro e outros tipos de vibrações em níveis superiores aos definidos pelas normas internacionais de padronização e realizados em longas jornadas de trabalho, com carga de 8 a 12 horas por dia, podem causar efeitos negativos ao funcionamento do corpo, como por exemplo no sistema musculoesquelético, digestivo, cardiovascular, endócrino, e também no metabolismo, além de propiciar aumento e desencadeamento de dor lombar nos operadores de equipamentos pesados (Wilder; Pope, 1996; Bernard, 1997; Robb; Mansfield, 2007). O nível de vibração que esteja entre as frequências de 0,5 e 80 Hz são considerados os mais preocupantes em relação à saúde do operador. (Paschold; Mayton, 2011).

A revisão tem como objetivo principal identificar a prevalência da dor lombar nos condutores de equipamentos pesados de carga e transporte nas indústrias da construção e de mineração a céu aberto, de modo a analisar os equipamentos, atividades e fatores envolvidos no processo.

## METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa foi realizada de acordo com os pressupostos do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis: The PRISMA Statement* (Page et al., 2021). Para isto, foram consultadas as seguintes bases de dados: “Scopus”, “Web of Science”, “Engineering Village”, “ScienceDirect”, “Scielo”, “CurrentContents”, “Dimensions”, “SpringerLink” e “Taylor&Francis”.

Foram consideradas as palavras-chave relacionadas com a prevalência de dor lombar em operadores de equipamentos pesados de carga e transporte nas indústrias da construção e mineração, nomeadamente: *mine, mining, open-pit-mine, open-cast-mine, quarry, extractive industry, construction, earthmoving, earthwork, low back pain, ergonomic hazard, musculoskeletal injuries, musculoskeletal disorder, musculoskeletal disease, equipment, machinery, machine, vibrations, dumper, loader, dragline excavator, excavator shovel, bucket wheel excavator, wheel tractor scraper, bulldozer, mining truck, mining drill, earth mover, hydraulic excavator, wheel loader, backhoe loader, earth mover, haul truck e conveyor*.

Ao realizar a busca bibliográfica, uma triagem foi realizada, nomeadamente por: data de publicação dos artigos, tipo de documento, tipo de fonte, idioma de publicação e aplicação dos critérios de elegibilidade, incluindo artigos relacionados a mineração a céu aberto, construção, riscos ergonômicos e dor lombar. Nesta busca, não foram considerados elegíveis para o estudo artigos de opinião e estudos que não abordassem a prevalência de dor lombar em condutores de equipamentos móveis nas indústrias de construção e mineração.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na totalidade da busca bibliográfica, foram recolhidos 591 artigos. Uma triagem inicial foi realizada por: data de publicação, onde foram considerados os artigos compreendidos entre os anos de 2016 e 2020, tendo sido excluídos 379 artigos; tipo de documento, onde foram considerados só artigos científicos, excluídos 55 artigos; tipo de fonte, onde foram considerados somente artigos publicados em revistas científicas, tendo sido excluídos 3 artigos; por fim, apenas considerados os artigos escritos na língua inglesa, excluindo 2 artigos neste critério. Após

a realização da leitura do título e resumo dos artigos, foram excluídos 126 artigos que não eram compatíveis com o escopo proposto por este estudo. Como critérios de elegibilidade, foram consideradas todas as situações que abordassem a temática da dor lombar associadas aos condutores de equipamentos móveis de carga e transporte, na indústria construtiva e extrativa a céu aberto.

Não foram considerados elegíveis artigos de opinião, revisões sistemáticas e estudos onde não abordassem a prevalência de dor lombar em condutores de equipamentos pesados. Por fim, foram incluídos 7 artigos através da técnica de “Snowballing”, tendo sido incluídos para análise qualitativa detalhada, resultando em 18 artigos (Wohlin, 2014).

Essa revisão evidenciou diferentes tipos de equipamentos pesados de carga e transporte no setor da mineração e construção presentes no desenvolvimento de dor lombar. Os mais citados pelos autores, foram os equipamentos pesados e caminhões de transporte, apresentados em 55,56% dos estudos analisados (Smets et al., 2007; Pollard et al., 2016; Yassierli, 2017; Marin et al., 2017; Mayton et al., 2018; Othman et al., 2019; Vitharana et al., 2019a; Ilope et al., 2019; Vitharana et al., 2019b; Kia et al., 2020).

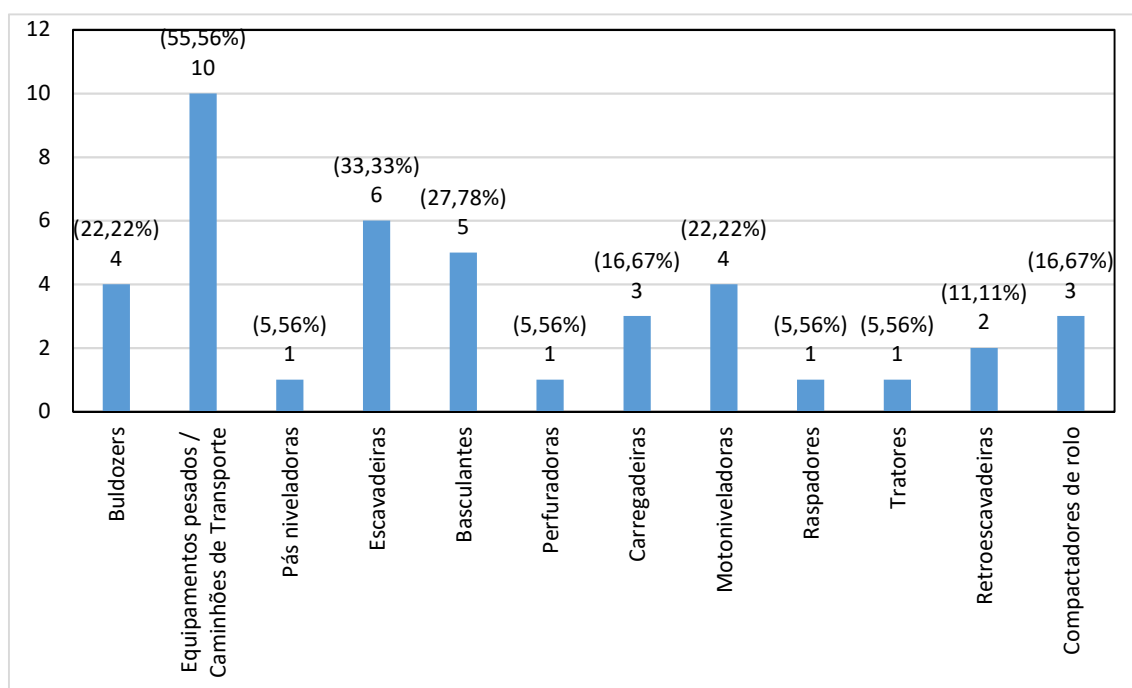


Figura 1. Maquinários mais relatados em estudos analisados.

As escavadeiras foram abordadas em 33,33% dos artigos analisados, seguido dos basculantes em 27,78%, bulldozers e motoniveladoras foram relatados em 22,22% dos estudos em análise; já as carregadeiras e os compactadores de rolo estiveram presentes em 16,67% dos estudos, seguido da retroescavadeira mencionada em 11,11% dos estudos. Por fim, pás niveladoras, perfuradoras, raspadores e tratores estiveram presentes em 5,56% dos estudos, descritos na figura 1. No entanto, alguns autores retratam os basculantes como o equipamento que mais proporciona níveis elevados de vibração de corpo inteiro prejudicial à saúde do operador, resultando na maioria das vezes em dor lombar, mencionados na figura 2 (Mandal; Srivastava, 2010; Raffler et al., 2017; Chaudhary et al., 2020; Atal et al., 2020).

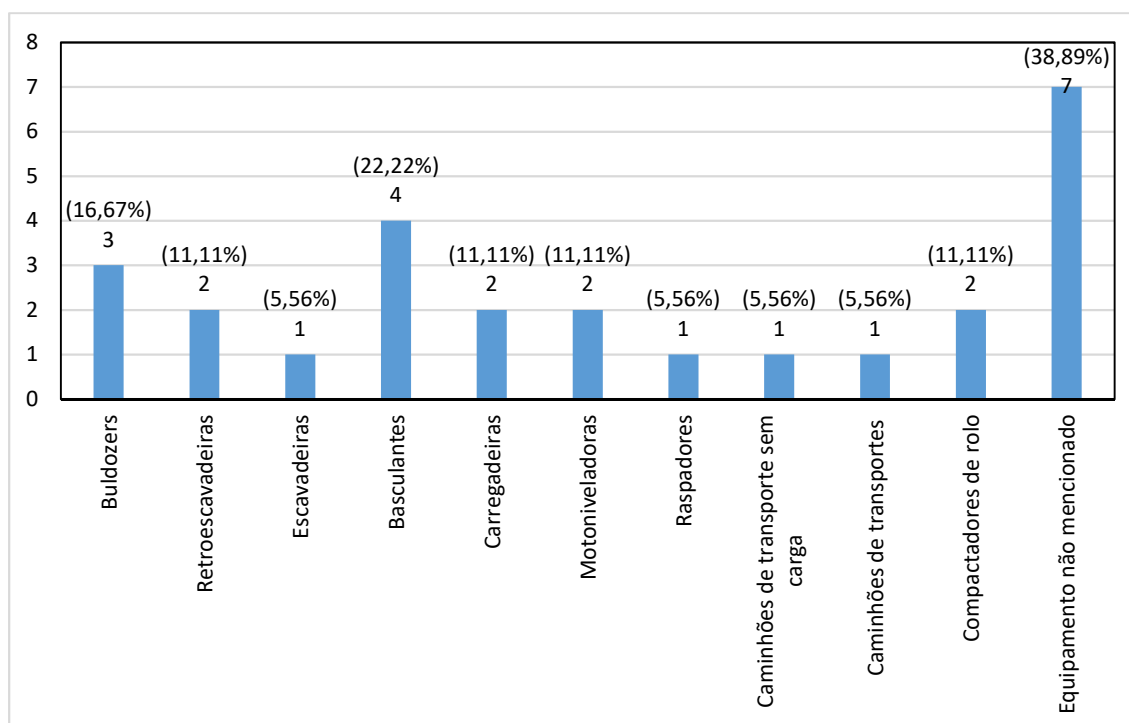


Figura 2. Maquinários com maior índice de vibração nos estudos analisados.

De acordo com o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) dos Estados Unidos da América (EUA), verificaram que as viagens com e sem carga podem provocar diferentes níveis de vibração aos operadores, principalmente quando associados aos fatores adjacentes, como o assento da máquina e vias de circulação (Mayton et al., 2014, 2018). Parte dos estudos não conseguiram identificar quais equipamentos foram possíveis de obter um maior índice de vibração com danos à saúde dos operadores, resultando em 38,89% dos estudos analisados (Pollard et al., 2016; Vitharana et al., 2019a; Othman et al., 2019; Vitharana et al., 2019b; Iope et al., 2019; Kia et al., 2020; Jeripotula et al., 2020b).

Por outra óptica, os artigos analisados prevalentes se referenciam às atividades de transporte de equipamentos com carga (33,33%) e atividades diversas, podendo ser em transporte de terras, despejo, escavações e extração, relatados em 33,33% dos estudos (Smets et al., 2007; Pollard et al., 2016; Raffler et al., 2017; Yassierli, 2017; Marin et al., 2017; Mayton et al., 2018; Othman et al., 2019; Vitharana et al., 2019b; Iope et al., 2019; Jeripotula et al., 2020a; Jeripotula et al., 2020b; Chaudhary et al., 2020). Ademais, foram mencionadas atividades de despejo em 22,22% dos estudos, seguidas dos transportes sem carga em 16,67% dos estudos analisados; escavação, terraplanagem e movimentação de terra foram relatados em 11,11%; por fim, extração, manutenção de estrada e construção e atividades não mencionadas estiveram presentes em 5,56%, destacadas na figura 3.

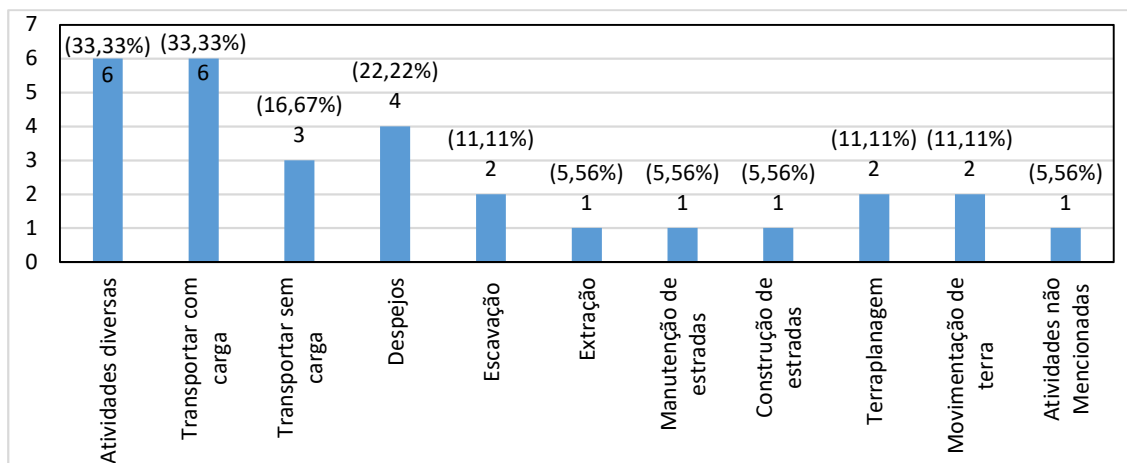


Figura 3. Atividades mais prevalentes nos estudos analisados.

Estudos afirmam que a presença de um conjunto de fatores pode causar o aumento do risco de exposição a níveis de vibração capazes de desencadear dor lombar. Fatores estes caracterizados pelos fatores adjuvantes que contribuem para tal desenvolvimento, como por exemplo, os terrenos instáveis, a falta de manutenção dos equipamentos, o assento inadequado, ambiente de trabalho, fatores de maquinários, fatores de carga, pneus e fatores pessoais. O nível vibracional dos equipamentos é elevado normalmente pela associação destes fatores, que implicam de forma direta no desenvolvimento de dor lombar nos operadores de equipamentos móveis (Raffler et al., 2017; Yassierli, 2017; Akinnuli et al., 2018; Mayton et al., 2018; Ilope et al., 2019; Madhavi; Silva, 2019; Vitharana et al., 2019b; Atal et al., 2020; Chaudhary et al., 2020). Dentre os artigos analisados, 72,22% desses evidenciam a prevalência de dor lombar nos operadores (Smets, et al., 2007; Mandal; Srivastava, 2010; Raffler et al., 2017; Yassierli, 2017; Mayton et al., 2018; Akinnuli et al., 2018; Vitharana et al., 2019a; Othman et al., 2019; Vitharana et al., 2019b; Ilope et al., 2019; Atal et al., 2020; Jeripotula et al., 2020a; Chaudhary et al., 2020).

A dor lombar não pode ser considerada apenas decorrente de um único fator, caracterizando-se como multifatorial. A alteração da exposição ao operador dos tipos de vibrações, incluem o tipo do veículo e suas características (como a suspensão, tamanho, projeto do assento, manutenção e condições dos pneus), a natureza dos operadores, as questões organizacionais, fatores pessoais e contexto social ao qual os operadores de equipamentos pesados estão envolvidos (Milosavljevic et al., 2010). Tal afirmativa, é relatada por Vitharana et al (2019a) e Othman et al (2019), no qual afirmam que esses fatores são primordiais no desenvolvimento de dores lombares.

Mediante os estudos realizados, os autores propõem ações preventivas, tais como: programas de controle de vibração, melhoramento nas vias de circulação, plano de manutenção e melhorias relacionadas ao projeto do equipamento, ambas com a finalidade de minimizar esses riscos vibracionais aos operadores de equipamentos pesados de carga e transporte, e por consequência o desenvolvimento de dor lombar. Dentre essas, é predominante a criação de programas de controle de vibração direcionados aos operadores (Mandal; Srivastava, 2010; Yassierli, 2017; Marin et al., 2017; Vitharana et al., 2019a; Othman et al., 2019; Vitharana et al., 2019b; Ilope et al., 2019; Jeripotula et al., 2020a).

Em contraste, a *International Organization for Standardization* (ILO) afirma que exposição a VCI em longas jornadas provocam choques decorrente da vibração, que levam a efeitos prejudiciais à região lombar do operador, afetando os discos intervertebrais, ligamentos paravertebrais e músculos (ISO 2631-5, 2018).

Este trabalho de revisão aponta que empresas do setor de construção e mineração a céu aberto deve ter como foco principal a preocupação em minimizar as situações possíveis que causam dor lombar em seus operadores, as quais podem colocar a integridade física dos trabalhadores em operações com equipamentos pesados de carga e transporte em risco. Tal problemática poderá ser minimizada por meio de ações que são derivadas de projetos adequados às tarefas dos operadores e ao assento de máquinas (Gallagher, 2011).

## CONCLUSÃO

Foi evidenciado que a dor lombar surge devido a exposição à VCI. Em muitos dos equipamentos pesados de carga e transporte na indústria extrativa a céu aberto e construção, os operadores estão expostos a elevados índices de vibração de corpo inteiro, que ocorrem na sua maioria em atividades de transporte de carga, como por exemplo, despejos, escavação, extração, manutenção e construção de estradas, principalmente em operações com caminhões basculantes. Esta exposição é potencializada quando se associada aos fatores envolvidos, como por exemplo, os terrenos instáveis e o projeto do maquinário, focado no melhoramento de assento da máquina, haja visto que proporciona ao operador níveis elevados de vibração. Portanto, é necessário que haja a criação de medidas preventivas a fim de minimizar o desencadeamento da dor lombar, como: programas de controle de vibração e alterações no maquinário.

## Bibliografia

Abbaspour, H., Drebenstedt, C., & Dindarloo, S. R. (2018). Evaluation of safety and social indexes in the selection of transportation system alternatives (Truck-Shovel and IPCCs) in open pit mines. *Safety Science*, 108, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.020>

Akinnuli, B. O., Dahunsi, O. A., Ayodeji, S. P., & Bodunde, O. P. (2018). Whole-body vibration exposure on earth moving equipment operators in construction industries. *Cogent Engineering*, 5(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1507266>

Atal, MK et al. (2020). Occupational exposure of dumper operators to whole-body vibration in open cast coal mines: an approach for risk assessment using a Bayesian network. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, p. 1-8.

Bernard BP (1997). Musculo skeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work – related disorders of the neck, upper extremities, and low back. Cincinnati, OH: US Department of Health and Human Services, National Institute of occupational safety and health. DHHS (NIOSH). Publication no. 97–141

Burgess-Limerick, R., Lynas, D., 2016. Long duration measurements of whole-body vibration exposures associated with surface coal mining equipment compared to previous short duration measurements. *J. Occup. Environ. Hyg.* 13, 339–345. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1125486>.

Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C. (2020). Whole-body vibration exposure of heavy earthmoving machinery operators in surface coal mines: a comparative assessment of transport and non-transport earthmoving equipment operators. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1-10.

US Department of Labor [Internet] (OSHA) (1989). Safety at work & Health administration. Occupational injuries and illnesses in the United States from injury, 1989, Bulletin.

Gallagher, S. (2011). Reducing low back pain and disability in mining. U.S. Department of Health and Human Services, CDC/NIOSH Office of Mine Safety and Health.

International Organization of Normalization. (2018). ISO 2631-5 Mechanical vibration and shock- evaluation of human exposure to whole-body vibration (ISO Standard).

- Jeripotula, S. K., Mangalpady, A., & Mandela, G. R. (2020a). Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Disorders Among Surface Mine Workers in India. *Mining, Metallurgy and Exploration*. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00200-0>
- Jeripotula, S. K., Mangalpady, A., & Mandela, G. R. (2020b). Musculoskeletal Disorders Among Dozer Operators Exposed to Whole-Body Vibration in Indian Surface Coal Mines. *Mining, Metallurgy and Exploration*, 37(2), 803–811. <https://doi.org/10.1007/s42461-01900170-z>
- Kia, K., Fitch, S. M., Newsom, S. A., & Kim, J. H. (2020). Effect of whole body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. *Applied Ergonomics*, 85(February), 103065. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103065>
- Kuijjer, PPF, Verbeek, JH, Visser, B., Elder, LA, Van Roden, N., VandenWittenboer, ME, Lebbink, M., Burdorf, A., Hulshof, CT. (2014). Uma diretriz de prática multidisciplinar baseadas em evidências para reduzir a carga de trabalho devido ao levantamento para prevenir a dor lombar relacionada ao trabalho. *Ann.Occup.Environ.Med*.26
- Langer TH, Ebbesen MK, Kordestani A. (2015) Experimental análise da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em trator agrícola com enfardadeira de fardos quadrados. *Ergonomia Int J Ind*; 47: 79–83
- Madhavia, M.K.J., De Silva, G.H.M.J.S., (2019). Whole body vibration exposures of roller compactors: characteristics and effect of waste rubber in damping the vibration. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 0, 1–28. <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1631546>
- Mandal, B. 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*, 24(3), 233-243.
- Marin, L. S., Rodriguez, A. C., Rey-Becerra, E., Piedrahita, H., Barrero, L. H., Dennerlein, J. T., & Johnson, P. W. (2017). Assessment of whole-body vibration exposure in mining earth-Moving equipment and other vehicles used in surface mining. *Annals of Work Exposures and Health*, 61(6), 669–680. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxx043>
- Mayton, AG, Jobs, CC, Gallagher, S., 2014. Avaliação da vibração de corpo inteiro exposições e em fatores determinantes para motoristas de caminhão de transporte em pedreira e operadores de carregadeira. *Int. J. Heavy Veh. Syst.* 21 (3), 241 e 261
- Mayton, A. G., Porter, W. L., Xu, X. S., Weston, E. B., & Rubenstein, E. N. (2018). Investigation of human body vibration exposures on haul trucks operating at US surface mines/quarries relative to haul truck activity. *International journal of industrial ergonomics*, 64, 188-198.
- Mcphee B, Foster G, Long A. *Badvibrations: a handbook on whole-body vibration exposure in mining*. 2nd ed Sydney (NSW): Coal Services Health and Safety Trust;2009
- Milosavljevic S, Bergman F, Rehn B et al. (2010) Uso de veículos todo-o-terreno na agricultura: exposição a vibrações de corpo inteiro e choques mecânicos. *ApplErgon*; 41: 530–35
- Othman, N., & Jiar, Y. K. (2019). Low back pain risk assessment for construction industry personnel. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 10(4), 1399–1404. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2019.00909>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D & Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 103-112.
- Paschold, H. W., & Mayton, A. G. (2011). Whole-body vibration: Building awareness in safety. *American Society of Safety Engineers*, 56(4): 30-35.
- Pollard, J., Porter, W., Mayton, A., Xu, X., & Weston, E. (2016). The effect of vibration exposure during haul truck operation on grip strength, touch sensation, and balance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.009>

Raffler, N., Rissler, J., Ellegast, R., Schikowsky, C., Kraus, T., & Ochsmann, E. (2017). Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: a cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. *Ergonomics*, 60(11), 1564-1575.

Robb, M. J., & Mansfield, N. J. (2007). Self-reported musculoskeletal problems amongst professional truck drivers. *Ergonomics*, 50(6), 814-827.

Vitharana, V. H. P., & Chinda, T. (2019a). Structural equation modelling of lower back pain due to whole body vibration exposure in the construction industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(2), 257–267. <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1366119>

Vitharana, V. H. P., & Chinda, T. (2019b) Development of a lower back pain prevention index for heavy equipment operators in the construction industry: system dynamics modelling. *International Journal of Construction Management*, p. 1-17.

Wilder DG, Pope MH (1996) Epidemiological and a etiological aspects of low back pain in vibration environments - an update. *ClinBiomech (Bristol, Avon)* 11:61–73

Wohlin, Claes. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering*. 2014. p. 1-10.

Xu, G., Pang, D., Liu, F., Pei, D., Wang, S., Li, L., 2012. Prevalence of low back pain and associated occupational factors among Chinese coal miners. *BMC Publ. Health* 12, 149. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-12-149>.

Yassierli. (2017). Implementation of ergonomic programs to reduce sick leave due to low back pain among nickel mining operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 61, 81–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.05.013>