



Avaliação ocupacional da vibração de corpo inteiro em motorista de caminhão betoneira durante sua jornada de trabalho

Santos, M.V.¹; Nunes, M.A.A.²

^{1,2} Programa de Pós-Graduação em Integridade de Materiais da Engenharia, LabNVH-Laboratório de Acústica e Vibração, Universidade de Brasília, DF, Brasil, marcosv3m@hotmail.com, maanunes@unb.br

Resumo

A exposição ao agente físico vibração pode causar sintomas diretos, como manifestações epidemiológicas, quanto indiretos, como problemas cognitivos e psicológicos. As Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) podem causar impactos diretos na coluna vertebral e no sistema musculoesquelético, levando à degeneração dos discos que amortecem as forças de impacto, devido aos esforços sofridos pela coluna. Por meio do acompanhamento integral diário de motoristas em duas centrais dosadoras de concreto localizadas em diferentes regiões de Brasília - DF, foi possível estimar os níveis de exposição à vibração durante uma jornada de trabalho. Os motoristas foram individualmente monitorados em todos os trajetos percorridos. Com base nos resultados obtidos em relação à exposição à vibração de corpo inteiro (VCI), constatou-se que 14,3% das amostras apresentaram valores de exposição acima dos limites de ação estabelecidos pela normativa brasileira vigente. Ao analisar as condições de exposição à VCI, a norma brasileira vigente, NHO – 09 - Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro, recomenda a adoção de medidas preventivas, tais como a redução do tempo de exposição e o aumento da frequência de manutenção dos caminhões.

Palavras-chave: Caminhão betoneira, Vibração de Corpo Inteiro, Saúde ocupacional, Motorista profissional.

Abstract

Exposure to the physical agent vibration can cause both direct symptoms, such as epidemiological manifestations, and indirect issues, such as cognitive and psychological problems. Whole Body Vibrations (WBV) can have direct impacts on the human spine and musculoskeletal system, leading to degeneration of the discs that cushion impact forces, due to the strains endured by the spine. Through comprehensive daily monitoring of drivers at two concrete batching plants located in different regions of Brasília - DF, it was possible to estimate the levels of vibration exposure during a work shift. The drivers were individually monitored on all routes taken. Based on the results obtained regarding exposure to whole body vibration (WBV), it was found that 14.3% of the samples exceeded the action limits established by the current Brazilian regulations. When analyzing the conditions of exposure to WBV, the current Brazilian standard, NHO - 09 - Occupational Exposure Assessment to Whole Body Vibration, recommends the adoption of preventive measures, such as reducing exposure time and increasing truck maintenance frequency.

Keywords: Concrete mixer truck, Whole-body Vibration, Occupational health, Professional driver.

1. Introdução

A relação entre os seres humanos e os veículos automotivos tem se desenvolvido historicamente, não apenas devido à mecanização do trabalho e ao transporte de cargas, mas também pela necessidade essencial de locomoção. Quando expostas às vibrações geradas por veículos em movimento, máquinas industriais ou equipamentos, as pessoas podem experimentar uma sensação de tremor ou oscilação que pode afetar sua saúde e conforto.

A vibração mecânica pode ser transmitida para diferentes partes do corpo humano, especialmente mãos e braços, denominada Vibração de Mãos e Braços (VMB), ou para todo o corpo, conhecida como Vibrações de Corpo Inteiro (VCI), sendo transmitida através do assento ou superfície de apoio. A intensidade e a duração da exposição à energia vibratória são os principais fatores a serem considerados durante a sua avaliação [1,2].

Cada parte do corpo humano possui diferentes propriedades de massa, rigidez e amortecimento, que podem atenuar ou amplificar excitações externas [3]. Quando ocorre a ressonância entre uma excitação externa e alguma parte do corpo humano, podem surgir sintomas tanto diretos, como manifestações epidemiológicas, quanto indiretos, como problemas cognitivos e psicológicos.

Os efeitos diretos resultantes das Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) estão normalmente associados à coluna vertebral humana e ao sistema musculoesquelético, uma vez que os esforços sofridos pela coluna podem degenerar os discos cartilagosos responsáveis por atenuar as forças de impacto, resultando em doenças como a lombalgia [4, 5]. As Lesões Musculoesqueléticas (LEM) são condições relacionadas ao trabalho que têm recebido crescente atenção no campo da saúde ocupacional. Estudos epidemiológicos comprovam que as dores nas costas correspondem a cerca de 50% de todas as LEM que causam incapacidade temporária ou permanente em trabalhadores dos setores agrícola, industrial e de serviços [6].

De acordo com o antigo Ministério do Trabalho do Brasil, a lombalgia, que pode ser definida como lesões ou distúrbios em músculos, nervos, cartilagens e discos da coluna vertebral, ocupava um lugar de destaque entre as causas de concessão de auxílio-doença previdenciário e aposentadoria por invalidez. Indivíduos que desempenham atividades laborais que exigem um alto nível de demanda física, cognitiva e psicológica, como é o caso dos motoristas profissionais de caminhão, estão mais suscetíveis ao desenvolvimento de LEM [6].

O caminhão betoneira é uma das várias máquinas utilizadas no setor econômico da construção civil. Conforme estabelecido pela NBR 12655 - Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle e recebimento, o caminhão betoneira, ilustrado na Figura 1, é equipado com um dispositivo chamado globo, responsável pela mistura do concreto e pela manutenção de sua homogeneidade por meio de agitação [7].



Figura 1 – Caminhão betoneira.

Sua principal função é misturar e transportar o concreto das centrais/plantas dosadoras de concreto até o local da obra civil, conforme ilustrado na Figura 2, a fim de garantir o abastecimento adequado de concreto.

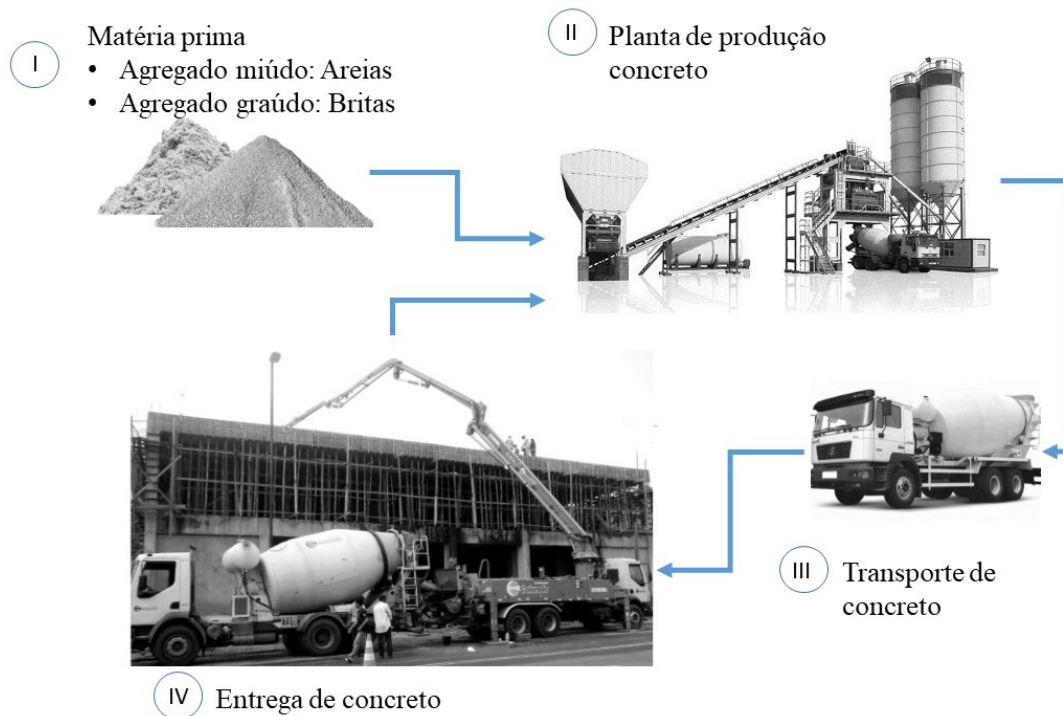


Figura 2: Fluxo das atividades em uma planta dosadora de concreto.

O ciclo de entrega e retorno à planta dosadora se repete ao longo do expediente dos motoristas. A exposição a VCI em condutores de veículos automotivos pode ser influenciada por vários fatores, como a velocidade do tráfego, a qualidade do pavimento, o detalhamento das etapas de trabalho e a frequência de manutenção do veículo. Diante dessa situação, torna-se essencial realizar estudos específicos e detalhados para investigar os impactos na saúde e bem-estar dos condutores [8-11].

Apesar da ampla utilização de caminhões betoneira nas grandes cidades, foram encontrados poucos estudos a exposição à VCI em motoristas desses veículos [11,12]. Portanto, este estudo tem como objetivo caracterizar e avaliar os níveis de exposição à VCI em uma amostra de motoristas de caminhão betoneira na região de Brasília - DF.

2. Normativas

A regulamentação e as disposições referentes à saúde e à segurança dos trabalhadores no Brasil estão previstas na Consolidação das Leis de Trabalho (CLT), e efetivadas por meio de Normas Regulamentadoras (NRs), às quais o cumprimento é obrigatório para todas as empresas públicas e privadas pela CLT.

Como forma preventiva aos efeitos causados pela exposição à VCI, a norma vigente NHO 09 - Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro estabelece limites de exposição aos quais os trabalhadores podem estar sujeitos, além de critérios de avaliação e uma metodologia detalhada para quantificá-los [13].

As ponderações das acelerações instantâneas são realizadas em todos os eixos (“x”, “y” e “z”) e são baseadas nas definições estabelecidas pela ISO 2631-1 - Avaliação da exposição humana às Vibrações de Corpo Inteiro (*Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration*). Em relação aos valores de exposição, a norma nacional utiliza dois parâmetros básicos: a Aceleração Resultante de Exposição

Normalizada (*aren*) e o Valor Dose de Vibração Resultante (VDVR). Este último adquire maior importância em ambientes nos quais o trabalhador sofra choques ou solavancos significativos.

A aquisição do parâmetro *aren* envolve cinco etapas de processamento. A primeira etapa é a Aceleração Média (*am*) [m/s^2], que é calculada integrando os valores de aceleração ponderada em frequência ao longo do tempo, em um determinado eixo ortogonal *j*, de acordo com a Equação [1]. Nessa equação, *a_j* representa as acelerações instantâneas ponderadas em frequência nos eixos ortogonais (“x”, “y” e “z”) e “*t₂ - t₁*” é o intervalo da medição.

A última etapa, representada pela Equação [2], é a Aceleração Resultante de Exposição Normalizada (*aren*) [m/s^2]. Essa etapa tem como objetivo converter a Aceleração Resultante de Exposição (*are*) para uma jornada diária padrão de oito horas.

$$am_j = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}}, \quad (2)$$

A unidade do tempo de acompanhamento diário do trabalho *T* pode ser expressa em horas ou minutos, assim como a padronização da jornada diária de trabalho *T₀*, que pode ser adotada como 8 h ou 480 min.

A obtenção do VDVR, assim como a da *aren*, se dá por etapas de processamento. A primeira etapa, referente ao Valor de Dose de Vibração (VDV_{*j*}) [$\text{m/s}^{1,75}$], é obtida a partir do método de dose de vibração à quarta potência, onde *j* representa os eixos ortogonais (“x”, “y” e “z”); como demonstrado na Equação [3]. A aceleração instantânea já ponderada em frequência é denominado por *a_j*, e *t* é o tempo de duração da medição.

$$VDV_j = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt}, \quad (3)$$

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV_{exp_j})^4 \right]^{\frac{1}{4}}, \quad (4)$$

Para representar a dose de vibração à exposição ocupacional diária considerando a resultante dos três eixos de medição, utiliza-se a Equação [4] para se obter o Valor de Dose de Vibração de Exposição Resultante (VDVR) [$\text{m/s}^{1,75}$], Seja *VDV_{exp_j}* o valor da dose de vibração de exposição ocupacional no eixo *j*, para *j* igual a “x”, “y” ou “z”.

A normativa NHO-09, embora baseada na ISO - 2631, apresenta diferenças notáveis: 1) A normativa internacional oferece duas abordagens ao avaliador, permitindo a escolha entre considerar apenas o eixo dominante (“x”, “y” ou “z”) ou ponderar os três eixos, enquanto pela NHO é utilizado apenas a ponderação entre os três eixos; 2) A ISO - 2631 utiliza a duração efetiva da exposição, enquanto a normativa brasileira considera toda a jornada de trabalho, distribuindo a exposição ao longo das horas trabalhadas; 3) A normativa internacional não estabelece limites de permissibilidade, apenas valores subjetivos de desconforto em relação às vibrações, diferentemente da normativa brasileira, que define limites específicos.

De acordo com os valores de aceleração referentes aos parâmetros *aren* e VDVR, a NHO - 09 estabelece critérios de julgamento quanto à exposição diária a VCI, como demonstrado pela Tabela 1.

Tabela 1: Critérios de julgamento à exposição de vibração de corpo inteiro (Adaptado de NHO - 09 [13]).

aren (m/s^2)	VDVR ($m/s^{1,75}$)	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável	Manutenção das condições existentes
> 0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	Acima do nível de ação	Medidas preventivas
0,9 a 1,1	16,4 a 21	Região de incerteza	Medidas preventivas e corretivas
Acima de 1,1	Acima de 21	Acima do limite de exposição	Medidas corretivas imediatas.

A partir dos níveis de exposição obtidos, caso necessário, deverão ser adotadas medidas preditivas e/ou corretivas, conforme indicado pela normativa [13].

3. Metodologia

A metodologia empregada para o desenvolvimento do estudo pode ser acompanhada pelo diagrama representado pela Figura 3:

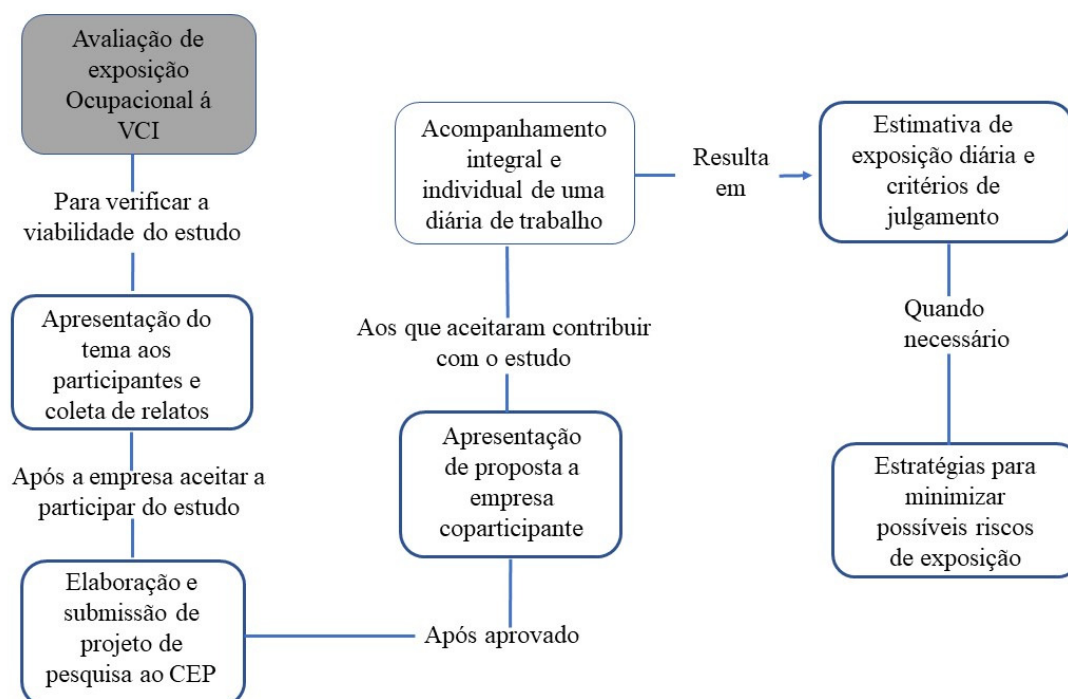


Figura 3 – Fluxograma da metodologia.

Inicialmente, foi estabelecido um contato prévio com a empresa parceira, a fim de apresentar as expectativas e objetivos pretendidos para o desenvolvimento de um estudo sobre a exposição à VCI em motoristas de caminhão betoneira. A possibilidade de realizar o estudo foi facilitada pelo fato de um dos autores ter mantido anteriormente um vínculo empregatício com essa empresa.

Após a apresentação do tema a empresa e verificada a viabilidade da elaboração, foi elaborado o projeto de pesquisa, CAAE número: 05497118.0.0000.0030, que foi submetido ao Centro de Ética em Pesquisa (CEP), da universidade de Brasília (UnB). Após a aprovação pelo CEP, foi dado início ao estudo.

3.1 Caracterização antropométrica da amostra

Primeiramente foi aplicado um questionário de *anamnese* individual de fácil compreensão para cada trabalhador. A pesquisa envolveu uma amostra de trinta e dois motoristas distribuídos em duas filiais da mesma empresa.

O questionário utilizado foi baseado em ferramentas de coleta de dados epidemiológicos, como o *Vibration Injury Network, WBV questionnaire: Southampton low back pain drivers study - VIBRISKS*, o Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos e o diagrama de áreas dolorosas, que são amplamente utilizados na área de saúde ocupacional e já foram aplicados em outros estudos [14-16], e continha perguntas que abrangiam características físicas, sociais, histórico de saúde ocupacional e prevalência de sintomas musculoesqueléticos, a fim de caracterizar a amostra dos motoristas em estudo.

De acordo com estudos, fatores como; idade, tabagismo e fatores físicos e psicossociais relacionados ao trabalho, possuem uma associação positiva entre a exposição à vibração de corpo inteiro (VCI) e distúrbios da coluna lombar [17].

O procedimento de obtenção dos dados antropométricos requeridos nos questionários foi realizado com auxílio de um dos autores e ocorreu de forma individual para cada motorista em ambiente laboral, conforme ilustrado pela Figura 4:



Figura 4: Obtenção das medidas antropométricas.

Os valores de massa foram obtidos por meio de uma balança digital, Figura 4(a), com carga máxima de 180 Kg e a altura de cada motorista foi adquirida por uma fita métrica de 02 metros de comprimento fixada na parede, conforme Figura 4(b).

Após a apresentação da pesquisa e responder ao questionário, cada motorista foi acompanhado durante uma diária de trabalho, o que abrangeu todo o período real de exposição de forma individual.

3.2 Aquisição dos dados experimentais

Os dados de exposição à VCI foram adquiridos nos trabalhadores situados nas filiais da empresa em questão situadas em duas localidades diferentes: Setor de Transporte Rodoviário de Cargas (STRC - SIA) - Usina (1) e Ceilândia - Usina (2), com uma distância aproximada de 20 km entre elas. A distribuição geográfica das usinas está representada na Figura 5.

A primeira filial, localizada no SIA e identificada na Figura como região de número 29 (circulada em vermelho), possui uma equipe de vinte e dois motoristas. Já a segunda filial, em Ceilândia, é representada pelo número 09 (também circulada em vermelho) e conta com dez motoristas. Ambas as filiais estão localizadas a 7 km e 28 km, respectivamente, da região central (plano piloto) "1" de Brasília. Estima-se que cada filial seja responsável pela distribuição de concreto em uma área aproximada de até 45 km, indicada pelo círculo pontilhado em vermelho.

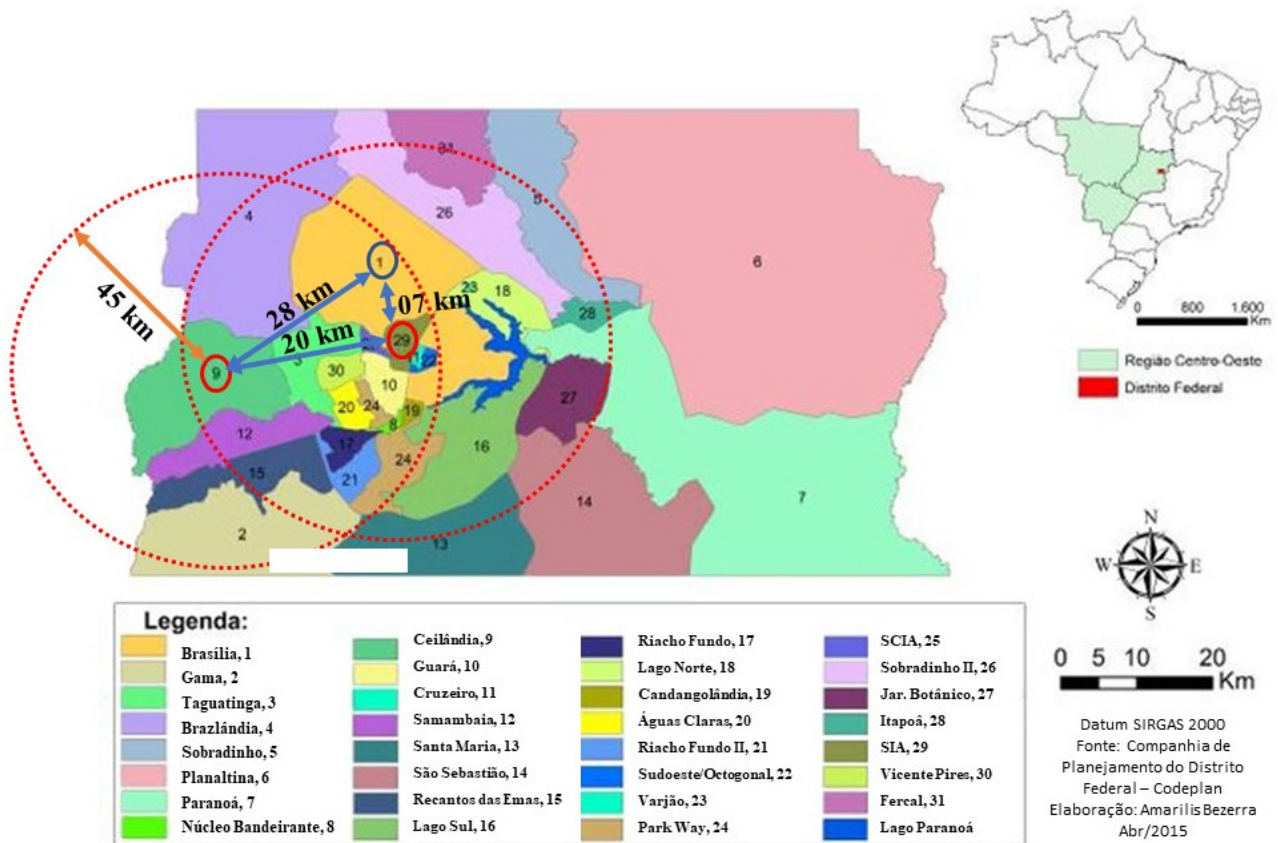


Figura 5: Representação geográfica da localização das usinas no Distrito Federal (Adaptado de Bezerra [10]).

A exposição à VCI foi avaliada dentro da cabine do caminhão durante o transporte de carga ou no retorno do caminhão à central dosadora. Cada motorista é responsável por um caminhão durante todo o período de trabalho e o caminhão está associado ao motorista até o fim do vínculo empregatício ou eventuais transferências.

Conforme indicado pela Figura 6, a aceleração foi medida dentro da cabine do caminhão, na interface motorista/assento por um acelerômetro triaxial (*seatpad*), fixado ao assento por meio de fita adesiva. O *seatpad* é conectado a um integrador digital, modelo *Human Vibration Meter* (HVM100), da fabricante Larson Davis®, e é responsável pela aquisição dos dados obtidos.

O aparelho foi configurado para modo de operação de corpo inteiro, tempo de amostragem slow, curvas de ponderação W_d , W_d e W_k , conforme indicado pela normativa Norma de Higiene Ocupacional – NHO 09 - Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro e pelo manual do aparelho.

A entrega de concreto segue um cronograma estabelecido pela central de dosagem, que é ajustado diariamente. Após cada entrega, o motorista retorna à central e aguarda instruções para a próxima tarefa, que pode ocorrer imediatamente ou em momentos posteriores, dependendo da produção diária de concreto. Neste estudo em específico, foram consideradas apenas as exposições à VCI durante as operações do caminhão, tanto no transporte de carga como no retorno à usina.

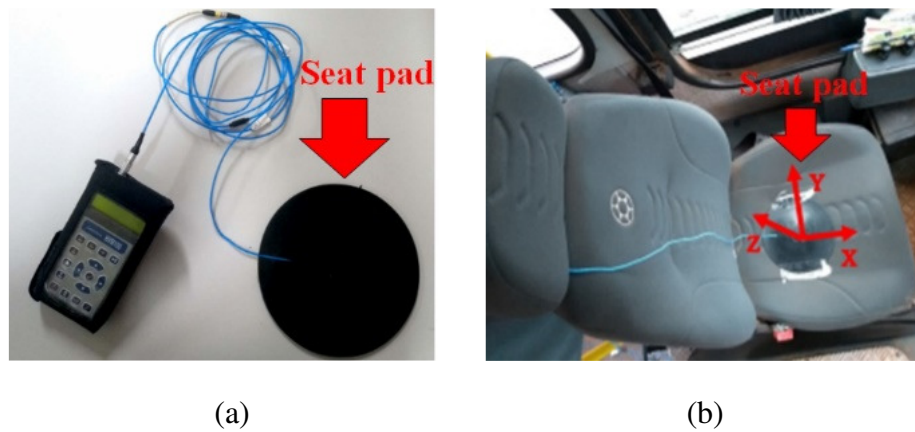


Figura 6: Disposição do acelerômetro tri-axial.

Como medida de segurança implementada pela empresa, todos os caminhões possuem limites de velocidade em 60 km/h quando estão carregados e 70 km/h quando estão vazios. A velocidade de mistura do globo do caminhão, informada pela empresa, é de 02 a 04 rpm durante o transporte de carga, a fim de evitar a segregação do concreto, e de 02 rpm para o retorno à usina.

3.3 Análise dos dados experimentais

O processamento dos dados para a exposição à VCI foi realizado utilizando o *software* Blaze®. Esse *software* permite extrair e visualizar todos os dados de medição armazenados pelo integrador digital, além de possibilitar a exportação desses dados em arquivos .txt ou .CSV. Neste estudo, optou-se pela exportação em arquivos .CSV, os quais foram organizados utilizando o editor de planilhas Excel®.

A exposição pode ser obtida a partir de uma única componente integral de exposição ou de várias componentes de exposição. No caso deste estudo, devido à variedade de trajetos realizados diariamente e aos tempos de pausa entre eles, utilizou-se a metodologia de exposição por meio de várias componentes. O número de componentes para cada caminhão não era fixo, mas proporcional ao número de entregas realizadas.

Foram gerados arquivos correspondentes ao tempo de utilização do dispositivo, de forma proporcional. Cada período de medição de 2 minutos registra um histórico de exposição. Antes da exportação dos dados, os registros de cada componente, relacionados tanto à entrega de carga como ao retorno à usina, foram consolidados para simplificar a análise. Após a exportação e organização dos arquivos consolidados de cada componente de exposição, utilizando o *software* Matlab®, foram realizados todos os cálculos necessários de acordo com as exigências da norma NHO – 09 [13] para obter os parâmetros chamados *aren* e *VDVR*.

As análises estatísticas dos dados foram conduzidas com o auxílio do *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versão 25 para *Windows*. Para todos os testes realizados, adotou-se um nível de significância de 5%, ou seja, $p < 0,05$.

4. Resultados e Discussões

Dentre os trinta e dois motoristas entrevistados, vinte e oito (87,5%) motoristas aceitaram participar da pesquisa proposta, sendo dezoito (64,3%) motoristas provenientes da Usina (1), localizada na região do STRC, e dez (35,7%) motoristas provenientes da Usina (2), localizada na região de Ceilândia. A diferença da quantidade de motoristas entre as duas usinas se deve ao volume médio de concreto produzido diariamente, onde a produção da usina 1 é cerca de 370% superior à usina 2.

Durante todo o estudo proposto, foram realizadas 85 entregas de concreto em diferentes regiões do Distrito Federal, efetuadas pelos 28 caminhões betoneira. A média de entregas informada pela empresa coparticipante para a Usina 1 é de 03 a 04 viagens para cada caminhão durante um dia de trabalho, enquanto na Usina 2, é de 01 a 02 viagens para cada caminhão. O volume de transporte em cada viagem é de no mínimo 03 metros, por questões normativas quanto a qualidade da mistura do concreto e podem chegar em até 08 ou 10m³, dependendo da capacidade do caminhão.

4.1 Análise estatística

4.1.1 Análise dos dados sociais e antropométricos

A partir do questionário de *anamnese* proposto aos participantes, foi possível obter informações pessoais e sociais dos motoristas para uma melhor caracterização da amostra de estudo. Os participantes da pesquisa apresentam idade média de 39,1 anos ($\pm 8,7$) e Índice de Massa Corporal (IMC) médio de 27,3 kg/m² ($\pm 4,3$). A execução de atividade física regular foi relatada por quatorze (50%) entrevistados, o que inclui caminhadas, musculação e prática de esportes. O consumo de álcool em ao menos um dia da semana foi relatado por quatorze (50%) dos motoristas e apenas um (3,6%) dos motoristas se considera fumante.

A partir das características relacionadas ao trabalho, dois motoristas (7,1%) possuem experiência comprovada como motorista profissional em um período de 01 a 05 anos, oito (28,6%) de 05 a 10 anos, dez (35,7%) de 10 a 15 anos e oito (28,6%) possuem mais de 15 anos de experiência.

4.1.2 Análise dos dados referentes às condições de trabalho

Ao serem questionados sobre sua condição de trabalho, dez (35,7%) motoristas julgaram a manutenção do caminhão e equipamentos como “boa”, dezessete (60,7) como “regular” e um (3,6%) como “ruim”; já a respeito da satisfação com o atual emprego, quatro (14,3%) motoristas responderam estar satisfeitos com a atual condição de trabalho, vinte e três (82,1%) disseram estar muito satisfeitos e um (3,6%) disse estar insatisfeito com a atual condição de trabalho.

Ainda pela percepção dos motoristas, vinte (71,4%) motoristas dizem não exercer esforço físico com os membros superiores dentro do caminhão, enquanto oito motoristas (28,6%) dizem exercer esforço físico. Em ambiente de trabalho, porém, fora da cabine do caminhão, vinte (71,4%) motoristas afirmam exercer esforço físico em outras atividades, como a limpeza do caminhão, e oito (28,6%) dizem não exercer esforço físico.

Sobre a qualidade do pavimento urbano, em Brasília – DF, dois (7,1%) dos motoristas julgaram-na como “bom”, vinte (71,4%) julgaram-na como “regular” e seis (21,4%) julgaram-na como “ruim”. Individualmente, a Usina 1 possui a contribuição para este estudo de dezoito (64,3%) caminhões, sendo que dez (55,5%) são caminhões de 10m³ e oito (44,4%) são de 8m³. Relativa a Usina 2, que representa a contribuição total de dez (35,7%) caminhões, cinco (50%) são caminhões de volume máximo de 10m³ e cinco (50%) são de caminhões com volume máximo de transporte de 08m³.

4.1.3 Relato de dores e desconfortos musco-esqueléticos

Como resultado dos questionários muscoesqueléticos aplicados, quinze (53,5%) motoristas apresentaram, na última semana, dores ou desconfortos, dez (35,7%) motoristas relataram dor ou desconforto nos últimos 12 meses e um (3,6%) motorista, ao menos uma vez, relatou já ter sido afastado de suas funções provenientes a dores na região dorsal.

Ao questionar aos motoristas possíveis desconfortos oriundos da exposição ao ruído e/ou vibração, vinte e dois (78,6%) motoristas dizem não sentir incômodo quanto ao ruído emitido pelo caminhão e/ou pelo

tráfego urbano e vinte (71,4%) motoristas dizem sentir maior exposição a vibração quando o caminhão está carregado.

4.2 Estimativa de exposição diária a VCI

Para os trajetos de ida, a aquisição de dados teve início ao sair da central dosadora de concreto e teve como ponto final a chegada à obra civil, após manobrado e estacionado o caminhão. Para os trajetos de retorno, a aquisição de dados teve como início a saída da obra civil e ponto final a entrada da central dosadora de concreto. Cada percurso efetuado pelos motoristas, seja de entrega ou retorno à usina, foi considerado como uma componente diária de exposição.

As componentes de exposição a VCI foram divididas para cada trajeto realizado, levando em consideração até mesmo os possíveis desvios realizados pelos motoristas durante a entrega de concreto. Ao iniciar o período de exposição, era criada uma componente de exposição e cada vez que a exposição foi interrompida, uma nova componente de exposição foi criada, abrangendo esse período específico. Esse procedimento foi realizado para todos os períodos em que o motorista esteve exposto a vibração. A estimativa a exposição a VCI foi obtida pela junção das componentes de exposição diárias.

As amostras possuem tempo de exposição médio a vibração de 169,7 ($\pm 87,1$) min. O cálculo do *aren* respeitou a toda metodologia imposta pela normativa NHO – 09 e podem ser observados pela Figura 7:

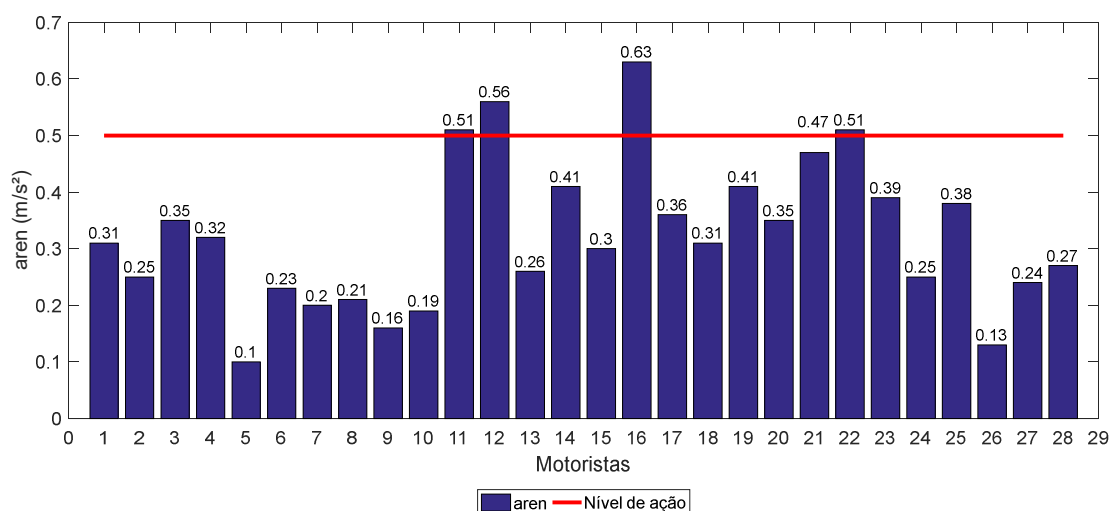


Figura 7: Estimativa de exposição diária a VCI.

Para toda a amostra de estudo, os motoristas 11, 12, 16 e 22, que representam 14,3% da amostra total, obtiveram valor de exposição acima do nível de ação especificado pela NHO – 09 [13]. Durante o processo de acompanhamento dos motoristas, eventos relacionados a trepidações, percursos em estradas de terra, buracos e/ou lombadas acentuadas foram registrados para as amostras: 01, 03, 04, 07, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 23 e 27, o que pode ter contribuído para o aumento do nível de vibração, como identificado por [10,11,14,15, 18-22].

O maior valor de exposição diária a VCI foi obtido pelo décimo sexto motorista, 0,63 m/s² em e o menor valor de exposição foi obtido pelo quinto motorista, em 0,1 m/s². O quinto motorista apresenta também a menor distância percorrida (23,2 km) e o menor tempo de exposição à vibração (44:56 min) dentre os vinte e oito motoristas. Já o décimo sexto motorista apresenta o maior tempo de exposição a vibração (361:03 min) e a segunda maior quilometragem diária percorrida (182,8 km) dentre os vinte e oito motoristas, o que pode indicar uma proporcionalidade entre tempo de exposição, distância percorrida e exposição a VCI [18].

De acordo com a normativa brasileira, para os valores de exposição obtidos, ações preventivas devem ser adotadas, como o aumento da periodicidade de manutenção dos veículos e a realização de avaliação sistemática e repetitiva dos colaboradores quanto à exposição à VCI, além da redução do tempo de exposição à vibração.

5. Conclusão

A presente pesquisa teve como objetivo caracterizar a exposição à VCI em motoristas de caminhão betoneira visando prevenir riscos ocupacionais associados a essa profissão. A participação dos motoristas no estudo foi voluntária, e a amostra utilizada representou 87,5% do total de trinta e dois entrevistados, distribuídos em duas filiais de usinas de concreto, na região de Brasília – DF.

Com base nos resultados obtidos para a exposição à VCI, constatou-se que 14,3% das amostras apresentaram valores de exposição que excederam os limites de ação estabelecidos pelas normas regulamentadoras. Isso indica a necessidade de adotar medidas preventivas, tais como a redução do tempo de exposição e o aumento da frequência de manutenção dos caminhões, conforme sugerido pela norma em vigor. Diante desses resultados, é fundamental adotar medidas preventivas para minimizar os riscos ocupacionais e promover a saúde e o bem-estar dos motoristas.

Devido à associação direta dos caminhões a cada motoristas e à necessidade de manter a logística de transporte e entrega de concreto da empresa, não foi possível identificar, nesta pesquisa, as eventuais discrepâncias nos níveis de exposição vinculadas aos diferentes modelos de veículos.

6. Agradecimentos

À Universidade de Brasília, pela estrutura e equipamentos disponibilizados, e à empresa coparticipante, que aceitou participar do desenvolvimento da pesquisa. Este trabalho foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Esta pesquisa originou-se do trabalho de dissertação intitulado “Avaliação de Ruído Ocupacional e Vibração de Corpo Inteiro em Motoristas de Caminhão Betoneira”, desenvolvido pelos autores, em conjunto com a Universidade de Brasília no ano de 2021.

Referências

1. MANSFIELD, NJ. *Human Response to Vibrations*. New York: CRC Press, 2005.
2. STAYNER, RM. *Whole-body vibration and shock: A literature review*. United Kingdom: HSE Books, 2001.
3. GRIFFIN, MJ. *Handbook of human vibration*. London: Academic Press. 1990.
4. CONTO, J. Gerges, S. Gonçalves, CGO. *Hearing risk in motorcycle taxi drivers of a Southern Brazilian city*. CEFAC – Speech, Language, Hearing Sciences and Educational Journal. v.20, 7p. Janeiro. 2018. <https://doi.org/10.1590/1982-021620182016917>
5. ÖZKAYA, N. Nordin, M. Goldsheyder, D. and Leger, D. *Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation*, 3a. Springer, 2000.
6. MORAIS, GFS. Sampaio, RF. Silva, LF. Souza, MAP. *Whole-body vibration and musculoskeletal diseases in professional truck drivers*. Fisioter. Mov., Curitiba, v. 29, n. 1, p. 159-72. Março. 2016.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655 – *Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento*. Rio de Janeiro, p.18. 2006.
8. SMETS, MPH. Eger, TR. e Grenier, SG. *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. v. 41, 7p. Janeiro. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.01.002>
9. BEZERRA, AB. Silva, MS. Silva, PPA. Ramalho, WM. Gurgel, HC. *Análise Espacial dos Fatores Associados à Realização de Cesariana no Distrito Federal em 2009*. Espaço e Geografia, Vol. 18, nº 2(2015), p: 329-346. 2009.
10. LEWIS, CA. e Johnson, PW. *Whole-body vibration exposure in metropolitan bus drivers*. Occupational Medicine. v.62, 6p. Julho. 2012. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqs096>
11. PICORAL FILHO, JG., Neto, MF. Quintas, JPR. Gomes, HM. *Case study on vibration health risk and comfort levels in loading crane trucks*. The International Journal Health Planning and Management. vol. 34, 16p. Abril. 2019. <https://doi.org/10.1002/hpm.2808>

12. CLARK, N., Dropkin, J., and Kaplan, L. 2001. *Ready Mixed Concrete Truck Drivers: Work Related Hazards and Recommendations for Controls*. Construction Hygiene and Ergonomics Program, USA, 27p.
13. FUNDACENTRO, NHO 09. *Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro*. São Paulo: FUNDACENTRO, 2013.
14. LIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
15. ZANATTA M. *Exposição Ocupacional à Vibração de Corpo Inteiro e Repercussões Sobre a Saúde de Pilotos Agrícolas* [Occupational Exposure to Whole Body Vibration and Repercussions on the Health of Agricultural Pilots] [dissertation]. Rio Grande do Sul (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2017.
16. BOVENZI, M., Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S., Bramanti, L., Festa, G., Gatti, S., Pinto, I., Rondina, L., Stacchini, N. *An epidemiological study of low back pain in professional drivers*. Journal of Sound and Vibration. v.298 (2006) 514 – 534. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2006.06.001>
17. CHAUDHARY, DK., Bhattacharjee, A., Patra, AK., Upadhyay, R., Chau, N. *Associations between whole-body vibration exposure and occupational and personal factors in drill operators in indian iron ore mines*. Mining Metallurgy & Exploration, v. 36(3), (2019) 495-511. <https://doi.org/10.1007/s42461-019-0061-y>
18. MANDAL, BB. and Mansfield NJ. *Contribution of individual components of a job cycle on overall severity of whole-body vibration exposure: a study in Indian mines*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. v. 22, 9p. Dezembro. 2015. <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1116815>
19. TAMRIN, SBM. Yokoyama, K. Aziz, N. Maeda, S. *Association of Risk Factors with Musculoskeletal Disorders among Male Commercial Bus Drivers in Malaysia*. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries. v. 24, 16p. Abril. 2012. <https://doi.org/10.1002/hfm.20387>
20. ZANOL, EJ. *Avaliação dos Níveis de Vibração de Corpo Inteiro Sofridos por Motoristas de Ônibus Urbanos em Diferentes Tipos de Pista*. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2014.
21. VALLONE, M. Bono, F. Quendler, E. Febo, P. Catania, P. *Risk exposure to vibration and noise in the use of agricultural track-laying tractors*. In Proceedings of Annals of Agricultural and Environmental Medicine. v.23, nº 4, 6p. Palermo, Itália. 2016. <https://doi.org/10.5604/12321966.1226852>.
22. NUNES, MAA. e Silva, RC., 2015. *Whole Body Vibration Measurements in Intercity Bus Drivers: A Comparison Among of Different Roads of Central Region of Brazil*. In Proceedings of the 22th International Congress on Sound and Vibration. Florence, Italy. v. 3, Issue: 06, 4p. Junho. 2016.
23. SANTOS MV. *Avaliação do Ruído Ocupacional e Vibração de Corpo Inteiro em Motoristas de Caminhão Betoneira* [Evaluation of Occupational Noise and Whole Body Vibration in Concrete Mixer Truck Drivers]. [Dissertação de mestrado]. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2021.