

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RELATOS DE DORES E DESCONFORTOS EM MOTORISTAS DE ÔNIBUS RODOVIÁRIOS

M. A. A. Nunes\*, R. C. Silva\*, C. J. Miosso\*, L. R. T. Peixoto\*\*, A. F. Rocha\*

\*Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama, Gama/DF, Brasil

\*\* Universidade Paulista - UNIP, Brasília/DF, Brasil

e-mail: [maanunes@unb.br](mailto:maanunes@unb.br), [ritasilva@unb.br](mailto:ritasilva@unb.br), [miosso@ieee.org](mailto:miosso@ieee.org)

**Abstract:** In the study of whole body vibrations (WBV) in professional drivers, the irregularities and roughness of the streets constitute the main source of excitation. However, several anthropometric and behavioral variables of drivers may influence the relations between WBVs and potential physiological or structural effects, while other variables may behave as confounding in the establishment of cause-effect relations. In this context, this paper aims at presenting the methodology and preliminary results and conclusions of the first stage of a larger study whose objective is to determine the accelerations and vibration dosages that affect interstate bus drivers. In this stage, we used established statistical methods to investigate the correlations between personal characteristics (weight, height, body mass index, fat percentage) with pain levels and types reported by the drivers. The results of this analysis will assist our investigation of the relations between WBVs and drivers pains, and will allow us to control the variables when establishing possible cause-effect relations.

**Keywords:** whole body vibrations (WBVs), bus drivers, anthropometry, postural evaluation, flexibility.

### Introdução

Motoristas de veículos automotores estão susceptíveis a vibrações ocasionadas, principalmente, pela rugosidade da superfície das vias pelas quais trafegam. Estas vibrações afetam o corpo inteiro (VCI) e são reconhecidas pela comunidade científica como a causa de vários problemas de saúde [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Pesquisas que envolvem a saúde do trabalhador normalmente consideram uma etapa inicial, com a caracterização dos indivíduos por meio de exames como raios-X, ressonância magnética, testes funcionais, etc e, mais comumente, o preenchimento de questionários que avaliam de forma subjetiva a qualidade de vida do trabalhador, assim como um auto diagnóstico relativamente a dores sentidas [4, 5, 6, 7, 8]. Segundo esta perspectiva pode-se, em avaliação preliminar baseada em questionário de qualidade de vida, correlacionar características pessoais dos indivíduos com sua avaliação em termos de condições físicas.

Nesse sentido, dentro do escopo de um trabalho mais amplo, que envolve o estudo de VCI de motoristas de ônibus interestaduais de uma Empresa de Brasília, o presente artigo apresenta a metodologia aplicada, os resultados preliminares e conclusões parciais da etapa

de caracterização dos motoristas. Esta fase inicial compreende a antropometria, além da aplicação de um questionário de qualidade de vida e autodiagnóstico referente à dor e ao desconforto sentidos no exercício da profissão de 52 indivíduos do sexo masculino com idade entre 26 e 66 anos. Com base nas informações obtidas da antropometria e do questionário, foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson entre as dores reportadas e as principais variáveis antropométricas. Foram efetuados ainda o teste estatístico de permutação, para determinação do valor-*p* associado à hipótese nula de correlação não-negativa ou não-positiva, e o teste de *bootstrap*, para determinação do intervalo de 95 % de confiança dos coeficientes de correlação.

Um dos objetivos principais desta análise é determinar quais aspectos antropométricos e de tempo de serviço podem estar relacionados aos níveis reportados de dor. Tendo em vista que o objetivo final é o estudo sistemático de efeitos de vibrações, a contextualização aqui apresentada enfatiza o estudo de VCIs.

A pesquisa completa, cuja primeira fase é descrita no presente artigo, engloba vários aspectos da engenharia biomédica, e é feita em colaboração com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília, Campus Gama. Dentre os aspectos de engenharia biomédica abordados, incluem-se: (i) o desenvolvimento de *hardware* e *software* para o estudo de vibrações sobre motoristas de ônibus brasileiros; (ii) o estudo das correlações entre doses de vibrações e variáveis antropométricas e de comportamento de motoristas de ônibus; (iii) o desenvolvimento e avaliação de um sistema automático de avaliação postural de motoristas baseado em processamento e classificação de imagens e vídeos digitais.

### Metodologia

A metodologia deste trabalho se divide em duas etapas: a primeira compreende a avaliação qualitativa e quantitativa dos motoristas de ônibus rodoviários selecionados para participar do projeto (etapa já realizada). A segunda etapa diz respeito às medições de vibrações *in situ* de corpo inteiro dos motoristas avaliados na primeira etapa (a ser realizada).

A definição da amostra dos motoristas foi realizada em conjunto com a equipe de Serviços Especializados

em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) da empresa parceira no projeto.

Foram avaliados 5 grupos de motoristas: Grupo 1 com 9 indivíduos, Grupo 2 e 3 com 10 indivíduos, Grupo 4 com 11 indivíduos e o Grupo 5 com 12 indivíduos. Totalizando 52 indivíduos do sexo masculino com idade entre 26 e 66 anos. Ressalta-se que a quantidade de motoristas em cada grupo dependeu exclusivamente do setor de recursos humanos em liberar o mesmo para participar do evento.

O protocolo de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (CEP/FS–UnB), com CAAE 22547613.0.0000.0030. Todos os participantes foram esclarecidos sobre as atividades das quais iriam participar e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido.

A metodologia geral aplicada encontra-se resumida no fluxograma da Figura 1.

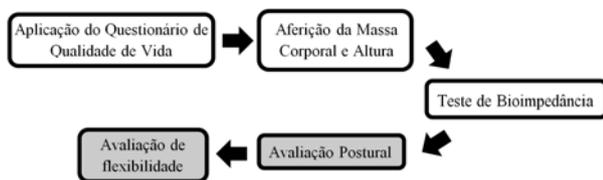


Figura 1: Metodologia utilizada na Etapa 1 do projeto.

O questionário de qualidade de vida foi elaborado pelos fisioterapeutas da equipe de pesquisadores em conjunto com a psicóloga do setor de recursos humanos da empresa. Além de questões para avaliar o nível de estresse do indivíduo, o questionário compreende ainda uma auto-avaliação por parte do motorista com relação à intensidade (em uma escala de 1 a 5) das dores e desconfortos que ele sente em regiões do corpo pré-definidas (22 regiões), conforme a Figura 2.

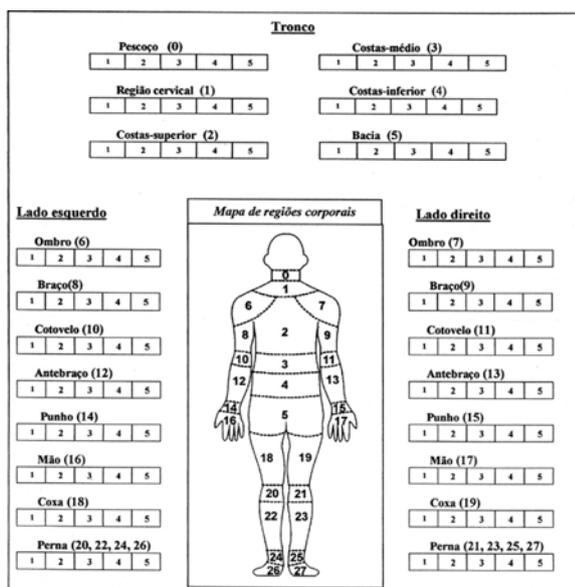


Figura 2: Regiões do corpo auto-avaliadas pelos motoristas.

A massa corporal e a altura dos indivíduos foram aferidas por uma balança analógica com estadiômetro. O teste de bioimpedância foi realizado utilizando um medidor da OMRON Modelo HBF-306C, que fornece o percentual de gordura corporal e o Índice de Massa Corporal (IMC). A Figura 3 ilustra os equipamentos utilizados na avaliação da massa corporal, da altura e do percentual de gordura.

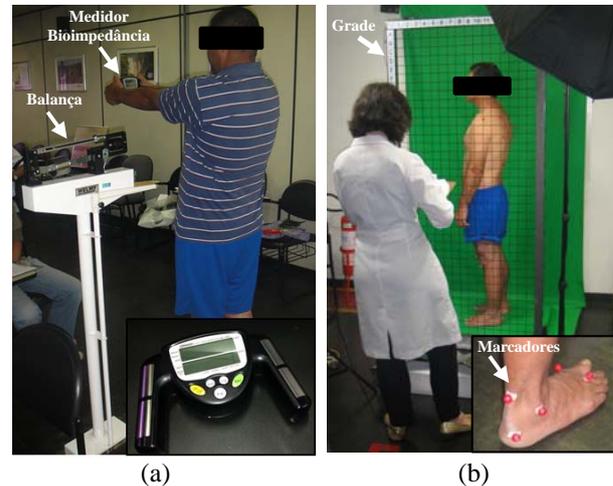


Figura 3: equipamentos utilizados para: (a) avaliação de massa corporal e de altura; (b) avaliação postural.

As Etapas seguintes do projeto consistirão na verificação da correlação entre os parâmetros referentes à avaliação postural e flexibilidade (Fig. 1) com dores nas regiões auto-avaliadas pelos motoristas (Fig.2), além da medição de vibração transmitida ao motorista pelo assento do veículo, conforme ilustrado na Figura 4b.

Assim, este artigo se limitará à análise dos resultados obtidos a partir dos questionários de qualidade de vida, considerando métodos estatísticos adequados com o objetivo de estabelecer a correlação entre as variáveis: idade, tempo de serviço, altura, gordura corporal, IMC e o relato da intensidade de dor/desconforto nas zonas sinalizadas pelos números de 1 a 7 (Figura 2).

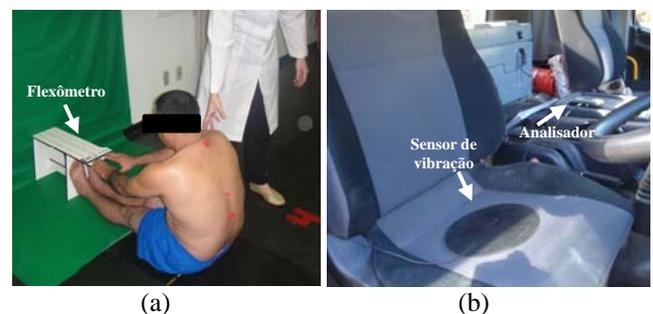


Figura 4: (a) Avaliação de flexibilidade do motorista; (b) medição *in situ* da vibração no motorista.

Para medir uma possível correlação entre dor reportada/ variáveis antropométricas e tempo de serviço, foram considerados pares de variáveis formados por cada um dos tipos de dores analisados e cada uma das variáveis, quais sejam, altura, percentual de gordura corporal (FAT), IMC e tempo de serviço. Dessa forma, a dor é representada por  $V_1$  e a variável antropométrica ou de tempo de serviço representada por  $V_2$ .

Para avaliação da correlação estatística de cada par de variáveis ( $V_1, V_2$ ), foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, dado por:

$$C_p = \frac{Cov(V_1, V_2)}{\sigma_1 \sigma_2}, \quad (1)$$

onde  $Cov(V_1, V_2)$  é a covariância amostral entre  $V_1$  e  $V_2$  e  $\sigma_i$  é o desvio-padrão amostral de  $V_i$  ( $i \in \{1,2\}$ ),

$$Cov(V_1, V_2) = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (V_1^k - \mu_1)(V_2^k - \mu_2) \quad (2)$$

e

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (V_i^k - \mu_i)^2}, \quad (3)$$

com  $V_i^k$  a  $k$ -ésima amostra de  $V_i$  e  $\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N V_i^k$  a média amostral de  $V_i$ , respectivamente.

Em seguida, foram realizados os testes de permutação e de *bootstrap*, para determinação da confiabilidade estatística e do intervalo de 95 % de confiança para cada coeficiente de Pearson.

O teste de permutações foi realizado, para cada par de variáveis estudado, com a hipótese nula de que o coeficiente de correlação é não-negativo e, posteriormente, com a hipótese de que ele é não-positivo. Para os  $N$  pares de amostras ( $V_1^k, V_2^k$ ), o procedimento básico consistiu em gerar  $M$  permutações da sequência associada a  $V_2$ , de forma a gerar novos  $N$  pares ( $V_1^k, V_2^p$ ), para cada permutação considerada (no algoritmo implementado, aumentou-se o valor de  $M$  até que o resultado final não fosse alterado acima de uma tolerância pré-determinada). Os coeficientes de Pearson correspondentes aos novos  $M$  conjuntos de  $N$  pares foram então determinados, e o valor- $p$  associado à confiabilidade em rejeitar a hipótese nula foi calculado a partir deles, segundo [10]. Assim, para a hipótese nula de que o coeficiente de Pearson original  $C_p$  é não-positivo, o valor- $p$  foi dado pela proporção dos novos coeficientes que foram maiores ou iguais a  $C_p$ . Já para a hipótese nula de que o coeficiente original  $C_p$  é não-negativo, o valor- $p$  foi dado pela proporção dos novos coeficientes que foram menores ou iguais a  $C_p$ .

Já os testes do tipo *bootstrap* foram conduzidos segundo os procedimentos descritos em [10] e [11]. Para cada conjunto de  $N$  pares ( $V_1^k, V_2^p$ ), foram tomadas  $N$  amostras com repetição, de forma a gerar um novo conjunto de  $N$  pares. O processo foi repetido  $M$  vezes (novamente aumentando  $M$  até que o resultado não variasse acima da tolerância) e foi registrado o

coeficiente de Pearson associado aos novos pares. O intervalo de confiança de 95 % foi determinado como a faixa de valores acima do percentil 2,5 e abaixo do percentil 97,5, dentre os  $M$  coeficientes calculados [10].

## Resultados e Discussão

A amostra analisada é formada por 52 motoristas do sexo masculino, com idades entre 26 e 66 anos (média de 46,5 anos e desvio-padrão de 8,0 anos). Os participantes atuam em média há ... anos como motoristas de ônibus (desvio-padrão de ... anos). O IMC médio é de 28,5 kg/m<sup>2</sup>, com desvio-padrão de 4,3 kg/m<sup>2</sup>, enquanto que o percentual de gordura médio é de 25,9 %, com desvio-padrão de 5,5%.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise do coeficiente de correlação de Pearson ( $C_p$ ) entre a região corporal com dor (segundo Fig. 2) e as variáveis antropométricas percentual de gordura corporal (FAT) e índice de massa corpórea (IMC), além do tempo de serviço ( $ts$ ). As hipóteses H- e H+ correspondem, respectivamente, à hipótese de que  $C_p$  é não-positivo e não-negativo (valor- $p$  Hipótese nula).

Observe na Tab. 1 que os valores- $p$  obtidos foram iguais ou inferiores a 0,05 (destacado em cinza), indicando correlação estatisticamente significativa entre as variáveis consideradas, com o nível de confiança de pelo menos 95 %.

Especificamente, observou-se que a dor na região cervical (região 1) apresentou correlação negativa com o tempo de serviço ( $p=0,02$ ), sugerindo que os motoristas com mais tempo de serviço apresentam menos dor nesta região. O mesmo se observou para a dor na região do ombro esquerdo (região 6 e  $p=0,05$ ).

No entanto, esperava-se que numa primeira análise, a dor reportada tenha correlação positiva com o tempo de serviço, devido à exposição a fatores de risco, como as vibrações de corpo inteiro (VCI) que se pretende analisar em detalhe nesta pesquisa. Os autores pretendem investigar numa futura pesquisa as razões para as correlações negativas; uma hipótese é um processo de dessensibilização por parte dos motoristas, já que a dor é auto-reportada. Outra hipótese é a seleção de trabalho por parte dos motoristas, processo pelo qual os motoristas com maior susceptibilidade àquelas dores tenderiam com o tempo a buscar outros trabalhos.

Tabela 1: Análise do coeficiente de correlação.

Região de dor	Variável	$C_p$	H-	H+	95% Confiança
1	$ts$	-0,33	0,02	0,98	[-0,61;-0,04]
6	$ts$	-0,26	0,05	0,95	[0,51;0,01]
8	$ts$	0,26	0,95	0,05	[-0,11;0,51]
3	FAT	-0,33	0,02	0,98	[-0,61;-0,04]
5	IMC	0,29	0,98	0,02	[0,02;0,50]
7	IMC	0,24	0,95	0,05	[0,01;0,43]

Por outro lado, a dor reportada no braço esquerdo (região 8) apresentou correlação positiva ( $p=0,05$ ) com o tempo de serviço, o que está de acordo com o

esperado pela exposição aos fatores de risco (cabe, na análise proposta acima, definir a causa da diferença em relação às outras dores consideradas).

Já com respeito ao percentual de gordura (FAT), o único resultado significativo observado ( $p=0,02$ ) foi o da dor na região central das costas (região 3), para a qual se observou correlação negativa, sugerindo que a dor reportada em questão diminui com o percentual de gordura. Finalmente, tanto a dor na região (5) da bacia como a dor na região (7) do ombro direito apresentaram correlação positiva com o IMC, com  $p=0,02$  e  $0,05$ , respectivamente.

Quanto às demais dores analisadas, não foi encontrada correlação estatisticamente significativa com respeito às demais variáveis. A análise será agora repetida com mais motoristas, sobretudo para estes tipos de dor.

### Conclusão

O propósito da primeira fase deste trabalho foi avaliar as correlações entre as dores reportadas e diferentes variáveis antropométricas e de tempo de serviço. Observou-se correlação negativa entre o tempo de serviço as dores na região cervical ( $p=0,02$ ) e de ombro esquerdo ( $p=0,05$ ). Enquanto a correlação positiva pode ser em virtude de exposição prolongada aos riscos da profissão (e.g., as VCIs, que os autores passam a analisar em detalhes na segunda parte da pesquisa), as correlações negativas podem ser por efeito de dessensibilização por parte dos motoristas.

Com respeito às variáveis antropométricas, observou-se correlação negativa e estatisticamente significativa ( $p=0,02$ ) entre o percentual de gordura e a dor na parte central nas costas, bem como correlação positiva e estatisticamente significativa entre o IMC e a dor na bacia ( $p=0,02$ ) e entre o IMC e a dor no ombro direito ( $p=0,05$ ).

Na próxima etapa da pesquisa, os níveis observados de vibração de corpo inteiro serão correlacionados com os níveis de dor dos motoristas. As correlações já analisadas entre as variáveis antropométricas e estas dores serão utilizadas para controlar outros fatores que influenciem nas dores.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro (Universal - MCTI/CNPq N° 14/2012). Aos órgãos públicos NTU, CNT e ABRATI pela parceria junto à UnB/FGA. Ao grupo do setor de ônibus rodoviários (sigilo de identidade) pela confiança e disponibilizar as informações necessárias para execução desta pesquisa bem como os motoristas avaliados.

### Referências

[1] Costa N, Arezes P M, Melo RB. Effects of occupational vibration exposure on cognitive/motor performance. *International Journal of Industrial*

- Ergonomics*, 2014; 44(5), 654-661. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2014.07.005>.
- [2] Thamsuwan O, Blood RP, Ching RP, Boyle L, Johnson PW. Whole body vibration exposures in bus drivers: A comparison between a high-floor coach and a low-floor city bus. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2013; 43(1), 9-17.
- [3] Nakamura H, Katoh A., Nohara S, Nakamura H, Okada A. Experimental studies on the pathogenesis of the gastric mucosal lesions induced by whole-body vibration. *Environmental Research*. 1992; 58: 220-229.
- [4] Wikstrom BO, Kjelberg A, Landstrom U. Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1994;14: 273-292.
- [5] Okunribido OO, Magnusson M, Pope MH. Low back pain in drivers: the relative role of whole-body vibration, posture and manual materials handling. *Journal of Sound and Vibration*. 2006; 298:540-555.
- [6] Gallais L, Griffin MJ. Low back pain in car drivers: A review of studies published 1975 to 2005. *Journal of Sound and Vibration*. 2006; 298:499-513.
- [7] Jones W, Haslam R, Haslam C. Measuring job quality: A study with bus drivers. *Applied Ergonomics* (2014); 45(6), 1641-1648.
- [8] Castellanos JC, Fruett F. Embedded system to evaluate the passenger comfort in public transportation based on dynamical vehicle behavior with user's feedback. *Measurement*, 2014; 47(0), 442-451.
- [9] Shibata N, Maeda S. Determination of backrest inclination based on biodynamic response study for prevention of low back pain. *Medical Engineering and Physics*. 2010; 32: 577-583.
- [10] Lehmann, E.L. e Romano, J. P. *Testing statistical hypotheses*. Terceira edição. Springer texts in statistics, 2005. Nova Iorque, EUA. Springer. 784 p.
- [11] Zoubir, A.M. e B. Boashash, The bootstrap and its application in signal processing. *IEEE Magazine on Signal Processing*, 1998. 15(1): p. 56-76.