



Revista de Saúde Pública

ISSN: 0034-8910

revsp@usp.br

Universidade de São Paulo
Brasil

Silva, Luiz Felipe; Mendes, René
Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de
trabalhadores
Revista de Saúde Pública, vol. 39, núm. 1, enero, 2005, pp. 9-17
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67240145002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores

Combined exposure to noise and vibration and its effects on worker's hearing

Luiz Felipe Silva^a e René Mendes^b

^aCentro de Referência em Saúde do Trabalhador do Estado de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.

^bDepartamento de Medicina Preventiva. Faculdade de Medicina. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, Brasil

Descritores

Vibração. Perda auditiva provocada por ruído. Ruído ocupacional. Ruído dos transportes. Exposição ocupacional. Vibração de corpo inteiro.

Resumo

Objetivo

Quantificar a exposição de motoristas de ônibus à vibração de corpo-inteiro e ao ruído, e analisar a possível associação entre estes dois fatores de risco para a perda auditiva induzida por ruído.

Métodos

Trata-se de estudo transversal onde 141 motoristas de ônibus se submeteram a exame audiométrico. O grupo de motoristas foi estratificado internamente em subgrupos de “expostos” e “controles”, conforme antigüidade na empresa. Foram avaliadas as exposições ao ruído e à vibração de corpo-inteiro (VCI). Empregou-se a técnica de regressão logística para descrever a associação entre perda auditiva induzida por ruído (PAIR) e o conjunto de variáveis explanatórias.

Resultados

O nível de exposição semanal [$L_{EP,w}$ (média \pm desvio-padrão)] foi de $83,6 \pm 1,9$ dB(A) para os motoristas de ônibus com motor dianteiro e de $77,0 \pm 1,1$ dB(A) para aqueles que operam veículos com motor traseiro. O valor médio da aceleração da vibração, ponderado, foi de $0,85 \text{ m/s}^2$. O modelo mais ajustado apontou idade (≥ 44 ; RC=2,54; IC 95%=1,15-5,62), diabetes (RC=5,46; IC 95%=0,95-31,4) e nível de emissão sonora ($\geq 86,8$ dB(A); RC=2,76; IC 95%=1,24-6,15) como variáveis significantes para o desenvolvimento de PAIR. Em outro modelo analisado, a exposição à VCI foi significante.

Conclusões

Os níveis de VCI encontrados foram relevantes. Em veículos com motor dianteiro, a exposição ao ruído é maior. Não foi observada associação entre exposição à VCI e PAIR, nem interação com a exposição ao ruído. Outro modelo sugere a associação de PAIR com VCI, recomendando análises posteriores.

Keywords

Vibration. Hearing loss, noise-induced. Noise, occupational. Noise, transportation. Occupational exposure. Whole-body vibration.

Abstract

Objective

To assess the exposure of bus drivers to noise and whole-body vibration (WBV) and to examine the possibility of an association between these risk factors for noise-induced hearing loss.

Methods

A cross-sectional study was carried out among 141 bus drivers who underwent an audiometry test. This group was classified and internally stratified in subgroups of

Correspondência para/ Correspondence to:

Luiz Felipe Silva
Rua Conselheiro Crispiniano, 20 8º andar
01037-000 São Paulo, SP, Brasil
E-mail lfelipe@usp.br

Baseado em tese de doutorado apresentada na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, em 2002. Trabalho realizado no Departamento de Vigilância do Centro de Referência em Saúde do Trabalhador. Apresentado no 27º Congresso Internacional de Saúde Ocupacional promovido pela International Commission on Occupational Health, em fevereiro de 2003, na cidade de Foz do Iguaçu, Brasil. Recebido em 4/8/2003. Reapresentado em 17/5/2004. Aprovado em 31/5/2004.

“exposed” and “controls” according to cumulative working time as bus drivers. Their exposure to noise and vibration was assessed. The association between noise-induced hearing loss (NIHL) and the set of explanatory variables was analyzed through logistic regression.

Results

The average (\pm standard deviation) weekly noise exposure of front-engine bus drivers was 83.6 ± 1.9 dB(A), while rear-engine bus drivers were exposed to 77.0 ± 1.1 dB(A). The weighted average of vibration acceleration was $0.85/m^2$. In the best adjusted model, the multivariable analysis showed that age (≥ 44 ; OR=2.54; 95% CI=1.15-5.62), diabetes (OR=5.46; 95% CI=0.95-31.4), and the level of noise emission [≥ 86.8 dB(A); OR=2.76; 95% CI=1.24-6.15] were risk factors for NIHL. In another model studied, WBV exposure was significant in determining NIHL.

Conclusions

Bus drivers were exposed to significant WBV levels. The noise exposure was more pronounced in front engine than in rear-engine vehicles. No association between WBV exposure and NIHL was observed and no interaction was found between WBV and noise exposure. Further studies are required as other model indicated an association between WBV and NIHL.

INTRODUÇÃO

Vibração de corpo-inteiro (VCI) é um estímulo frequentemente presente em muitas realidades de trabalho, expondo trabalhadores em diversas operações e situações: indústria da construção civil (motoniveladoras, pá carregadeiras, tratores de esteira); indústria do transporte (caminhões, ônibus, motocicletas, veículos em geral); transporte ferroviário (trens, metrô); equipamentos industriais (ponte-rolante, empilhadeira); máquinas agrícolas (tratores, colheitadeiras); helicópteros; embarcações e veículos fora-de-estrada usados em mineração.

Efeitos adversos na coluna vertebral, devido à exposição à VCI, como lombalgia, degeneração precoce da região lombar e hérnia de disco têm sido os tópicos mais recorrentes na literatura sobre o tema (Bovenzi & Zadini,⁴ 1992; Bovenzi & Hulshof,⁵ 1999; Bernard & Fine,² 1997).

Uma peculiaridade da realidade de trabalho de motoristas de ônibus urbano, é a exposição constante ao ruído e o conseqüente risco de perda auditiva induzida por ruído (PAIR), sobretudo em razão da configuração dos veículos utilizados. Na literatura internacional, especificamente no tocante aos países industrializados, não se verificou a existência de qualquer pesquisa ou estudo sobre o assunto. Pesquisas que consideram importante a exposição de motoristas de ônibus urbanos ao ruído, como fator de risco à saúde, se manifestam em países dependentes ou denominados “em desenvolvimento” (Tovalin et al,²⁵ 1991; Cordeiro et al,⁸ 1994).

Estudos que abordam a concomitância dos dois fa-

tores de risco, VCI e ruído, configurando assim uma exposição combinada, foram predominantemente realizados em laboratório. Resultados dessas pesquisas apontam que há a possibilidade de amplificar a mudança temporária de limiar de audição (MTL) (Manninen,¹⁷ 1983; Manninen & Ekblom,¹⁶ 1984). Pesquisas observacionais conduzidas por Pinter (1975) e Schmidt (1987), citados por Seidel²³ (1993: 594) compararam grupos de trabalhadores, com exposições similares ao ruído, mas distintas em relação à VCI, constataram que a VCI contribuiu para o desenvolvimento do dano permanente à audição.

Os objetivos da presente pesquisa foram: quantificar a exposição de motoristas de ônibus à vibração de corpo-inteiro (VCI) e ao ruído; e analisar a possível associação entre estes dois agentes para o desenvolvimento de PAIR.

MÉTODOS

População de estudo

A partir de uma amostra de motoristas de uma empresa de transporte coletivo da cidade de São Paulo, cuja jornada de trabalho se inicia no período vespertino, definiram-se dois grupos de exposição segundo tempo acumulado na empresa. O grupo intitulado “exposto” compreendeu 85 trabalhadores com tempo acumulado superior ou igual a cinco anos, enquanto o “não-exposto”, envolvendo 105 motoristas, com três anos ou menos; totalizando 190 motoristas. A formulação deste critério se ancorou na literatura sobre o tema, pois de acordo com Silva & Costa²⁴ (1998), a PAIR apresenta-se normalmente após três anos de exposição, tendendo a se estabilizar de-

pois de um período de 15 anos de evolução. O método de seleção da população de estudo se apoiou no processo denominado restrição (Kleinbaum et al,¹⁴ 1982). Segundo esses autores, para elucidar o processo, mencionam um exemplo de aplicação em saúde ocupacional, asseverando que a população de estudo pode se restringir a um grupo com exposição importante a um fator de risco e outro sem exposição. Desta forma, eleva-se a possibilidade de se detectar uma associação, independente da dimensão da amostra, caso haja uma relação monotônica. Esta relação se manifesta de forma nítida no caso de exposição ao ruído e desenvolvimento de PAIR.

Avaliação de exposição ao ruído

As avaliações se fundamentaram nos princípios estabelecidos pela Norma ISO-1999¹² (1990), empregando-se um medidor de nível sonoro Brüel & Kjaer, modelo 2236, posicionado em tripé, aproximadamente a 10 cm da orelha direita do motorista. A partir da amostra de motoristas, estabelecida segundo critérios sugeridos por Leidel et al¹⁵ (1977), o valor do nível de exposição, estabelecido pela equação 1, foi estimado com base nos dados das medições, da extensão da jornada de trabalho e considerando o erro estatístico.

$$L_{EX} = L_{Aeq} + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ dB(A)} \quad (1)$$

Onde T representa o período de exposição a determinado nível equivalente e T_0 o tempo critério de 8h.

Uma vez que a jornada semanal dos motoristas compreende seis dias de trabalho, configurando, portanto, uma distribuição irregular no período, optou-se pelo cálculo do nível de exposição semanal $L_{EP,w}$, grandeza esta estabelecida pela diretiva da Comunidade Econômica Européia⁷ (1986) e definido pela equação 2:

$$L_{EP,w} = 10 \times \log \left[\frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{0,1(L_{EP,d})^k} \right] \text{ dB(A)} \quad (2)$$

Onde $(L_{EP,d})^k$ são os valores do L_{EX} para cada um dos m ou seis dias de trabalho da semana considerada.

O procedimento de medições abrangeu 24 das 25 linhas em operação na empresa. A imissão sonora (E_A), concernente ao valor do nível de exposição e tempo acumulado como motoristas na empresa, foi determinada por intermédio da equação 3 (Ishii et al,¹³ 1992; Niosh,²⁰ 1998):

$$E_A = L_{ex} + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ dB(A)} \quad (3)$$

onde:

E_A refere-se ao nível de imissão de ruído ponderado na escala A; L_{EX} , o nível de exposição semanal médio calculado; T, o tempo de exposição, ou de condução do veículo na empresa, em anos, e T_0 representa o período de um ano.

Avaliação de exposição à VCI

A amostra dos modelos de ônibus utilizados pela empresa serviu para determinar o valor da exposição, seguindo o método definido pela ISO-2631¹¹ (1985). Para tanto, foi empregado um conjunto de equipamentos Brüel & Kjaer constituído por medidor de vibração modelo 2231, módulo para vibrações de corpo modelo 2522, calibrador modelo 4294 e acelerômetro triaxial de assento modelo 4322, este disposto na interface formada pelo motorista e o assento do veículo. A duração da medição de vibração, para cada veículo, foi de aproximadamente 30 minutos. A ponderação utilizada para as acelerações foi a sugerida pela norma ISO-2631-1¹¹ (1985), fornecendo assim os valores ponderados em cada eixo, a saber: α_{xw} , α_{yw} e α_{zw} . De posse destes valores, foi determinada a somatória vetorial, por intermédio da equação 4:

$$\alpha = \sqrt{\left[(1,4\alpha_{xw})^2 + (1,4\alpha_{yw})^2 + \alpha_{zw}^2 \right]} \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.} \quad (4)$$

Diante da dificuldade em reconstituir a exposição dos motoristas à vibração a cada modelo de ônibus, optou-se por uma média ponderada, por número de modelos e tempo de uso, das somatórias, conforme equação 5. O cálculo inspirou-se no conceito de aceleração equivalente, desenvolvido por Boshuizen et al³ (1990).

$$\alpha_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i \times t_i \times \alpha_i^2}{\sum_{i=1}^n n_i \times t_i}} \text{ m/s}^2 \quad (5)$$

n_i : = número de ônibus;

t_i : = tempo médio de uso na empresa em anos;

α_i : = soma vetorial da aceleração em m/s^2 .

Obedecendo o princípio de energia equivalente, que emprega a dependência temporal estabelecida pela ISO-2631-1¹¹ (1985) para exposições diárias, foi calculada a dose de vibração, por meio da equação 6:

$$\text{Dose} = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i \text{ anos. m}^2/\text{s}^4 \quad (6)$$

onde:

t_i = tempo (anos de trabalho de jornada integral) dirigindo um veículo i ;

α_i = aceleração ponderada ao longo do componente direcional predominante (α_z).

Questionário

A amostra de 141 motoristas foi submetida à avaliação audiológica e respondeu a questionário em uso no Centro de Referência em Saúde do Trabalhador do Estado de São Paulo (CEREST-SP), para anamnese no ambulatório de fonoaudiologia, com modificações particulares para atender os interesses da pesquisa. As informações contempladas no prontuário da entrevista foram as seguintes: identificação da empresa e do trabalhador; atividade na empresa; tempo na função que exerce e jornada de trabalho; tempo de trabalho (em anos) em cada modelo de ônibus analisado; extensão da exposição prévia ao ruído e à vibração de corpo inteiro; antecedentes pessoais (incluindo os otológicos, cirurgias otológicas, traumatismos cranianos, doenças que eventualmente podem acometer o aparelho auditivo, uso de drogas ototóxicas, hipertensão, diabetes mellitus, e tabagismo); antecedentes familiares de perdas auditivas; histórico sobre serviço militar.

Avaliação audiológica

Os exames foram realizados, com o devido repouso acústico, por fonoaudiólogas do CEREST, com audiômetro MA-18 (Maico) e (SD25 V) calibrado (Niosh,²⁰ 1998). O critério adotado para a classificação das audiometrias foi o proposto por Merluzzi et al,¹⁸ (1979), cuja classificação normal é conferida ao sujeito com limiar auditivo igual ou inferior a 25 dB NA (ANSI S3.6,¹ 1969) para cada frequência considerada. Os casos de PAIR estão localizados nos grupos 1, 2, 3, 4 e 5, indicados conforme a gravidade como hipoacusia de primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto grau respectivamente. Perda auditiva categorizada por ruído e outra causa, e somente por outras causas acomodam-se nos grupos seis e sete respectivamente. Pela forma da pesquisa, trabalhadores incluídos nesses últimos dois grupos foram excluídos do estudo.

Dos 190 trabalhadores definidos para compor a amostra, foram encaminhados, pela empresa, 182 mo-

toristas, dos quais excluíram-se 31 por não se ajustarem aos critérios de tempo de empresa. Dos 151 remanescentes, um foi excluído por suspeita de perfuração da membrana timpânica, um por obstrução do canal auditivo por cera e oito por pertencerem aos grupos de classificação seis ou sete. Assim, totalizou-se uma população de 141 motoristas, sendo 74 (52,5%) do grupo com tempo de motorista na empresa inferior ou igual a três anos e 67 (47,5%) com cinco anos ou mais.

Análise dos dados

Para descrever a associação entre variável dependente e o conjunto de variáveis explanatórias ou preditivas utilizou-se a técnica de regressão logística multivariada não condicional com auxílio do programa de computador MULTLR¹⁹ (1989). A variável dependente no estudo foi do tipo dicotômica e representada por PAIR (traçado audiométrico sugestivo de PAIR) ou audição normal. A fim de se encontrar o modelo mais ajustado foi aplicada o *método* progressivo passo a passo (*stepwise forward*) incluindo as variáveis por ordem decrescente de significância. Na construção do modelo multivariado, análises univariadas foram conduzidas, empregando como critério para entrada no processo de modelagem, um valor de $p < 0,20$ pelo teste da razão da máxima verossimilhança. A significância das variáveis no modelo final também foi verificada pelo mesmo teste, permitindo a permanência das variáveis ($p \leq 0,05$).¹¹

Com o propósito de observar a capacidade do modelo na predição para a ocorrência de PAIR, foi empregado o teste de Hosmer-Lemeshow, com o auxílio do programa STATA versão 6.0. Para examinar diferenças entre variáveis quantitativas foi aplicado o teste *t* de *Student*, enquanto que para as categóricas, o teste do qui-quadrado.

RESULTADOS

Foi calculada a média dos valores do nível equivalente ponderado na escala A (L_{Aeq}) dos dois grupos de modelos de ônibus, motor dianteiro ou entre-eixos e traseiro. Para o primeiro grupo, a média (\pm desvio-padrão) foi de $83,1 \pm 1,9$ dB(A), e para os veículos do segundo grupo, $76,2 \pm 1,7$ dB(A). A diferença encontrada entre as médias dos dois modelos foi estatisticamente significativa ($p < 0,0001$). Diante desses valores obtidos, é lícito afirmar que o valor da média dos níveis equivalentes (L_{Aeq}) dos ônibus com motor dianteiro é quase cinco vezes o valor da média do ônibus com o motor na traseira. Com base na extensão da jornada de trabalho dos motoristas e os níveis de ruído observados, verificou-se que o nível de ex-

posição semanal médio, para os motoristas de ônibus com motor na dianteira, foi de $83,6 \pm 1,9$ dB(A). No caso de ônibus com motor traseiro, o valor da exposição semanal foi de $77,0 \pm 1,1$ dB(A).

Os valores da exposição à VCI, somatória dos níveis da aceleração ponderada em frequência, para os seis modelos de ônibus, oscilaram entre 0,74 e 1,09 m/s², registrando-se valor médio ponderado de 0,85 m/s².

A avaliação audiológica desses motoristas revelou prevalência de PAIR de 46% no grupo considerado como exposto e de 24% no definido como não exposto. A diferença entre as duas taxas observadas foi considerada estatisticamente significativa ($p < 0,01$).

A Tabela 1 refere-se à de contingência das variáveis de maior significância no processo de modelagem. Definiu-se como ponto de corte para as variáveis contínuas, a mediana. Os dados resultantes da análise univariada, limitando-se às variáveis com $p < 0,20$, com os respectivos valores brutos da razão de chances (RC) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança também são apresentados na referida tabela.

O ponto de corte para a variável dose gerou uma correlação elevada com a variável referente à exposição

(EXP). Desta forma, ocorreu o problema de colinearidade entre as duas variáveis. Selecionou-se a primeira para permanecer na análise multivariada. No processo de modelagem, observou-se que dose é variável de confusão para idade. Interações foram testadas, no entanto sem resultados significativos.

A análise multivariada, por sua vez, gerou os seguintes resultados, apresentados na Tabela 2. Observa-se que a exposição à VCI perdeu sua significância estatística e, portanto foi excluída do modelo final.

Fundamentando-se neste modelo ajustado, a probabilidade de ocorrência da variável dependente se expressa pela seguinte equação:

$$\text{Prob}(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-g(x)}}$$

Onde $g(x)$ é igual a:

$$g(x) = -1,8163 + 1,015(E\alpha \geq 86,8) + 0,9327(\text{IDADE} \geq 44) + 1,6976(\text{DIA})$$

A equação acima calcula a probabilidade de PAIR ou de traçado sugestivo de PAIR, controlada por nível de imissão sonora, idade, e histórico de diabetes. Determina-se a probabilidade substituindo a expressão referente à variável, entre parênteses, pelo valor um, caso atenda o requisito, e por zero, caso contrário.

Tabela 1 - Tabelas de contingência, taxas de prevalência, razões de chances não ajustadas, intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p para as variáveis explanatórias para a ocorrência de perda auditiva induzida por ruído.

Variável explanatória	Sim	PAIR Não	%	Razão de chances	Intervalo de confiança (95%)	p
Exposição						
Não-exposto	18	56	24,3	1,0	-	0,0061
Exposto	31	36	46,3	2,68	1,31-5,48	
Idade (anos)						0,0009
<44	15	55	21,4	1,0	-	
≥44	34	37	47,9	3,37	1,61-7,04	
Diabetes						0,0424
Sem histórico	44	90	32,8	1,0	-	
Com histórico	5	2	71,4	5,11	0,95-27,4	
Nível de imissão sonora [dB(A)]						0,0006
<86,8	14	54	20,6	1,0	-	
≥86,8	35	38	47,9	3,55	1,68-7,49	
Dose de vibração (m ² /s ⁴ . anos)						0,0030
<2,16	16	54	22,9	1,0	-	
≥2,16	33	38	46,5	2,93	1,42-6,06	

PAIR: Perda auditiva induzida por ruído

Tabela 2 - Razões de chances ajustadas e respectivos intervalos de confiança (IC 95%) e valores de p , para as variáveis explanatórias para a ocorrência de perda auditiva induzida por ruído.

Variável preditora	Razão de chances	Intervalo de confiança (95%)	Coefficiente de regressão (β)	p
Idade (anos)				0,0198
<44	1,0	-		
≥44	2,54	1,15-5,62	0,9327	
Diabetes				0,0434
Sem histórico	1,0			
Com histórico	5,46	0,95-31,4	1,6976	
Nível de imissão sonora [dB(A)]				0,0117
<86,8	1,0			
≥86,8	2,76	1,24-6,15	1,015	

Teste de Hosmer-Lemeshow: $p > 0,8578$

Tabela 3 - Razões de chances não ajustadas, e respectivos intervalos de confiança (IC 95%) e o valores de p para as variáveis explanatórias para a ocorrência de perda auditiva induzida por ruído.

Variável preditora	Razão de chances	Intervalo de confiança (95%)	p
Exposição			0,0106
Não-exposto	1,0	-	-
Exposto	2,61	1,24-5,49	
Idade (anos)			0,0003
<35	1,0	-	
35-42	3,78	0,92-15,6	
≥43	8,84	2,45-31,8	
Nível de emissão sonora (E_A -dB(A))			0,0255
<86,5	1,0		
86,5-90,7	3,04	1,23-7,53	
≥90,8	2,58	1,05-6,37	
Dose de vibração (m^2/s^4 . anos)	1,29	1,11-1,49	0,0006
Diabetes			0,0354
Sem histórico	1,0		
Com histórico	5,45	1,01-29,3	
Tempo de exposição prévia ao ruído (TEPR - anos)			0,0728
<9,0	1,0		
≥9,0	1,96	0,93-4,93	

Outra análise foi realizada excluindo-se da amostra os com tempo de empresa acumulado superior a 15 anos. Neste cenário, a variável correspondente à dose de VCI (dose) foi mantida como contínua, categorizando as variáveis referentes à idade, nível de emissão sonora (E_A), com outros pontos de corte.

A análise univariada, a partir deste critério, produziu os seguintes valores, expostos na Tabela 3.

Adotando o mesmo critério descrito anteriormente para a construção do modelo, o resultado alcançado se apresenta na Tabela 4.

Portanto, a aplicação deste modelo gera a seguinte equação:

$$\text{Prob}(Y=1) = \frac{1}{1 + e^{g(x)}}$$

onde $g(x)$ é igual a:

$$g(x) = -3,0597 + 1,0898I_2 + 1,6404I_3 + 0,3150D + 0,9354E_{A2} - 0,8207E_{A3} + 1,2659DIA$$

As notações da equação acima apresentam correspondem a: I2: idade 35/- 43 anos; I3: idade ≥43 anos; D: dose; E_{A2} : exposição ao ruído 86,6/- 90,8 dB(A); E_{A3} : exposição ao ruído ≥90,8 dB(A); DIA: histórico de diabetes.

Observa-se que o coeficiente do terceiro estrato [E_{A3} ≥90,8 dB(A)] da variável nível de exposição ao ruído é negativo, gerando uma razão de chances de 0,44, ou seja, apresentando efeito de proteção.

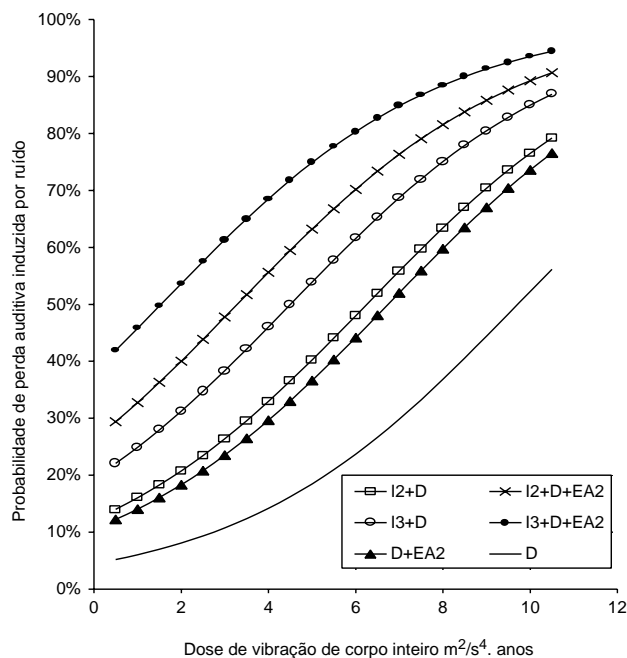
Algumas circunstâncias de exposição vinculadas ao modelo anteriormente desenvolvido são apresentadas na Figura. De modo deliberado, as situações que envolvem o terceiro estrato do nível de exposição ao ruído não foram contempladas no gráfico, devido ao paradoxo citado, fruto de viés de seleção. As notações aplicadas são as mesmas utilizadas na expressão acima.

Na Figura observa-se o comportamento da probabilidade de ocorrência de PAIR segundo o incremento da dose de vibração. A primeira curva, por exem-

Tabela 4 - Razões de chances ajustadas, e respectivos intervalos de confiança (IC 95%) e o valores de p, para as variáveis explanatórias para a ocorrência de, perda auditiva induzida por ruído quando são excluídos dos motoristas com tempo ≥15 anos na função.

Variável explanatória	Razão de chances	Intervalo de confiança (95%)	Coeficiente de regressão (β)	p
Idade (anos)				0,0389
<35	1,0	-		
35-42	2,97	0,68-13,0	1,0898	
≥43	5,16	1,28-20,7	1,6404	
Diabetes				0,1342
Sem histórico	1,0			
Com histórico	3,55	0,62-20,2	1,2659	
Nível de emissão sonora (E_A -dB(A))				0,0270
<86,6	1,0			
86,6-90,7	2,55	0,93-6,96	0,9354	
≥90,8	0,44	0,09-2,06	- 0,8207	
Dose de vibração (m^2/s^4 . anos)	1,37	1,05-1,79	0,3150	0,0185

Teste de Hosmer-Lemeshow: $p > 0,468$



I2 + D	Exposto à VCI, idade entre 35 e 42 anos, imissão sonora menor que 86,6 dB(A) e sem histórico de Diabetes.
I2 + D + EA2	Exposto à VCI, idade entre 35 e 42 anos, imissão sonora entre 86,6 e 90,7 dB(A) e sem histórico de Diabetes.
I3 + D	Exposto à VCI, idade maior ou igual a 43 anos, imissão sonora menor que 86,6 dB(A) e sem histórico de Diabetes.
I3 + D + EA2	Exposto à VCI, idade maior ou igual a 43 anos, imissão sonora entre 86,6 e 90,7 dB(A) e sem histórico de Diabetes.
D + EA2	Exposto à VCI, idade menor do que 35 anos, imissão sonora entre 86,6 e 90,7 dB(A) e sem histórico de Diabetes.
D	Exposto à VCI, idade menor do que 35 anos, imissão sonora menor que 86,6 dB(A) e sem histórico de Diabetes.

Figura - Estimativa de probabilidade de perda auditiva induzida por ruído (PAIR) para as situações de exposição na legenda, segundo a evolução da dose de vibração e com base no segundo modelo.

plo, corresponde a uma característica de exposição à VCI, a um nível de imissão de ruído inferior a 86,6 dB(A), sem histórico de diabetes e idade abaixo de 35 anos. Nessa circunstância, com valor da dose de vibração de 10 m²/s⁴ anos, ou 13,84 anos de exposição, a probabilidade de PAIR seria de 52%.

DISCUSSÃO

Os resultados encontrados sustentam que o posto de trabalho de motorista de ônibus, sobretudo naqueles com motor dianteiro, comportam risco de desenvolvimento de PAIR, em virtude dos níveis de exposição ao ruído. A comparação das médias dos níveis sonoros equivalentes ponderados na escala "A" (L_{Aeq}) entre os dois grupos de veículos mostrou que o uso de veículos com motor localizado na seção traseira é uma opção racional, pois apresenta valor significativamente inferior ao veículo com motor dianteiro. Apesar de os níveis de exposição ao ruído registrados, correspondentes a jornada de oito horas,

não serem de muito relevo, foram suficientes para produzir valores importantes de prevalência de PAIR na população estudada. Os dados obtidos, tanto resultantes da avaliação ambiental como da audiológica, apontam para a necessidade de um programa de conservação auditiva.

Os valores elevados da exposição à VCI observados revelaram situações expressivas de risco, à medida que superam em muito o limite de tolerância para oito horas estabelecido pela ISO-2631¹¹ (1985), que é de 0,63 m/s². Logo, são notórias a inadequação do posto de trabalho e a importância de intervenções ergonômicas. Medidas de prevenção devem ser implantadas, como a seleção de veículos dotados de suspensão mais adequada do chassi, bem como para o assento, manutenção sistemática e apropriada das partes dos veículos relevantes e reestruturação da característica do pavimento das ruas.

A aplicação da regressão logística, cuja finalidade foi a de avaliar simultaneamente os fatores de risco para PAIR, identificou, por meio do modelo mais ajustado, três variáveis com associação significativa ($p < 0,05$): idade, nível de imissão de ruído e histórico de diabetes. A epidemiologia acerca da PAIR reconhece a importância das duas primeiras variáveis (Phaneuf & Héty, 21 1990). Na pesquisa conduzida por Ishii et al¹³ (1992), além das duas iniciais, é salientada a variável concernente à diabetes.

É pertinente abordar os limites que acometem os estudos de prevalência. Segundo Checkoway et al⁶ (1989), as duas principais limitações referem-se à associação temporal da exposição e doença e à medição da prevalência e não incidência.

O primeiro viés, relativo à fragilidade de evidência para causalidade, pois não se pode assegurar que a exposição precedeu a doença, possivelmente não exerceu grande influência neste estudo, na medida em que se buscou recuperar o histórico de exposição dos motoristas. De fato, há limitações na recuperação, já que se tratou de uma estimativa. Aí está presente o viés da informação, pois se baseou, em parte, nos dados obtidos pelo questionário aplicado. Esse viés poderia ser contornado pela obtenção de registros consistentes sobre o histórico de exposição do motorista na empresa. Entretanto, essa é uma situação ainda bastante distante da realidade do trabalho.

Outro viés expressivo, comum em estudos seccionais, associado à medição preferencial da prevalência do que a incidência, também teve a seu poder reduzido no presente estudo, por ser persistente o agravamento estudado.

Influente no presente estudo foi o viés da seleção, que atingiu o último modelo apresentado, pois o estrato com maior exposição ao ruído apresentou uma razão de chances menor do que um, indicando proteção. Trata-se naturalmente de incongruência patente, provocada possivelmente pelo “viés do sobrevivente” (Bernard & Fine,² 1997). O vigor deste viés na pesquisa se deve à inclusão de somente os trabalhadores na ativa, não compreendendo motoristas aposentados, os que migraram para outros empregos e os afastados ou inativos por outras razões.

A população da presente pesquisa foi constituída sob as circunstâncias e as possibilidades existentes em serviços de saúde. Oportuno lembrar o argumento de Rothman²² (1986) que, na determinação da amostra, houve outras variáveis que não cabem numa equação matemática.

Nos dois modelos discutidos, o tempo de empresa pôde ser tratado na modelagem, por apresentar correlação intensa com a dose de vibração. Logo, não foi possível estimar os efeitos independentes entre estas duas variáveis. Com efeito, o tempo de empresa participa do cálculo da dose de vibração.

Não ficou evidenciada, no primeiro modelo, a influência da exposição à VCI na ocorrência de PAIR, nem interação com a exposição ao ruído, capaz de gerar uma mudança na magnitude do efeito analisado. A variável relacionada aos grupos de exposição inicialmente construídos também apresentou significância desprezível.

Por sua vez, o segundo modelo apresentado indicou que parte da amostra de motoristas estudados, com tempo de empresa acumulado superior ou igual a 15 anos, se comportava como “inconveniente” para a análise. A sua exclusão, objetivando contornar o efeito do viés do sobrevivente, conferiu significância para a exposição à VCI. As variáveis idade e nível de emissão de ruído, se mantiveram significantes. Histórico de diabetes foi preservada no modelo em razão de ser uma variável conceitualmente importante, pelos resultados do primeiro modelo e pela literatura referida. Contudo, há uma contradição nos resultados, pois no estrato do nível de emissão de ruído superior ou igual a 90,8 dB(A), o valor da razão de chances, inferior à unidade, indicou proteção. Nesse caso, ainda persistiria o viés do sobrevivente para este estrato.

Foram testadas interações nos processos de modelagem, porém foram gerados resultados marginais.

Para ambos os modelos apresentados, os valores de *p*, resultantes do teste de Hosmer-Lemeshow não foram significantes, mostrando assim um bom ajuste.

Efeitos à saúde produzidos por exposições combinadas entre VCI e ruído têm sido investigadas sobretudo em estudos experimentais, cujo efeito analisado tem sido a mudança temporária de limiar. A presente pesquisa, ao contrário, teve a peculiaridade de ser observacional e analisar, como efeito, a mudança permanente de limiar, representada pela PAIR. Apesar de não constatar importância total na associação da VCI com a ocorrência de PAIR, outros estudos deveriam ser desenvolvidos a partir do segundo modelo apresentado, encorajando o empreendimento de análises posteriores, adotando metodologias alternativas, permitindo superar os limites aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

1. American National Standard Institute. ANSI S3.6: specifications for audiometers. New York: 1969.
2. Bernard BP, Fine LJ, editors. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back [monograph on-line]. Cincinnati: National Institute for Occupational and Health; 1997. Available from: URL:<http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/97-141.pdf> [2001 Jun 20].
3. Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CTJ. Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 1990;62:109-15.
4. Bovenzi M, Zadini A. Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. *Spine* 1992;17:1048-59.
5. Bovenzi M, Hulshof CTJ. An update review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). *Int Arch Occup Environ Health* 1999;72:351-65.
6. Checkoway H, Pearce N, Crawford-Brown D. Research methods in occupational epidemiology. New York: Oxford University Press; 1989.

7. European Economic Community. Council Directive 86/188/EEC of 12 May 1986 on the protection of workers related to exposure to noise at work. [cited 2001 fev 20]. Available from: URL: http://europa.eu.int/eur-lex/en/consleg/index_1986.html
8. Cordeiro R, Lima-Filho EC, Nascimento LCR. Associação da perda auditiva induzida por ruído com o tempo acumulado de trabalho entre motoristas e cobradores. *Cad Saúde Pública* 1994;10:210-21.
9. Griffin MJ. Handbook of human vibration. London: Academic Press; 1990.
10. Hosmer DW, Lemeshow S. Applied logistic regression. New York: John Wiley & Sons; 1989.
11. International Organisation for Standardization. ISO-2631-1: mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole-body vibration - part 1: general requirements. Geneva; 1985.
12. International Organization for Standardization. ISO-1999: acoustics - determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. Geneva; 1990.
13. Ishii EK, Talbott EO, Findlay RC, D'Antonio JÁ, Kuller LH. Is NIDDM a risk factor for noise-induced hearing loss in an occupationally noise exposed cohort? *Sci Total Environ* 1992;127:155-65.
14. Kleinbaum DG, Kupper LL, Morgenstern H. Epidemiologic research: principles and quantitative methods. New York: John Wiley & Sons; 1982.
15. Leidel NA, Busch KA, Lynch JR. Occupational exposure sampling strategy manual. Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health; 1977. (DEHW NIOSH Publication, 77-173).
16. Manninen O, Ekblom A. Single and joint actions of noise and sinusoidal whole-body vibration on TTS2 values and low frequency upright posture sway in men. *Int Arch Occup Environ Health* 1984;54:1-17.
17. Manninen O. Studies of combined effects of sinusoidal whole-body vibrations and noise of varying bandwidths and intensities on TTS₂ in men. *Int Arch Occup Environ Health* 1983;51:273-88.
18. Merluzzi F, Parigi G, Gornacchia L, Terrana, T. Metodologia di esecuzione del controllo dell'udito dei lavoratori esposti a rumore. *Nuovo Arch Ital Otol* 1979;7:695-712.
19. Campos-Filho N, Franco EL. MULTLR: a microcomputer program for multiple regression by conditional and unconditional maximum likelihood methods. *Am J Epidemiol* 1989;129:439-44.
20. National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard: occupational noise exposure - revised criteria 1998. Cincinnati (OH); 1998. (DHHS-NIOSH Publication, 98-126)
21. Phaneuf R, Héti R. An epidemiological perspective of the causes of hearing loss among industrial workers. *J Otolaryngol* 1990;19:31-40.
22. Rothman KJ. Modern epidemiology. Boston: Little, Brown and Company; 1986.
23. Seidel H. Selected Health risks caused by long-term, whole-body vibration. *Am J Ind Med* 1993;23:589-604.
24. Silva AA, da Costa EA. Avaliação da surdez ocupacional. *Rev Ass Med Brasil* 1998;44(1):65-8.
25. Tovalín Ahumada H, Lazcano Ramírez F. Health status of urban passenger transportation conductors in Mexico City. *Bol Oficina Sanit Panam* 1991;111:324-32.