ESTUDO SOBRE A EXPOSIÇÃO COMBINADA ENTRE RUÍDO E VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO E OS EFEITOS NA AUDIÇÃO DE TRABALHADORES

LUIZ FELIPE SILVA

Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de
Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo para a obtenção do Grau
de Doutor.

Área de concentração:
Saúde Ocupacional

ORIENTADOR: PROF. DR. RENÉ MENDES

São Paulo
2002

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Assinatura:

Data:

*Aos meus pais, Lydia Carletti Silva e Adelmo Silva.
(in memoriam)*

"Só depois de haver conhecido a superfície das coisas é que se pode proceder à busca daquilo que está embaixo. Mas a superfície das coisas é inexaurível." (CALVINO 1994, p.52)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. RENÉ MENDES, por acreditar, estimular e pelo imenso apoio.

Aos professores ANTONIO REGGIANI e IOLE PINTO pela solidariedade manifesta no esforço para contribuir para a realização da avaliação de exposição à vibração e ao Prof. MASSIMO BOVENZI pelo gentil auxílio, com valiosas sugestões, na análise de regressão.

A Prof.a. Dra. MARIA REGINA ALVES CARDOSO por indicar rumos seguros na análise de regressão.

Às fonoaudiólogas CAROLINA MOURA DE SOUZA, DEOLINDA DO CARMO DE JESUS, ELLEN REGINA SOLA, PAULA ASCENCIO FERRAZ, SIMONE ALVES DOS SANTOS por conduzirem com segurança e profissionalismo as avaliações audiológicas e, em especial, à MÁRCIA TIVERON DE SOUZA.

Aos promotores de justiça JORGE LUIZ USSIER e CARLOS ALBERTO SALLES pelo sustentáculo para a execução do trabalho.

Ao CEREST-SP, representado pela coordenadora MARIA MAENO, pela cessão de sua estrutura para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha esposa ANA e à minha filha BEATRICE pela tolerância e compreensão.

À colega TERESA CRISTINA MACHADO pelos comentários e sugestões pertinentes.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Aspectos sobre vibração de corpo inteiro	1
1.1.1 Magnitude	2
1.1.2 Frequência	3
1.1.3 Direção	5
1.1.4 Normalização	7
1.2 Avaliação de vibração	10
1.2.1 Critérios	12
1.3 Exemplos de avaliação de vibração de corpo inteiro	15
1.3.1 A importância do assento	
1.4 Revisão da literatura – Estudos epidemiológicos	20
1.4.1 Lombalgia e distúrbios na coluna	20
1.5 Aspectos sobre exposição ao ruído	30
1.5.1 Fontes de ruído em um veículo a diesel	33
1.6 Influência do ruído sobre as condições de trabalho entre motoristas	34
1.7 Pesquisas em nível nacional	37
1.8 Estudos que se utilizam de regressão logística para estudar as causas de perda auditiva	39
1.9 Estudos sobre exposições combinadas	41
1.10 Estudos sobre vibração de corpo inteiro em nível nacional	49
2. OBJETIVOS	50
3. MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 População do estudo	51
3.2 Avaliação da exposição ao ruído	54
3.2.1 Grandezas empregadas	55
3.2.2 Exemplo de cálculo do nível de exposição – Lex:	57
3.2.3 Avaliação do erro estatístico	60
3.2.4 Dimensionamento da amostra de medidas para a avaliação de exposição ao ruído	62

3.2.5 Cálculo do nível de imissão sonora	64
3. 3 Avaliação da exposição à vibração de corpo inteiro	65
3.4 Questionário	68
3.5 Questões éticas	70
3.6 Avaliação audiológica	71
3. 7 Análise dos dados	81
4. RESULTADOS	83
4.1 Característica da frota	83
4.2 Avaliação de exposição ao ruído	87
4.3 Avaliação da vibração de corpo inteiro	97
4.4 Avaliação audiológica	101
4.5 Características fundamentais da população de condutores analisada	105
4.6 Análise por regressão logística	109
5. DISCUSSÃO	135
5.1 Aspectos sobre a exposição ao ruído	135
5.2 Aspectos sobre a exposição à vibração	139
5.3 Meios de prevenção	142
5.3.1 Contribuição da normalização	144
5.4 Aspectos sobre a avaliação audiológica	148
5.5 Discussões finais	150
6. CONCLUSÃO	155
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
Anexos - Questionário aplicado, listas de símbolos e abreviaturas e resultados dos exames audiométricos	

Resumo

Silva LF. **Estudo sobre a exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro e os efeitos na audição de trabalhadores.** São Paulo; 2001. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

Objetivos. Este estudo, de característica transversal, se propôs a quantificar a exposição de motoristas de ônibus à vibração de corpo – inteiro (VCI) e ao ruído, a analisar a possível associação entre estes dois agentes para o desenvolvimento de perda auditiva induzida por ruído (PAIR) e a discutir meios possíveis de prevenção. **Métodos.** Uma população constituída por 141 motoristas de ônibus de uma empresa da cidade de São Paulo foi analisada. A taxa de prevalência de PAIR foi obtida através de avaliação audiológica empregando-se o critério de MERLUZZI e col. (1979). Os grupos, exposto e de referência, foram determinados internamente por meio de estratificação em relação ao tempo de trabalho acumulado na empresa como motorista. Um questionário foi aplicado com o fim de recuperar o histórico ocupacional e obter informações de interesse do estudo. A metodologia de avaliação de exposição ao ruído fundamentou-se nas diretrizes estabelecidas pela ISO – 1999 (1990) e pela Diretiva da Comunidade Econômica Européia (1986). A avaliação de exposição à VCI obedeceu os princípios definidos pela ISO – 2631(1985). Empregou-se a técnica de regressão logística multivariada não condicional para descrever a associação entre a variável dependente e o conjunto de variáveis explanatórias. **Resultados.** Foi registrado um nível de exposição semanal de $83,6 \pm 1,9$ dB(A) para os motoristas condutores de ônibus com motor localizado na seção dianteira e de $77,0 \pm 1,1$ dB(A) para os que operam os veículos com motor na seção traseira. O valor médio do nível equivalente (L_{eq}) no posto de trabalho dos motoristas de ônibus com motor na seção dianteira foi de $83,1 \pm 1,9$ dB(A), enquanto que para os modelos com motor na traseira, este valor foi de $76,2 \pm 1,7$ dB(A), indicando uma diferença

estatisticamente significativa. O valor médio da aceleração da vibração, obtida nos cinco modelos de ônibus, ponderado por número e tempo de uso dos veículos, foi de $0,85 \text{ m/s}^2$. As taxas de prevalência de PAIR foram de 46% e de 24% para os grupos exposto e de referência respectivamente. Na análise univariada, a Razão de Chances (RC) de prevalência de PAIR foi de 2,68, com intervalo de confiança de 95% = 1,31 – 5,48, para o grupo exposto comparando-se com o de referência. O modelo mais ajustado, resultante da análise multivariada, apontou a idade superior ou igual a 44 anos (RC = 2,54; IC95% = 1,15 – 5,62); o histórico de diabetes (RC = 5,46; IC95% = 0,95 – 31,4) e o nível de imissão sonora igual ou acima de 86,8 dB(A) (RC = 2,76; IC95% = 1,24 – 6,15) como os fatores de risco mais relevantes para o desenvolvimento de PAIR. Exposição à VCI, representada como dose, não apresentou significância. **Conclusões.** Os motoristas de ônibus da população analisada estão expostos a níveis de VCI relevantes, que superam os limites de exposição definidos pela ISO-2631(1985). Os veículos dotados de motor na seção dianteira apresentaram níveis de ruído mais importantes do que aqueles com motor na traseira. Não foi observada associação entre exposição à VCI e PAIR, nem interação com a exposição ao ruído. No entanto, outros modelos de regressão logística analisados sugerem a possibilidade de associação de PAIR com VCI, recomendando a necessidade de estudos posteriores.

Descritores: Vibração de corpo inteiro. Ruído. Exposições combinadas. Motoristas. Ônibus.

SUMMARY

SILVA LF Estudo sobre a exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro e os efeitos na audição de trabalhadores. [Study on combined exposure to noise and whole-body vibration and its effects on workers' hearing]. São Paulo; 2001. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

Objectives. The purposes of this study, a cross-sectional one, were defined as a quantitative assessment of occupational exposure to noise and whole-body vibration (WBV); an analysis on the possibility of an association between these two hazards in the production of noise-induced hearing loss (NIHL); and, a discussion on feasible means of prevention.

Methods. This cross-sectional study was carried out in a population of 141 bus drivers of the City of São Paulo. The prevalence of noise-induced hearing loss (NIHL) was established through an audiometric examination of all workers. The audiograms were classified according to audiometric criteria formulated by Merluzzi and cols. (1979). The whole group of bus drivers was classified and stratified internally in sub-groups of "exposed" and "controls", according to the cumulated length of working time as bus driver. A questionnaire was designed and applied in order to retrieve the occupational history and other relevant information. The methodology for noise exposure evaluation was based on the procedures established in the international standard ISO 1999 (1990), as well as in the European Economic Community (EEC) Directive (1986). The methodology for whole-body vibration (WBV) exposure evaluation was based on the principles established in the international standard ISO 2631 (1985). The association between the dependent variable and the set of explanatory variables was analyzed through the technique of non-conditional multivariable logistic regression.

Outcomes. It was found that these bus drivers were exposed to noise levels of 83.6 ± 1.9 dB(A) (week average) in buses with front engines; bus drivers that work in buses with rear engines were exposed to noise levels of 77.0 ± 1.1 dB(A). Also, the average of noise exposure equivalents (L_{Aeq}) for bus

drivers in front-engines buses was 83.1 ± 1.9 dB(A), whereas the average L_{Aeq} for drivers of rear-engine buses was 76.2 ± 1.7 dB(A). This difference was statistically significant. The average of the vibration acceleration found in the five different bus types analyzed, weighted according to the number and length of use of vehicles, was $0.85/m^2$. The NIHL prevalence rates were 46% and 24% for the “exposed” group and the “reference” group, respectively. It was found that the odds ratio (OR) for NIHL prevalence, according to the univariable analysis, was 2.68 (1.31 – 5.48, for a 95% confidence interval) for the “exposed” group, when compared with the referrals. For the best adjusted model, the multivariable analysis has shown that age (44 years old or more), reference to diabetes, and level of noise exposure (above 86.8 dB(A)) were risk factors, relevant for the development of NIHL. Exposure to WBV, when represented by doses, was not significant for NIHL development.

Conclusions. The bus drivers analyzed in this cross-sectional study were exposed to relevant WBV levels, higher than the permissible exposure levels established by the international standard ISO 2631 (1985). Also, the noise exposure levels found at the drivers’ work-posts in front-engine buses were higher than the noise exposure levels observed at the drivers’ work-posts in rear-engine buses. No association between WBV exposure and NIHL prevalence was observed in this study. Also, this study could not find any interaction between WBV exposure and noise exposure. However, further studies are required, because other logistic regression models were analyzed, showing that an association between WBV and NIHL could occur, thus aggravating the potential risk of adverse health effects to workers.

Descriptors: whole-body vibration; noise; combined exposures; noise-induced hearing loss; buses; drivers.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos sobre vibração de corpo inteiro

Vibração de corpo inteiro (VCI) é um estímulo freqüentemente presente em muitas realidades de trabalho, expondo trabalhadores em diversas operações e situações: indústria da construção civil (máquinas de movimentação de terra em geral como 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.

Há, aproximadamente, sete milhões de trabalhadores nos Estados Unidos expostos à vibração de corpo inteiro, envolvidos na operação dos veículos e máquinas referidos acima. (WASSERMAN e col. 1997). Portanto, constitui-se como um fator de risco ocupacional de importância, uma vez que atinge diversas categorias de trabalhadores. Conforme estimativas elaboradas em alguns países europeus, aproximadamente 4 a 7% da força de trabalho estão expostos potencialmente à VCI em níveis considerados de risco à saúde (CEN 1996).

Uma ampla estimativa de prevalência de exposição foi conduzida na Grã-Bretanha, utilizando como instrumento de coleta de dados um questionário enviado pelo correio. Cerca de 7,2 milhões de homens e 1,8 milhões de mulheres são expostas à VCI no trabalho em um período de uma semana (PALMER e col. 2000a).

A discussão a respeito dos conceitos fundamentais sobre a vibração do corpo inteiro é também conduzida por GRIFFIN (1990b), que acrescenta

às definições particulares, uma abordagem sobre os efeitos causados pela exposição, bem como os métodos de medida.

Desse modo, como no caso da localizada, há quatro variáveis fundamentais que caracterizam ou estão envolvidas na avaliação da vibração, a saber: magnitude da vibração; frequência; direção e duração.

1.1.1 Magnitude:

Iniciou-se a discussão sobre o primeiro tópico que se refere à magnitude da vibração que pode ser expressa em m/s^2 .

A magnitude do deslocamento provocado pela vibração e visualmente perceptível não se configura como um indicador de gravidade da vibração (GRIFFIN 1990a).

A faixa de magnitudes de aceleração concernente à vibração de corpo inteiro oscila entre 0,01 a 10 m/s^2 (valor de pico). Para determinadas situações a aceleração [*root mean square - r.m.s.*] ponderada em frequência comporta-se como um indicador adequado para estimar-se a gravidade da exposição. Valor da dose de vibração [*vibration dose value – VDV*] é definido por GRIFFIN (1990a) como o método mais consistente para se estimar a gravidade da exposição à vibração com diversas características (estacionária, aleatória, com choques). A forma de cálculo de VDV será abordada mais adiante, no tópico sobre normalização.

Conforme GRIFFIN (1990a), vibração de corpo inteiro com aceleração de 10 m/s^2 r.m.s. pode ser classificada como de risco, e uma magnitude da ordem de 1 m/s^2 r.m.s. é capaz de assumir a mesma característica dependendo da direção, duração e frequência.

1.1.2 Freqüência:

BENEDETTO e col. (1986) para mais bem elucidar a importância da variável freqüência, dividem-na em três zonas:

Abaixo de dois Hz: nesta faixa o corpo humano responde como uma massa homogênea, e os efeitos relacionados ao “mal de transporte”¹ são proporcionais à energia recebida;

Entre dois e 80 Hz: a musculatura voluntária não consegue mais controlar os movimentos oscilatórios das várias partes do corpo, que não se comporta mais como uma estrutura única, mas sim como um conjunto de massas suscetíveis de movimento relativo, associadas entre elas por estruturas elásticas viscosas. Além disso cada componente reage de modo diferente de acordo com sua característica de massa, freqüência, etc.

Acima de 80 Hz: o movimento vibratório nesta faixa é amortecido facilmente pelo corpo.

Cada órgão e tecido possui uma freqüência natural, que quando se submete a um estímulo provocado pela vibração de freqüência equivalente, gera o fenômeno denominado de ressonância. O autor classifica o campo de freqüência compreendido entre um e 100 Hz, como o sendo de mais elevado risco ao trabalhador (BENEDETTO e col. 1986). Checcacci, citado por BENEDETTO e col. (1986, p. 235), fornece as freqüências de ressonância para alguns órgãos do corpo humano.

¹ Vômito, náusea ou mal-estar provocado por sensação ou por movimento real do corpo ou de seu contorno (GRIFFIN 1990a).

Tabela 1.1 Freqüências de ressonância para alguns órgãos do corpo humano.

Freqüência (Hz)	Efeitos
2	Ressonância da cabeça por vibração longitudinal, posição sentada.
1-3	Todas as ressonâncias por vibração vertical.
2-3	Ressonância ombro – cabeça por vibração longitudinal, posição em pé.
2-6	Ressonância do corpo sentado.
3-3,5	Ressonância máxima dos órgãos do tórax e do abdome em posição em pé, com os músculos relaxados.
4	Máxima ressonância do corpo por vibração longitudinal.
4-6	Ressonância do tórax e do abdome por vibração vertical do corpo sentado.
4-12	Ressonância do corpo em pé.
5	Máxima ressonância do tórax e do abdome.
12	Pico de ressonância do corpo ereto por vibração vertical.
13-20	Ressonância da cabeça.
20-30	Máxima ressonância do corpo.
20-30	Ressonância da cabeça e ombros por vibração vertical e posição sentada.
30-90	Ressonância do globo ocular.

Fonte: Checcacci citado por BENEDETTO e col. (1986, p. 235)

A faixa de freqüência de vulnerabilidade localiza-se entre quatro e oito Hz na direção vertical, ou eixo z (pés – cabeça), justamente onde se concentra a maioria das freqüências da coluna vertebral. Bastam pequenos valores da magnitude da vibração para produzir respostas negativas no

corpo humano, se as frequências aplicadas forem de ressonância (WASSERMAN e col. 1997)

1.1.3 Direção:

A direção da vibração já discutida anteriormente, obedece o sistema de coordenadas biodinâmicas, definido pelos três eixos: x (direção coluna - peito) , y (direção lado direito - lado esquerdo) e z (direção cabeça – pé) (fig. 1.1).

eixo x : costas – peito

eixo y: lado direito – lado esquerdo

eixo z: pés ou nádegas – cabeça

Figura 1.1 Sistema de coordenadas para vibração mecânica aplicadas ao homem, conforme norma ISO-2631-1 (1985)

A exposição à vibração, além de provocar sensações variadas como prazer, desconforto e dor e interferir com várias atividades, como a leitura e movimentos de controle da mão, pode acarretar efeitos fisiológicos e patológicos. As respostas fisiológicas, que se restringem a alterações temporárias durante a exposição, podem estar associadas aos seguintes aspectos: cardiovasculares, respiratórios, endócrinos e metabólicos, processos motores, processos sensoriais, sistema nervoso central e esquelético (GRIFFIN 1990a). Sucintamente, os possíveis efeitos, que podem ser gerados pela exposição à vibração de corpo inteiro, são os seguintes:

- Resposta subjetiva
 - Desconforto
 - Dor
- Perturbação da atividade:
 - Visão
 - Controle dos movimentos da mão
 - Controle dos movimentos dos pés
- Efeitos patológicos
 - Problemas da coluna²
- Mal do transporte
 - Náusea
 - Vômito
 - Redução do desempenho

Verifica-se pelas informações acima, que os efeitos patológicos limitam-se ainda aos problemas de coluna, os quais de fato constituem-se como tema central da grande maioria dos estudos, que se preocupam com o

² O efeito mais estudado na literatura é a lombalgia, como pode ser observado na seção dedicada à revisão bibliográfica.

tema, como pode ser verificado na revisão bibliográfica neste capítulo, e de fato influi organicamente na constituição das normas sobre a questão.

As prováveis fontes associadas com agravos à saúde, são aquelas também associadas com o desconforto, tais como as citadas no início deste capítulo.

1.1.4 Normalização:

Em nível mundial, a norma que serve como referência para o tema é a ISO-2631-1 (1985), que ainda tem sido objeto de várias revisões. Esta norma cobre a faixa de frequência compreendida entre um e 80 Hz e a duração da exposição de um minuto até 24 h. Diversos limites estão presentes no texto da norma (GRIFFIN 1990b), tais como:

1. Não é responsabilidade dos comitês da ISO a definição dos limites de vibração para resposta humana.
2. Não há informação sobre dose—efeito e nenhuma forma de indicar a gravidade da vibração sem referência aos limites dependentes do tempo.
3. A dependência do tempo:
 - É muito complexa;
 - Não é fundamentada em dados científicos;
 - É restrita a eventos com duração maior do que um minuto;
 - É difícil de aplicar com exposições variáveis e intermitentes;
 - Não é disponível para definir uma medida de dose
4. As ponderações por frequência:
 - Não são consistentes com respostas subjetivas à vibração
5. Os eixos de vibração:
 - São restritos a três eixos que suportam o corpo.
6. Os limites da vibração:
 - São surpreendentemente altos para exposições de curta duração;
 - São surpreendentemente baixos para exposições de longa duração.

A norma, que foi redigida inicialmente em 1974, sofreu modestas revisões em 1985.

Os seus limites são definidos em relação à magnitude r.m.s. da vibração e o tempo de exposição variando de um min a 24 h.

Os limites de exposição definidos pela norma são apresentados na figura 1.2, como ilustração para os tempos de exposição de 1 min e 24 h.

Como pode ser observado, os valores limitam-se para a faixa de frequência de um a 80 Hz e não relevam tempo de exposição inferior a um minuto.

A norma é válida apenas para movimentos oscilatórios que apresentem fator de crista [*Crest factor*] inferior a aproximadamente seis.

A magnitude deve ser expressa preferencialmente em m/s^2 r.m.s.

A cadeia de aparelhos é similar à discutida para a vibração localizada, contendo os seguintes componentes básicos: transdutor (acelerômetro), amplificador e medidor ou registrador.

Figura 1.2 Curvas de ponderação para os eixos z (W_z) e x,y ($W_{x,y}$), segundo norma ISO-2631-1 (1985).

1.2 Avaliação de vibração:

A medida e a análise da vibração significam a conversão de um movimento oscilatório em um conjunto de valores numéricos de acordo com algumas regras definidas.

A vibração normalmente é medida nas interfaces do assento através da utilização de acelerômetros montados em dispositivos adequados, de tal modo que não afetem a postura do trabalhador. As medidas executadas sobre assentos devem ser realizadas com uma pessoa sentada, uma vez que a impedância do corpo afeta a transmissão de vibração através do assento. O procedimento de avaliação deve ser executado em condições normais de trabalho conforme recomenda a norma (ISO-2631-1 1985).

Utiliza-se um acelerômetro de assento afixado rigidamente sobre o plano do assento do motorista. Os sinais advindos do acelerômetro das direções ortogonais x , y e z são amplificados e registrados.

O assento pode exercer uma influência considerável sobre as pessoas expostas. Apesar de os assentos serem capazes de amortecer vibrações de altas frequências, eles normalmente amplificam as de baixa frequência. Há três fatores que governam a eficiência de isolamento de vibração: espectro da vibração de entrada; a transferência do assento e a resposta humana à vibração. Tais fatores são combinados em um índice denominado S.E.A.T. [*Seat Effective Amplitude Transmissibility*] (GRIFFIN 1990a).

Com uso de equipamentos com esta possibilidade, como um analisador de frequência, os registros das magnitudes da vibração podem ser apresentados através de um espectro na faixa de frequências

considerada. As magnitudes da aceleração ponderada em cada eixo do sistema de coordenadas são obtidas, a saber: a_{xw} , a_{yw} e a_{zw} . A somatória vetorial, ou seja, a grandeza “ awt ”, é calculada empregando estes valores através da seguinte fórmula (ISO-2631-1 1985):

$$a_{wt} = \sqrt{[(1,4a_{xw})^2 + (1,4a_{yw})^2 + a_{zw}^2]} \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$$

O fator de 1,4 é aplicado para os valores x e y, desde que os limites para a vibração no eixo z, na faixa de frequências de 4 a 8 Hz, são 1,4 vezes mais elevados do que os limites para o eixo x e y na faixa de 1 a 2 Hz.

Este meio é uma das alternativas para a realização da medição de espectros complexos, os quais são os encontrados nos ambientes e processos de trabalho, que é denominado método da ponderação [*weighting procedure*]. Esta forma é a mais utilizada por ser mais conveniente, mais lógica e mais consistente (GRIFFIN 1990a).

Pode ser utilizada a somatória vetorial, ou apenas uma grandeza se esta for a dominante em relação aos outros dois eixos. Após a obtenção do valor, seja pela somatória ou por um eixo dominante, compara-se com os limites correspondentes à magnitude da vibração e tempo de exposição, como pode ser observado nas figuras 1.3 e 1.4.

Os equipamentos portáteis medidores de vibração, de leitura única, fornecem um valor de magnitude de vibração que deve seguir o procedimento descrito acima.

Outro método de avaliação sugerido pela ISO-2631-1 (1985) é o procedimento de classificação [*rating procedure*], no qual cada banda de 1/3

de oitava do espectro analisado é comparada com os limites definidos para cada banda.

1.2.1 Critérios:

Os limites definidos por esta norma internacional referem-se a três critérios:

- preservação do conforto;
- prevenção da fadiga e queda da eficiência e
- preservação da saúde e da segurança – limite de exposição.

De acordo com o texto da norma o limite de exposição corresponde a duas vezes o limite da prevenção da fadiga e queda da eficiência e este, por sua vez, representa 3,15 vezes o limite referente à preservação do conforto.

Figura 1.3 Limites de exposição (a), prevenção da fadiga e queda da eficiência (b) e redução do conforto (c) para 1 min e 24 h em relação à vibração longitudinal (eixos x e y), segundo ISO-2631-1 (1985).

Figura 1.4: Limites de exposição (a), prevenção da fadiga e queda da eficiência (b) e redução do conforto (c) para um min e 24 h em relação à vibração transversal (eixo z), segundo ISO-2631-1 (1985).

1.3 Estudos sobre a avaliação de vibração de corpo inteiro:

Valores da magnitude da aceleração da vibração podem ser obtidos em um banco de dados construído pela organização sueca Instituto Nacional de Vida no Trabalho (NATIONAL INSTITUTE OF WORKING LIFE 2000). Este banco de informações encontra-se disponível na rede mundial de computadores – INTERNET e contém resultados de avaliações de exposição à VCI de diversos veículos importantes no âmbito do ramo de movimentação de terra. Na tabela seguinte, são apresentados alguns exemplos:

Tabela 1.2: Exemplos de valores de acelerações ponderadas encontradas nos três eixos ortogonais e as respectivas somatórias, em m/s^2 , segundo a norma ISO-2631-1 (1985).

Veículo	a wx	awy	awz	Somatória
Escavadeira	0,4	0,2	0,4	0,70
Pá carregadeira	0,2	0,3	0,5	0,66
trator escavadeira – pá carregadeira	0,4	0,3	0,4	0,83
Caminhão caçamba 1	0,2	0,4	0,7	0,90
Caminhão caçamba 2	0,3	0,5	0,9	1,26

Fonte: NATIONAL INSTITUTE OF WORKING LIFE 2000

Para se obter a estimativa do valor da dose de vibração, em pesquisa de âmbito nacional na Grã-Bretanha, PALMER e col. (2000a), recorreram a valores representativos das magnitudes de vibração no eixo z de veículos considerados relevantes para o cálculo. Alguns exemplos são citados a seguir na tabela :

Tabela 1.3: Exemplos de valores da magnitude da aceleração ponderada no eixo z (a_{wz}), segundo a norma BS - 6841 (1997), de alguns veículos

Veículo ou máquina	a_{wz} m/s ² r.m.s.
Ônibus	0,6
Trem	0,5
Trator	0,75
Motocicleta	1,0
Carregadeira	1,2
Helicóptero	0,8
Barco de alta velocidade	1,5
Empilhadeira	0,9

Fonte: PALMER e col. (2000a)

Os aspectos ergonômicos da cabina de ônibus em uso na Holanda foram analisados por Oortman-Gerlings e col. (1985), citado por KOMPIER (1996). Os pesquisadores puderam constatar que os níveis de vibração para a maioria dos veículos observados excederam os limites de proficiência decrescida pela fadiga propostos pela ISO-2631-1 (1985) e em alguns casos, houve até a superação do limite de exposição ocupacional para 8 horas referente à mesma norma. Os autores destacam que a vibração se constitui como o maior risco ocupacional para os motoristas de ônibus holandeses.

Condições de trabalho em empilhadeiras, do ponto de vista acústico e vibratório, foram objeto de estudo de DANIÈRE e col. (1992). Estes elaboraram um estudo, cujo objetivo foi o de responder às necessidades da normalização no campo das estratégias de redução de vibração e ruído no posto de trabalho do condutor destes veículos. Cotejando os resultados com a norma francesa, os autores observaram que os níveis de vibração encontrados em empilhadeiras com capacidade de carga inferior a 10 t e os utilizados em construção civil são algumas vezes incompatíveis com a

duração quotidiana de um posto de trabalho. Além disso, os pesquisadores revelaram que as suspensões empregadas nestes veículos são freqüentemente inadequadas.

Máquinas agrícolas utilizadas em várias culturas no Japão foram objeto de avaliação em pesquisa conduzida por FUTATSUKA e col. (2000). Níveis acima dos limites de tolerância definidos pela ISO-2631-1 (1985) foram registrados nos assentos dos veículos em operação. Os autores também estimaram o tempo de exposição segundo os critérios da ISO-2631-1 (1997), referindo-se à somatória vetorial calculada para cada máquina, levando em consideração os procedimentos definidos pela ISO-2631-1 (1985). Trata-se de um método incoerente, pois as duas normas possuem ponderações diferentes por freqüência e outras diferenças, que não permitem uma comparação desta natureza.

1.3.1 A importância do assento:

Três tipos de assentos foram avaliados por ÖZKAYA et col. (1996) tendo como referência a transmissão da vibração. O primeiro assento, considerado o mais simples, foi classificado como o mais apropriado, comparando-se com os outros dois, os quais possuíam características avançadas e estruturas complexas, já que estes últimos ampliaram a vibração global de 5 a 19% para operadores de trem. Os autores salientam que a despeito de os assentos mais complexos e com características avançadas obedecerem critérios ergonômicos de ajuste e conforto, eles não foram concebidos para suportar exposição à vibração a longo prazo. De acordo com os autores, estes assentos foram configurados para postos de trabalho com características estáticas, e não dinâmicas como a do operador de trem.

A eficiência em prevenir a transmissão de vibração de 11 tipos de assento utilizados em caminhões pesados, tratores e empilhadeiras foi

avaliada por BURDORF e SWUSTE (1993). Os autores verificaram que os dados obtidos em laboratório não são adequados para prever a eficiência no campo e que em diversas situações de trabalho, a magnitude e a duração da vibração excederam os limites da curva fadiga – decréscimo de produtividade estabelecidas pela norma ISO-2631-1(1985) para o eixo vertical. Portanto, segundo os pesquisadores, em várias situações de trabalho com exposição de 8 h diárias, os assentos não oferecem a devida proteção contra os efeitos da VCI.

Valores de vibração superiores, particularmente na direção lateral, aos definidos pela norma ISO-2631-1 (1985) em referência à duração da exposição foram observados em postos de trabalho de condutores de máquinas de transporte de troncos de árvores em pesquisa conduzida por BOILEAU e SCORY (1988). Os pesquisadores também destacam a impropriedade dos assentos existentes nestes veículos, os quais tendem a amplificar a vibração recebida e por sua vez, transmitida ao operador. A ausência de amortecimento da máquina e as irregularidades ao longo do percurso provocam importantes solicitações, favorecendo assim a elevação dos níveis de vibração.

WIKSTRÖM e col. (1994) também elaboraram uma vasta revisão da literatura sobre o tema com o fim de fornecer condutas e meios de avaliar a exposição, principalmente no que se refere à ocupação de motoristas. Fundamentando-se nos estudos analisados os autores concluem, sobre os efeitos a longo-prazo, que muitos anos de exposição podem contribuir para lesões e/ou distúrbios na região lombar e o risco tende a crescer se esta exposição for combinada com posturas inadequadas e longo tempo na posição sentada sem pausas.

Uma cuidadosa revisão acerca dos efeitos do ruído e vibração sobre trabalhadores agrícolas foi elaborada por CRUTCHFIELD e SPARKS (1991). Nesta revisão, os dois riscos são analisados de forma individual não

havendo enfoque sobre a ação combinada de ambos. Desse modo, detendo-se nos aspectos referentes aos efeitos advindos da exposição à VCI, os autores salientam pesquisas, nas quais foram revelados os efeitos a longo prazo mais evidentes, como lombalgias, degeneração precoce da coluna e hérnia de disco. Os autores declararam que estudos, cujos objetos se detiveram sobre outras regiões do corpo, não foram suficientemente conclusivos. Verifica-se por meio desta ampla revisão que existe um risco elevado para danos na coluna vertebral e no sistema nervoso periférico, enquanto que para outros locais do corpo, como sistema digestivo, órgãos do sistema reprodutivo feminino e sistema vestibular, há uma probabilidade menor de ocorrência.

Abordando além dos riscos para a coluna vertebral, uma extensa revisão crítica sobre efeitos a longo prazo produzidos pela exposição à VCI foi realizada por SEIDEL e HEIDE (1986). Os autores analisaram 185 pesquisas e discutiram os dados mais relevantes de cada uma delas de modo condensado, referente a associação entre a qualidade da exposição (intensidade, direção e duração) e efeitos patológicos, o papel dos fatores individuais, conclusões para o estabelecimento de padrões e o cuidado médico dispensado aos trabalhadores expostos. Os dados obtidos por esta análise apontaram uma elevação de risco para a coluna e para o sistema nervoso periférico. O sistema digestivo e os órgãos reprodutivos femininos são atingidos com uma menor probabilidade. Nos aspectos referentes à exposição simultânea de ruído e VCI, os pesquisadores citam 3 estudos de campo, pelos quais foi observado um efeito aditivo discreto da vibração no desenvolvimento de perda auditiva induzida por ruído e também 3 de caráter experimental que compartilham da mesma conclusão. Exposição a longo-prazo à VCI possivelmente pode contribuir para o surgimento de distúrbios nos órgãos reprodutivos femininos (distúrbios menstruais, anomalias de posição) além de distúrbios na gravidez (abortos, parto prematuro).

1.4 Revisão da literatura - Estudos epidemiológicos:

A grande maioria dos estudos sobre o tema tem se detido sobre os problemas na coluna decorrentes da exposição à VCI. Verifica-se também que há o cuidado em referir que não é possível estabelecer um determinado risco para VCI, uma vez que há uma complexidade de outros agentes presentes que interferem na geração do efeito (posição sentada por tempo prolongado, postura inadequada, etc.). O conhecimento adquirido a respeito dos efeitos crônicos decorrentes da exposição à VCI foi gerado principalmente através de estudos transversais e retrospectivos (GRIFFIN 1990a). Nota-se também a referência a alguns problemas para o desenho destes estudos, principalmente os transversais que analisam os efeitos sobre a coluna, como o “fenômeno do trabalhador saudável”, pois trabalhadores que apresentam problemas de coluna tendem a deixar estes postos.

1.4.1 Lombalgia e distúrbios na coluna:

O tema mais relevante, constatado através da revisão bibliográfica executada, foi sobre os efeitos decorrentes da exposição à VCI sobre a coluna, principalmente em virtude de número representativo de afastamentos do trabalho provocado por este problema.

Choque mecânico e VCI são consideradas causas representativas para o desenvolvimento de lombalgias em motoristas (BURTON e SANDOVER 1987). Os autores sustentam esta conclusão devido a uma redução significativa da incidência e gravidade de lombalgias entre pilotos, quando a rigidez da suspensão de veículos de competição foi reduzida.

Queixas de operadores de pontes-rolantes referentes à exposição à VCI foram levantadas por MALCHAIRE e PIETTE (1991). No estudo, observou-se que os operadores são mais sensíveis às vibrações horizontais

(eixos x e y). Além disso, os operadores apresentaram maior sensibilidade aos níveis de vibração não ponderados do que aos ponderados, e às intensidades de pico (L10 – percentil 10) do que às de valor r.m.s.

O desconforto provocado por VCI em posto de trabalho de tratoristas foi objeto de análise em uma pesquisa de campo empreendida por FAIRLEY (1995). Diversos procedimentos de análise quantitativa de vibração para prever o desconforto foram empregados, e após comparados com as avaliações subjetivas dos operadores. O autor considerou a norma ISO-2631-1 (1985) como o melhor instrumento para se prever o desconforto, utilizando-se os valores de vibração r.m.s. ponderados em frequência (0,5 – 20 Hz) medida no plano do assento nas três direções ortogonais.

BONGERS e col. (1998a) empreenderam uma pesquisa longitudinal com o propósito de verificar os efeitos da VCI sobre operadores de ponte rolante. Os autores observaram que entre os operadores com mais de cinco anos de exposição à VCI, a ocorrência de incapacidades por problemas de coluna foi mais elevada comparando-se ao grupo controle. A razão de densidade de incidência superou o valor de dois para incapacidade, controlando as variáveis idade, nacionalidade, trabalho em turnos e ano calendário.

Distúrbios na coluna foram estudados em operadores de máquinas de movimentação de terra, com pelo menos três anos de exposição, por meio de estudo seccional desenvolvido por DUPUIS e ZERLETT (1987). Os autores empregaram um grupo controle para possibilitar comparações entre os expostos. A pesquisa demonstrou que a prevalência de trabalhadores com queixa de desconforto na coluna foi muito mais alta no grupo de trabalhadores expostos à vibração.

HULSHOF e VAN ZANTEN (1987) elaboraram ampla e crítica revisão da literatura sobre VCI, pela qual foram definidas classificações,

obedecendo determinados critérios referentes ao desenho dos estudos revisados, a fim de verificar a consistência epidemiológica dos mesmos. Pelo levantamento, revelou-se que os efeitos adversos mais comuns foram: lombalgia, degeneração precoce da região lombar e hérnia de disco. Os autores destacam que são necessárias mais pesquisas em trabalhadores de alto risco, uma vez que não é possível estabelecer uma associação sólida entre exposição e efeito com base nas pesquisas analisadas.

WALSH e col. (1989) investigaram as causas de lombalgia relacionadas ao trabalho através de um estudo retrospectivo, utilizando-se de questionário enviado pelo correio, pelo qual observaram-se as associações mais consistentes nas atividades de transporte e levantamento de cargas e na condução prolongada de veículos.

Operadores de empilhadeira apresentam maiores problemas de coluna quando comparados com outros grupos de trabalhadores, conforme pesquisa conduzida por BRENDSTRUP e BIERING-SØRENSEN (1987). No entanto, este achado não comportou diferenças significativas entre os grupos analisados, pois, segundo os autores, o grupo controle escolhido era em número reduzido. Além disso, estes trabalhadores, não qualificados, pertencentes ao grupo controle, desenvolviam atividades classificadas de risco para geração de problemas de coluna.

Os fatores de risco para lombalgia são analisados por BURDORF e SOROCK (1997) através de uma exaustiva revisão na literatura, compreendendo 35 estudos epidemiológicos sobre o tema com os mais variados desenhos. Em relação aos aspectos de VCI, os autores detiveram-se sobre 13 textos. Associações significativamente positivas entre a exposição e efeito foram encontradas praticamente na totalidade dos estudos analisados, com exceção de um com desenho longitudinal, cujos resultados não demonstraram uma associação estatisticamente significativa.

A elevação de prevalência de lombalgias entre pilotos de helicópteros e motoristas profissionais deve-se parcialmente à exposição à VCI, uma vez que estes grupos de trabalhadores encontram-se expostos a outros riscos que podem contribuir na geração deste agravo. Estas considerações estabelecidas por BOSHUIZEN e col. (1990a) sustentam-se em estudos epidemiológicos realizados pela Universidade de Amsterdã, instituição em que trabalham. Estes estudos compreendiam três de natureza longitudinal entre operadores de ponte rolante de uma siderúrgica e de um estaleiro e operadores de trator e três seccionais conduzidos sobre operadores de trator, operadores de empilhadeira e pilotos de helicópteros. Os objetivos dos primeiros foram o de verificar a diferença da incidência de incapacidade e afastamento do trabalho com um grupo controle pertencente à mesma empresa, enquanto que os do segundo foram a determinação de prevalência entre as ocupações analisadas.

Aspectos sobre a poluição química, ruído e VCI em operadores de empilhadeiras elétricas e a diesel, foram avaliados por COCHEO e col. (1984). Os resultados revelaram que o tipo de motor não influencia sobre os níveis de vibração, mas sim a características dos pneus empregados no equipamento. As empilhadeiras dotadas de pneus homogêneos (sem câmara de ar) apresentaram níveis mais elevados de VCI, comparando-se com as que utilizam pneus elásticos constituídos de câmara de ar. Os níveis encontrados não oferecem conforto nem garantem a preservação da capacidade de trabalho de acordo com os limites impostos pela norma ISO-2631-1 (1985).

Um estudo epidemiológico de campo entre operadores do metrô da cidade de Nova Iorque, levando em conta os efeitos combinados de VCI nos sentidos lateral e vertical, foi desenvolvido por JOHANNING e col. (1991a), os quais classificam este estímulo como um fator de maior contribuição para o desencadeamento de dor e doenças na coluna. Os pesquisadores realizaram avaliação sobre os diversos tipos de trens utilizados, bem como

respeitando as características das linhas, referenciando-se principalmente à norma ISO-2631-1 (1985). Os níveis de vibração lateral e vertical encontrados situavam-se bem acima dos limites de fadiga-decréscimo na eficiência para 8 h estabelecidos pela norma ISO-2631-1 (1985). De acordo com os autores, a jornada de trabalho destes operadores submetidos a estes níveis de VCI não deveria ultrapassar 3 horas e 44 minutos. Além deste risco, o posto de trabalho do operador de metrô encontrava-se exposto a outros riscos importantes tais como: posto de trabalho mal dimensionado em relação aos critérios ergonômicos, elevados níveis de ruído e estresse provocado pela inadequação da organização do trabalho.

Comparando incidências de absenteísmo devido a distúrbios na coluna entre operadores de ponte rolante expostos à VCI e um grupo controle, em um estudo retrospectivo de dez anos, BONGERS e col. (1988b) não verificaram diferenças significativas entre os dois grupos. No entanto, no grupo formado de operadores de ponte rolante, observou-se um maior e mais longo absenteísmo devido a ocorrências de distúrbios no disco intervertebral. Já no grupo controle houve mais queixas e distúrbios da coluna inespecíficos.

Motoristas de ônibus e de caminhões e operadores de equipamentos pesados são ocupações com mais elevadas prevalências de distúrbios causados pela exposição à VCI, conforme mostra revisão de dados epidemiológicos produzidos pelo NIOSH [*National Institute for Occupational Safety and Health*] conduzida por HELMKAMP e col. (1984). Entretanto, segundo os autores da revisão, a associação causal não foi estabelecida adequadamente.

Uma das primeiras revisões críticas e sistemáticas a respeito de pesquisas epidemiológicas sobre o tema foi desenvolvida por HELMKAMP e col. (1984). Em 1954, Loeb citado por HELMKAMP e col. (1984, p.162), considerado como um dos precursores na análise de efeitos combinados,

através de um estudo experimental e dispondo ainda de um grupo controle, não verificou nenhuma alteração significativa nas médias das pressões arteriais sistólica e diastólica entre os dois grupos.

Pesquisa realizada por Gruber e Ziperman citado por HELMKAMP e col. (1984, p. 163) entre trabalhadores expostos à VCI comparou padrões de morbidade, por meio de um estudo retrospectivo, de motoristas de ônibus e de trabalhadores de escritório formando, entre outros, o grupo controle. Já Gruber citado por HELMKAMP e col. (1984, p. 164), em 1976, desenvolveu outra pesquisa com desenho similar, envolvendo motoristas de caminhões e nesta oportunidade, controladores de tráfego aéreo foram empregados como controle. Uma pertinente crítica tecida por HELMKAMP e col. (1984) é o viés expressivo que pode haver na seleção de controles, os quais se submetem a uma avaliação médica mais rigorosa para o cargo. Desse modo, é de se esperar que nesta última população de trabalhadores, serão encontrados os mais saudáveis.

Diante da dificuldade em encontrar um grupo controle, cuja realidade de trabalho diferisse do grupo objeto de análise, apenas no tocante à exposição à VCI, Grzesik citado por HELMKAMP e col. (1984, p. 165) optou em desenhar um estudo longitudinal, de 1972 a 1980, entre operadores de minas de carvão e areia, dotado de dois pontos de determinação do quadro de saúde da população de estudo. O pesquisador verificou que exposição à VCI a longo prazo, em baixas e médias frequências, exerce uma influência negativa sobre a saúde destes trabalhadores, demonstrada por uma maior e significativa incidência de distúrbios da mobilidade, sistemas circulatório e digestivo e nos órgãos urogenitais. Este estudo especificamente não revelou nenhuma ação sinérgica pela presença do ruído, uma vez que não se detectou nenhum agravo à audição.

Exposição à VCI e ao frio pode contribuir para a ocorrência do fenômeno de Raynaud entre mineiros, de acordo com a pesquisa efetuada

por HEDLUND (1989). Após examinar 27 trabalhadores submetidos na jornada de trabalho aos dois tipos de exposição à vibração, constatou uma maior prevalência do fenômeno nos dedos das mãos e pés, comparando-se com um grupo controle. O autor afirma que há possibilidade de surgimento do fenômeno nos dedos dos pés em pessoas com exposição a longo prazo à vibração nos pés.

A dose de exposição está associada ao aumento da prevalência de dor nas costas, conforme pesquisa de BOSHUIZEN e col. (1990b). Os autores analisaram isoladamente os dois componentes da dose de vibração, duração da exposição e magnitude da vibração, e concluíram que a manifestação de dor nas costas tende a crescer com a duração, mas não com a média estimada da magnitude da vibração. Segundo os autores, este resultado provavelmente se deve à deficiência de acurácia da última variável, e concluem que a prevalência mais elevada de dor nas costas entre tratoristas (cerca de 10% superior ao grupo não exposto) pode ser parcialmente imputado à VCI, uma vez que há outros estressores importantes no posto de trabalho, tais como postura e posição sentada prolongada.

Com o propósito de avaliar com maior propriedade os resultados de pesquisa anterior, na qual indicou que operadores de metrô se expunham a níveis de VCI superiores aos definidos pela ISO-2631-1 (1985), JOHANNING (1991b) desenvolveu uma análise, através da qual foi aplicado um questionário “auto-respondível” entre estes trabalhadores e foram executadas medidas dos níveis de vibração no posto de trabalho do operador. O pesquisador pôde observar, por intermédio de regressão logística múltipla, uma *Razão de Chances* de 3,5 (95% IC 1,7-8,6) para dor ciática e de 1,6 para problemas gastrointestinais (95% IC 1,1-2,5) entre os operadores de metrô, cotejando-se com o grupo controle constituído por operadores de sala de controle. O autor, neste estudo, não fez referência aos níveis de ruído, sob o qual os operadores estavam expostos.

Interessante destacar outro achado deste trabalho que foi uma Razão de Chances de 3,2 para perda auditiva induzida por ruído (PAIR) entre os operadores. No entanto este valor não foi significativo quando se verifica o intervalo de confiança a 95% (0,6 – 17,4).

Em estudo transversal no qual utilizou-se a metodologia de aplicação de questionários auto-respondíveis enviados pelo correio e a medição dos níveis de exposição à VCI no posto de trabalho, BOVENZI e ZADINI (1992) investigaram a prevalência de sintomas lombares entre um grupo de motoristas de ônibus expostos à VCI e a estresse postural. Os dados obtidos foram analisados através de regressão logística múltipla e foram revelados valores de Razão de Chances de prevalência para diversos tipos de sintomas (dor nas pernas, dor lombar aguda, dor lombar) significativamente superiores à unidade para motoristas de ônibus, comparando-se com o grupo controle composto por trabalhadores da manutenção. BOVENZI e ZADINI (1992) também salientam que a ocorrência de sintomas lombares tende a crescer à medida que a exposição à VCI, traduzida pela dose recebida ($\text{anos m}^2/\text{s}^4$) cresce. Destaca-se deste estudo que os sintomas surgiram em níveis de exposição à VCI inferiores aos estipulados pela norma ISO-2631-1 (1985).

Após o controle das variáveis de confusão através de regressão logística, detectou-se uma associação significativa entre distúrbios lombares com dose de vibração e carga postural. Este resultado é um dos achados de estudo de prevalência empreendido por BOVENZI e BETTA (1994a) com 1155 tratoristas expostos à VCI e estresse postural, os quais analisaram os níveis de vibração no posto de trabalho e empregaram um questionário padronizado. Os autores demonstraram que a prevalência de lombalgia é maior do que a encontrada no grupo controle formado por 220 trabalhadores de escritório, e também afirmaram que a Diretiva Européia para agentes físicos parece ser mais apropriada para a prevenção de efeitos a longo prazo na região lombar do que a norma ISO-2631-1 (1985).

A condução de veículos a motor pode estar associada com a elevação de risco para disco intervertebral lombar herniado agudo, conforme estudo conduzido por KELSEY e HARDY (1975) que teve o desenho do tipo caso-controle. Os autores compararam fatores de risco de 223 casos com aqueles de dois grupos controle compostos de 217 pareados com as variáveis idade e gênero e 49 não pareados. Segundo os autores, a associação encontrada entre hérnia de disco aguda e condução de veículos não pôde ser atribuída a quaisquer variáveis de confusão como levantamento de cargas, ausência de atividade física, tabagismo ou trabalho sedentário. Exposição à VCI não foi considerada como um fator de risco no desenho da pesquisa. A falta de um grupo controle extraído da população geral e a relativa insuficiência do tamanho da amostra foram alguns dos limites discutidos pelos pesquisadores.

Em um grupo de operadores de ponte rolante não foi encontrada uma prevalência significativamente mais elevada em relação a um grupo controle constituído de trabalhadores não expostos à VCI, mas que assumissem a mesma posição de trabalho na jornada. Esta é uma das conclusões consolidadas por PIETTE e MALCHAIRE (1992) em pesquisa, em que um dos objetivos foi o de verificar quais os elementos do equipamento que são responsáveis pela geração de vibração. Os autores concluíram que, neste aspecto, têm importância os caminhos de rolamento, as dimensões e os sistemas de suspensão tanto da cabina como do assento.

Interferências sobre o aprendizado foram investigadas por SHERWOOD e GRIFFIN (1992) por meio de um estudo experimental, em que 40 sujeitos cumpriram metade de determinada tarefa de aprendizado submetidos à VCI senoidal com frequência de 16 Hz e aceleração de $2,0 \text{ m/s}^2$ e outra metade sem exposição. Os resultados indicaram que exposição à VCI pode prejudicar aprendizado de modo significativo.

Após a revisão de dezenove pesquisas, algumas das quais presentes neste texto, pesquisadores do NIOSH declararam que há uma forte evidência de associação positiva entre exposição à VCI e lombalgia (BERNARD e FINE 1997).

1.5 Aspectos sobre exposição ao ruído:

De acordo com PELMEAR (1995) , as primeiras pesquisas que demonstraram correlação entre exposição ao ruído e perda auditiva foram somente realizadas na década de 60. As pesquisas conduzidas por Passchier-Vermeer, citadas por PELMEAR (1995) concluíram que o dano à audição tende a crescer à medida que os níveis de pressão sonora se elevam, dado um tempo de exposição constante. Burns e Robinson, citados por PELMEAR (1995), a partir dos resultados obtidos em suas pesquisas, elaboraram uma equação pela qual é expresso o nível esperado do limiar na faixa de frequências de 500 a 6000 Hz para um dado nível de ruído, período de exposição e idade. Este estudo consiste em uma referência histórica, pois a partir dele foram construídos os conceitos de nível de emissão e energia total de ruído (ponderada pela escala A) recebidos pela orelha, estabelecendo assim o princípio de igual energia, significando que uma elevação da intensidade de ruído da ordem de 3 dB representa a duplicação do risco devido à exposição.

Em relação a este último aspecto que define um critério de risco para exposição ao ruído, o conceito de igual energia ou a regra dos 3 dB (fator de troca) apresenta maior consistência e aceitação na literatura. CLUFF (1984) afirma que a regra dos 3 dB é fundamentada sobre um modelo mais acurado e razoável para predizer a PAIR, enquanto que a regra dos 5 dB³, baseada em dados de mudanças temporárias de limiar⁴ (MTL), representa uma inferência que não foi verificada ou comprovada. Atualmente a regra dos 3

³ Regra atualmente utilizada pela legislação brasileira – Lei Nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977 - Portaria 3.214 de 8 de junho de 1978.

⁴ Segundo a ANSI S3.20-1995, citada por NIOSH (1998), é uma elevação temporária no limiar de audibilidade para uma orelha causada por um estímulo acústico de alta intensidade.

dB é a mais aceita, justamente em razão de ser sustentada cientificamente por estudos epidemiológicos. Instituições e organismos mundialmente conhecidos e conceituadas na área de saúde e trabalho, como o NIOSH (1998), a ACGIH (1996) [*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*] e a AFNOR (1985) [*Association Française de Normalisation*] a têm adotado e estabelecido critérios de risco partindo da referência do nível de 85 dB(A) para uma duração de exposição de 8 horas.

A perda auditiva induzida por ruído normalmente se inicia na frequência de 4 kHz e em estágios posteriores se amplia e se aprofunda para as frequências de 3 kHz e 6 kHz, conforme demonstram todas as pesquisas revisadas por PELMEAR (1995). Antecedendo à ocorrência da mudança permanente de limiar (MPL) tem-se observado sempre uma mudança temporária de limiar (MTL), a qual depende da intensidade e da duração do ruído. Esta mudança temporária atinge o seu máximo logo após o término da exposição. Após algumas horas há recuperação, com característica logarítmica, que é determinada usualmente no ponto referente a dois minutos (MTL₂).

Populações de trabalhadores com pressão sistólica e concentrações de colesterol e de triglicérides no sangue mais elevadas são mais suscetíveis à exposição ao ruído conforme pesquisa executada por Thomas e Williams, citada por PELMEAR (1995).

A perda auditiva está associada significativamente com tabagismo, como demonstram os resultados obtidos nos estudos desenvolvidos por Chung e colaboradores, citados por PELMEAR (1995). Recentemente, por intermédio de um estudo de prevalência, a associação entre tabagismo e perda auditiva foi demonstrada em pesquisa elaborada por CRUICKSHANKS e col. (1998). O risco de desenvolver perda auditiva para

os fumantes, controlando as demais variáveis, foi 1,69 vezes (IC 95% 1.31-2.17) o dos não fumantes.

O ruído de impacto, definido basicamente como um som de curta duração e elevada energia, representa maior risco à audição dos trabalhadores, como demonstrou SULKOWSKI e col.(1983), que encontraram uma PAIR mais acentuada entre forjadores do que em tecelões expostos ao mesmo nível equivalente de ruído de 101 dB(A). Esta diferença verificada foi mais proeminente na de 6 kHz.

Monóxido de carbono, metais pesados (chumbo, arsênio e mercúrio) e solventes orgânicos (tolueno, estireno e xileno) são alguns agentes que podem interagir com a exposição ao ruído, conforme revisão de PELMEAR (1995). MORATA e col. (1993) , através de um estudo de prevalência em uma indústria gráfica, verificaram que, o risco estimado de perda auditiva, referenciando-se ao grupo não exposto, era 4 vezes para o grupo de expostos somente a ruído, 11 vezes para o exposto a ruído e tolueno e 5 vezes para o exposto a mistura de solventes.

Diferenças de limiares auditivos entre gêneros foram encontradas em estudo longitudinal efetuado por PEARSON e col. (1995), os quais controlaram as variáveis correspondentes à exposição a ruídos de natureza ocupacional, militar e de lazer. Os resultados indicaram que a taxa de perda auditiva é mais do que duas vezes mais rápida em homens do que em mulheres, em muitas frequências e idades.

O desenvolvimento de pesquisa acerca de socioacusia, termo cunhado por Glorig, citado por PHANEUF e HÉTU (1990) para descrever as possíveis influências das condições de vida sobre a audição, comporta sérias limitações metodológicas, uma vez que as amostras são geralmente pequenas e as exposições ocupacionais são raramente valorizadas com a exposição em atividades de lazer.

1.5.1 Fontes de ruído em um veículo a diesel.

Um abordagem, a despeito de superficial, sobre os mecanismos geradores de ruído em um veículo a diesel objetiva caracterizar a máquina ou a fonte de importância ao trabalhador e servir de subsídio ao procedimento de avaliação de exposição dos motoristas do ônibus.

Conforme pesquisa realizada por SESHAGIRI (1998) há 7 principais fontes de ruído em veículos movidos a diesel, como caminhões pesados e ônibus: motor, exaustão, ventilador, entrada de ar, transmissão, pneus e outros. O ruído do motor pode ser dividido em duas categorias: ruído proveniente da combustão e o mecânico. O primeiro representa o ruído radiado pelas superfícies externas do motor, referentes às forças induzidas sobre o pistão e nas paredes do cilindro. Por sua vez, o ruído de origem mecânica vem de muitas fontes internas que contribuem para vibração da caixa, como: virabrequins, vibração flexível do bloco, válvulas, bombas de combustível e injetoras.

Em relação à velocidade e sua associação com a emissão de ruído, o autor destaca a interação entre o pneu e a superfície do pavimento, que pode se tornar a fonte dominante quando a velocidade supera 70 km/h.

Ruído aerodinâmico produzido pela turbulência do fluxo de ar sobre a carroçaria do veículo e a irradiação da cabina e da estrutura de toda a carroçaria são consideradas as outras fontes que contribuem para o nível global no posto de trabalho do motorista.

Assinala-se ainda que as características do pavimento das ruas desempenham papel expressivo na geração do ruído. Irregularidades existentes no pavimento podem elevar o nível de ruído em até 10 dB(A), conforme CRÉPEAU (1978).

1.6 Influência do ruído sobre as condições de trabalho entre motoristas:

Motoristas de ônibus foram submetidos a avaliações ambiental e biológica em pesquisa com característica transversal de PATWARDHAN e col. (1991). Níveis de ruído no posto de trabalho do motorista variaram entre 89 e 106 dB(A), enquanto que para o grupo controle, oscilaram de 50 a 62 dB(A). A prevalência de PAIR no grupo exposto, extremamente elevado, foi de 89% e de 19% para o não exposto.

VAN DEN HEEVER e ROETS (1996) examinaram a exposição ao ruído entre motoristas de caminhão, através da realização de dosimetrias, empregando nível critério de 85 dB(A) e fator de troca igual a 3, estudando dois tipos de cabina. Os resultados revelaram que estes trabalhadores encontram-se expostos acima dos limites estabelecidos, oferecendo assim um risco de ocorrência de perda auditiva.

Uma prevalência de PAIR de 17% foi encontrada em motoristas de ônibus na cidade do México, conforme um estudo epidemiológico conduzido por AHUMADA e col. (1991), cujo objetivo foi o de verificar as condições de trabalho destes trabalhadores.

Após a consulta nas bases de dados disponíveis sobre o tema, observou-se que a exposição de motoristas de ônibus ao ruído não tem sido considerada como um fator de risco relevante para a audição destes trabalhadores em países industrializados, os quais detêm uma maior tradição e expressividade no campo de publicações sobre o tema saúde e trabalho; pois não foi encontrada uma referência específica sequer. Possivelmente a concepção e o desenho dos ônibus empregados naqueles países oferecem maior propriedade e adequação ao posto de trabalho do motorista em relação a este ponto. A exposição ao ruído é mencionada em pesquisa conduzida por Helmers e col. (1983), citado por EVANS (1994), na

qual foram verificadas as condições ergonômicas da cabina do motorista em ônibus em uso na Suécia, país que apresenta padrões elevados de ergonomia. No entanto, o efeito discutido é sobre a performance e conforto do motorista, afetados sobretudo pelos componentes infra-sônicos do ruído existentes na cabina. Segundo o estudo, a exposição ao ruído com esta característica pode prejudicar a precisão no manuseio do volante, manutenção de uma determinada velocidade e tempo de reação.

A predominância dos estudos sobre as repercussões das condições de trabalho sobre a saúde de motoristas de ônibus urbanos, realizados principalmente em países desenvolvidos, tem se detido sobretudo na relação entre saúde mental e trabalho. A ocorrência de estresse entre estes trabalhadores e as formas possíveis de prevenção tem sido a preocupação das pesquisas nesta realidade. A razão pela qual este agravo ter sido o eleito para análise deve-se às peculiaridades do processo e do ambiente de trabalho do motorista, determinadas por: baixa autonomia na função, pressão imposta pelo tempo para o cumprimento das viagens, congestão do tráfego, eventuais relações conflituosas com passageiros e outros motoristas no trânsito, longas jornadas de trabalho, responsabilidade elevada e risco de ser vítima de um crime (EVANS 1994; DUFFY e McGOLDRICK 1990; KOMPIER 1996; EVANS e CARRÈRE 1991; KÜHLMANN 1990; CARRÈRE e col. 1991; CHAUDRON e col. 1997).

Conforme a maioria das publicações consultadas, o eixo de prevenção para estes fatores de risco elencados para o desenvolvimento de estresse se fundamenta em um modelo de intervenção social, por meio de provimento de maior autonomia aos condutores, no que se refere ao planejamento e organização do trabalho. Este seria o instrumento para promover a democratização no local de trabalho, oferecendo maior participação dos motoristas na tomada de decisões, para prevenir a deterioração da saúde provocada por uma estrutura de relação saúde – trabalho danosa.

Em nível nacional, as pesquisas desenvolvidas por SOUZA E SILVA (1998) e por SATO (1991) ilustram de modo nítido e contundente quão desgastante e estressante é o exercício do trabalho de condução de ônibus na cidade de São Paulo. O primeiro estudo se dedicou a verificar a ocorrência de distúrbios psiquiátricos menores entre esta população, destacando a função de cobrador; enquanto que o segundo demonstrou claramente a penosidade que envolve a tarefa de condutor.

Cabe ainda acrescentar que os agravos à saúde de motoristas de ônibus urbanos relacionados ao sistema músculo-esquelético, como os já citados anteriormente, os quais se detiveram sobretudo no estudo da ocorrência de distúrbios da coluna, ao sistema digestivo e ao cardiovascular constituem-se como outros temas relevantes, com os quais as pesquisas têm se dedicado (CHAUDRON e col. 1997; ROSENGREN e col. 1991; RAGLAND e col. 1987; BELKIC e col. 1994).

1.7 Pesquisas em nível nacional:

É possível verificar na literatura revisada, que o número de pesquisas inclinadas para investigar o risco da exposição ao ruído entre motoristas é modesto. A tese de doutorado de CAMPANA (1973), pioneira nesta área, analisou os riscos mais significativos na condução de ônibus, como ruído e vibração. O autor pôde verificar que há exposição ao ruído além dos limites, definidos pela norma brasileira, na grande maioria dos ônibus avaliados, categorizando a função de motorista, como de risco para o desenvolvimento de PAIR.

A avaliação das condições de trabalho de motoristas de ônibus na cidade do Rio de Janeiro foi efetuada por BRITTO (1975). Além de discutir sobre aspectos de conforto e outros riscos relacionados à atividade, Britto assinala que o ruído se configura como risco para o condutor. Interessante salientar que a vibração é tratada como trepidação, e que segundo o autor *“não pode ser evitada”*. O autor se refere a Wittmarck, citado por SIMONI (1956), o qual argumenta que os trabalhadores mais atingidos pela PAIR são aqueles expostos à vibração transmitida pela estrutura óssea, citando o exemplo dos agentes ferroviários, cuja exposição ao ruído é relativamente modesta. No texto original de SIMONI (1956), verificou-se que a referência a esta constatação não apresenta elucidações muito consistentes.

Motoristas e cobradores de ônibus da cidade de Campinas foram objeto de estudo seccional desenvolvido por CORDEIRO e col. (1994), através do qual foi examinada a associação entre PAIR e as seguintes variáveis: tempo de trabalho total acumulado, pressão arterial e idade. Os autores encontraram uma prevalência de PAIR de 45,2% e, por meio de análise de regressão linear, uma associação positiva entre PAIR e tempo total acumulado de trabalho e também com a interação desta variável com idade.

A pedido do sindicato de condutores da cidade de São Paulo, FONSECA e col. (1993) examinaram os níveis de exposição ao ruído, aos quais estão expostos motoristas e cobradores de ônibus. Os pesquisadores constataram que, para os motoristas de ônibus, cujos motores localizam-se em sua parte dianteira, as doses obtidas superaram a unidade ou se aproximaram muito desta

FERNANDES (1991) quantificou os riscos ocupacionais no posto de trabalho do tratorista, particularmente quanto à questão do ruído. Os resultados demonstraram que durante o trabalho de campo nenhum dos tratores apresentou padrões aceitáveis, uma vez valores entre 90 e 110 dB(A) foram registrados. Uma elevada prevalência de PAIR (59,8%) entre os tratoristas constituiu-se como outro resultado relevante deste estudo.

Níveis de pressão arterial elevados durante a atividade, doenças do sistema músculo-esquelético como a causa principal de afastamentos do trabalho e frota obsoleta foram os achados mais significativos obtidos pelo estudo de SANTOS e MENDES (1999), os quais analisaram as condições de trabalho e saúde de motoristas de ônibus em Belo Horizonte.

Em pesquisa de natureza seccional, MARQUES (1998) analisou uma população de 92 motoristas, condutores de ônibus com motor dianteiro, do município de São Paulo. A autora observou uma taxa de prevalência importante de 55,4% de traçados audiométricos sugestivos de PAIR, sendo que a idade e o tempo de serviço desempenharam influência na geração deste agravamento.

1.8 Estudos que se utilizam de regressão logística para estudar as causas de perda auditiva.

BARONE e col. (1987) , em um estudo do tipo caso-controle verificaram que o tabagismo está associado com o risco elevado de perda auditiva em uma população exposta ao ruído. Com o propósito de controlar as possíveis variáveis de confusão (idade, tabagismo, lazer ruidoso, anos trabalhados na atual empresa, uso de protetor auricular e trabalhos anteriores expostos ao ruído), os pesquisadores empregaram o método de regressão logística não-condicional. Embora os níveis de ruído tenham sido avaliados, estes não foram usados no modelo como variável, possivelmente porque não houve diferenças significativas entre as médias registradas nos dois grupos de estudo.

SANTANA e BARBERINO (1995) analisaram a possível associação existente entre exposição ocupacional ao ruído e hipertensão arterial. Definindo a exposição ao ruído como uma variável dicotômica (sim ou não), cuja informação foi extraída dos prontuários, elegendo a hipertensão arterial como a variável de efeito e considerando os limites por serem utilizados dados secundários, os pesquisadores não encontraram associação significativa entre ambas.

A exposição ao ruído foi utilizada como variável categórica dividida em quatro faixas de níveis de exposição ao ruído de trabalhadoras de uma indústria têxtil em estudo de prevalência desenvolvido por YIMING e col. (1991), cujos resultados mostraram que a exposição ao ruído comporta-se como um importante determinante de hipertensão arterial, atrás de ingestão de sal e história familiar.

Elegendo como variável dependente a perda auditiva grave induzida por ruído, ISHII e col. (1992) exploraram a associação entre diabetes *mellitus* não dependente de insulina (DMNDI) e a exposição ao ruído em

uma população de metalúrgicos. O estudo de natureza retrospectiva considerou a exposição ao ruído como variável independente contínua, além de idade (contínua), consumo de álcool (contínua), hipertensão (dicotômica), DMNDI (dicotômica), atividades de lazer ruidosas (dicotômica) e tabagismo (contínua). Particularmente no que toca à caracterização da energia total de ruído recebida, os pesquisadores recorreram à exposição acumulada, representada pelo valor do nível de imissão de ruído (E_A) ponderado na escala A⁵. Os resultados demonstraram que diabetes, exposição acumulada ao ruído e idade se comportaram como importantes preditores para a perda auditiva grave.

⁵ O valor do nível de imissão de ruído é calculado através da seguinte fórmula:

$$E_a = L_{Aeq} + 10 \log \left(\frac{t}{t_0} \right) \text{dB(A)}$$

onde E_a = Nível de imissão de Ruído ponderado na escala A;

L_{Aeq} = nível sonoro equivalente;

t = duração em anos e

t_0 = 1 ano.

1.9 Estudos sobre exposições combinadas

Um das primeiras publicações sobre a influência da vibração sobre a audição foi elaborada por Temkim, citado por HAMERNIK e col. (1981), em 1933, na qual o pesquisador já reportava que a exposição a este agente pode elevar a suscetibilidade individual à PAIR.

Condições ambientais complexas têm sido objeto constante de análise por parte de MANNINEN (1988), que conduziu uma pesquisa experimental, cujo principal objetivo foi o de obter informações mais detalhadas sobre os efeitos combinados e isolados de ruído, vibração e temperatura sobre o corpo humano. Entre outros resultados, MANNINEN (1988) pôde observar uma elevação na mudança temporária de limiar de 4 e 6 kHz em pessoas simultaneamente expostas a ruído e à VCI.

Considerando que no ambiente de trabalho o homem está exposto a uma diversidade de fatores de risco, YOKOYAMA e col. (1974) empreenderam uma pesquisa experimental para verificar as possíveis conseqüências produzidas pela exposição à VCI, ruído e a combinação de ambos os fatores de risco. A pesquisa encontrou mudanças temporárias de limiar mais expressivas e um tempo de recuperação mais longo em pessoas que se expuseram simultaneamente a ruído e à vibração, quando comparou-se ao grupo somente exposto ao ruído. Apenas a exposição à VCI não provocou nenhuma alteração importante no traçado audiométrico.

SEIDEL e col. (1988) elaboraram uma interessante pesquisa cuja finalidade foi a de investigar os efeitos combinados entre ruído e vibração. O estudo teve uma característica experimental pelo qual foram estabelecidas três situações de exposição: ruído isolado com energia de 92 dB(A); VCI no eixo z na frequência de 4 Hz, aceleração de $1,0 \text{ m/s}^2$ e nível de pressão sonora de 65 dB(A); exposição combinada com nível de pressão sonora de 92 dB(A), VCI no eixo z, com frequência de 4 Hz e aceleração de 1 m/s^2 . Os

autores selecionaram arbitrariamente as frequências de 10 e 12 kHz para analisar eventuais mudanças temporárias de limiar, fundamentando-se em estudos anteriores, como os de Sataloff e o de Fausti e col. citado por SEIDEL e col. (1988, p.96) , pelos quais já se afirmava que a orelha humana é mais sensível a efeitos adversos na faixa de frequência acima de 8 kHz. Conforme os resultados obtidos pelos pesquisadores, a exposição combinada entre ruído e vibração induziu uma clara tendência de elevação da mudança temporária de limiar (MTL). As diferenças, consideradas significativas, se apresentaram de forma mais acentuada na frequência de 10 kHz. Interessante destacar que na situação de exposição combinada, ou seja, VCI e ruído, este último estímulo apresentava um nível bem abaixo dos limites estabelecidos pela higiene ocupacional (65 dB(A)), e produziu mudanças temporárias de limiar consideráveis também nas frequências de 4 e 6 kHz.

As exposições combinadas de ruído, vibração, temperatura e atividades de trabalho e seus eventuais efeitos sobre a saúde de trabalhadores, particularmente em relação ao estresse, foram analisadas através de pesquisa experimental conduzida por MANNINEN (1990). Os resultados encontrados pelo pesquisador revelaram que a exposição combinada entre VCI ($2,12 \text{ m/s}^2$, $2,44 \text{ m/s}^2$) e ruído (85,90,95 dB(A)) é considerada mais estressante do que os dois fatores de risco atuando de modo isolado.

Estudos de natureza experimental foram conduzidos por LANDSTRÖM e col. (1993) com o propósito de verificar os efeitos combinados da exposição a ruído e à VCI. Operadores de helicópteros, caminhões-caçamba e veículos ferroviários foram avaliados aos dois estímulos de modo combinado e isoladamente. Considerando as três situações de análise, os resultados mostraram que os níveis mais baixos de alerta e a maior referência de sonolência foram registrados durante a exposição combinada dos dois estímulos. Os autores também salientam que

o ruído apresenta um efeito menor quando adicionado à exposição à VCI no que se refere aos aspectos de fadiga e irritação.

A qualidade do conforto da viagem também tem sido objeto de pesquisas no contexto da interação entre ruído e VCI. KIRBY e col. (1977), através de estudos experimentais, examinaram os efeitos da vibração simultânea nos eixos vertical e lateral em uma simulação de aeronaves de passageiros, e as consequências advindas da exposição simultânea entre vibração no eixo vertical e ruído. Os autores verificaram que em ambas as situações os estímulos se interagem a baixos níveis, mas atuam de modo isolado em valores mais elevados.

Experimentos de laboratório foram empreendidos por MANNINEN (1983b) para verificar os efeitos da exposição combinada entre ruído e VCI. Nestes estudos, voluntários foram submetidos à vibração senoidal de corpo inteiro ($5 \text{ Hz} - 2,12 \text{ m/s}^2$ e $10 \text{ Hz} - 2,65 \text{ m/s}^2$) ao longo do eixo z com oito níveis de ruído e largura de banda diferentes de 85 dB(A), 90 dB(A) e 98 dB(A). Os resultados revelados por esta pesquisa indicam que a presença de vibração eleva a mudança temporária de limiar após 2 minutos (MTL_2) provocada pelo ruído, notadamente nas frequências de 4 kHz e 6 kHz. Ainda de acordo com os dados obtidos pelo experimento, a exposição simultânea a ruído de banda larga (0,2 – 16 kHz) e vibração apresentou valores de MTL_2 1,2 a 1,5 vezes o valor encontrado na frequência de 4 kHz para a exposição isolada ao ruído da mesma característica.

Em revisão da literatura confeccionada por SEIDEL (1993), o objeto de maior interesse é sobre a questão da exposição combinada com o ruído. Trabalho desenvolvido por Pinter em 1975, citado por SEIDEL (1993, p.594), comparou a mudança permanente de limiar de audição de tratoristas (exposição combinada) com um grupo formado por marceneiros (somente ruído). Pinter encontrou uma perda maior induzida por vibração na frequência de 6 kHz de 6 dB após uma exposição de 5 a 14 anos.

Motoristas e técnicos de agricultura foram objeto de estudo interessante empreendido por Schimidt, em 1987, citado por SEIDEL (1993, p.594). O autor, comparando os referidos grupos, concluiu que o efeito adicional relevante da VCI pode ser prognosticada para o desenvolvimento de uma mudança permanente de limiar nas frequências de 3, 4, 6 e 8 kHz após uma exposição de 3 a 24 anos no trabalho, se os níveis de aceleração excederem $1,2 \text{ m/s}^2$ r.m.s. e o nível equivalente de ruído for maior do que 80 dB(A).

Após examinar os estudos correspondentes a este tipo de exposição simultânea, tanto nos aspectos relativos aos efeitos a longo como a curto prazo, SEIDEL (1993) argumenta que a VCI parece ter uma contribuição modesta. Apesar desta afirmação, recomenda que o limite máximo permitido para ruído seja reduzido em 3 dB se houver exposição à VCI que exceda os limites definidos pela norma ISO-2631-1 (1985).

A respeito da exposição combinada entre ruído e vibração, os autores também citam o estudo desenvolvido por Pinter, argumentando que não é possível excluir a afirmação de que pode ter havido uma diferença entre os níveis de exposição ao ruído entre os dois grupos eleitos para se efetuar a comparação. Verificou-se pelas conclusões obtidas na revisão, que os artigos estudados sugerem que há a possibilidade da VCI ampliar os efeitos do ruído, avaliados pela mudança temporária de limiar (MTL) com 2 a 5 dB.

Segundo os pesquisadores responsáveis pela revisão, os estudos experimentais permitem conclusões mais seguras sobre os efeitos combinados e isolados de VCI do que os realizados no campo. Em virtude de que em muitos casos há a dificuldade para se encontrar grupo para comparação (não exposto à vibração e exposto aos outros mesmos riscos), os autores sugerem o estudo de diferentes grupos de motoristas, os quais estão expostos a diferentes níveis de vibração.

De acordo com os autores, a fragilidade para descrever a associação exposição-resposta impossibilita uma conclusão consistente acerca dos resultados alcançados e salientam que apenas a presença de VCI não representa um risco para a audição.

Ruído de impacto e vibração de corpo inteiro em níveis habitualmente encontrados na indústria podem concorrer para incrementar a suscetibilidade da cóclea à PAIR. Este resultado de interação entre os dois agentes foi alcançado por HAMERNIK e col. (1981) após a execução de um estudo experimental, no qual chinchilas foram submetidas a três condições de exposição: ruído, vibração de corpo inteiro e a combinação de ambos.

Os efeitos na audição provocados pela associação entre exposição ao ruído e à vibração são avaliados por HAMERNIK e col. (1989). Neste estudo são discutidos inicialmente pesquisas já realizadas sobre o tema, as quais sugerem que a exposição à vibração pode potencializar o efeito do ruído, crescendo assim o risco de perda auditiva induzida por ruído. Revisando estudos de laboratório, os pesquisadores observaram que estes parecem indicar que os efeitos sobre a perda auditiva induzida por ruído eventualmente provocados pela presença concomitante da vibração localizar-se-iam nas frequências mais afetadas, com a quantidade aproximada de 5 dB. Relativamente pequenos são classificados os efeitos em experimentos humanos, uma vez que os níveis de exposição são naturalmente baixos. Por este motivo, os pesquisadores optaram em realizar um estudo experimental com chinchilas expostas à vibração a 30 Hz, 3 g r.m.s. e a 20 Hz, 1,3 g r.m.s. de modo separado e conjuntamente a ruído contínuo (95 dB, 500 Hz) e a ruído de impacto (113, 119 ou 125 dB de pico SPL). Os autores verificaram que tais exposições combinadas podem alterar determinadas medidas de audição, mas foram somente significativas em situações de exposição à vibração mais acentuada.

BOVENZI (1990) analisou os efeitos agudos provocados pela exposição à VCI, bem como discute aspectos conceituais sobre o tema, como as relações biodinâmicas do corpo humano e suas reações fisiopatológicas. BOVENZI (1990) revisou a literatura destacando os possíveis efeitos aos aparelhos neuromuscular, respiratório, cardiovascular e otovestibular. O autor manifesta que, em virtude da variedade de desenhos de pesquisa e dos diferentes meios de aquisição de dados audiométricos, não é possível delinear conclusões definitivas sobre a exposição combinada.

OKADA e col. (1971) encontraram uma mudança temporária de limiar 5 dB superior nas frequências de 1 e 4 kHz, após expor cinco voluntários a ruído de banda larga de 110 dB e a VCI de 5 m/s^2 .

Nas frequências de 4 e 6 kHz foram constatadas as maiores e mais rápidas elevações dos valores da mudança temporária de limiar (MTL_2) quando voluntários foram submetidos simultaneamente a vibração senoidal de corpo inteiro (frequência de 5 Hz, na direção do eixo z e acelerações de 2,12 ou $2,44 \text{ m/s}^2$) e a ruído (estável, de banda larga e 90 dB(A)). comparando-se com o grupo apenas exposto a este último estímulo. Estes achados foram descritos por MANNINEN e EKBLOM (1984) em pesquisa de laboratório, cuja finalidade foi a de registrar as consequências isoladas e conjugadas destes dois estímulos sobre a audição.

Pesquisa de natureza experimental empreendida por MANNINEN (1983a), pela qual um dos objetivos foi o de verificar os efeitos simultâneos de VCI senoidal e ruído de banda larga sobre a mudança temporária de limiar (MTL_2) em homens a duas diferentes temperaturas de bulbo seco, revelou que os valores médios de MTL_2 foram normalmente mais elevados na temperatura de bulbo seco a 30°C do que a 20°C . As alterações de limiar foram mais acentuadas nas frequências de 4 e 6 kHz e mais modestas na de 8 kHz.

KÖHL (1975) examinou de modo abrangente os riscos à saúde que envolvem a condução de tratores, considerando a exposição à VCI. A autora constatou, por intermédio de um questionário, que os tratoristas apresentaram altas taxas de prevalência de dor nas costas e problemas no sistema digestivo. Um interessante achado desta pesquisa, após uma avaliação clínica, foi uma perda específica a 6 kHz significativamente maior do que as registradas nas frequências de 4 e 8 kHz. A autora não discute mais profundamente as possíveis causas desta perda específica, não aludindo à exposição concomitante entre ruído e vibração.

HUMES (1984) investigou, por meio de revisão sobre o assunto, a interação do ruído com outros fatores, bem como com algumas características físicas do indivíduo no desencadeamento de perda auditiva induzida por ruído. Drogas ototóxicas, ruído de impacto e VCI compuseram a relação dos outros agentes, enquanto que idade, presença de perda auditiva anterior à exposição ao ruído, cor dos olhos e etnia foram as variáveis concernentes às características individuais. Revisando a literatura desde 1970, o autor assinala que pode haver interações entre ruído contínuo e diversas drogas ototóxicas (canamicina, neomicina, salicilato de sódio) e entre ruído contínuo e de impacto.

Quatro estudos, que abordaram os efeitos da exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro, foram objeto de revisão por HUMES (1984). Segundo o autor, as pesquisas analisadas demonstram evidência de interação entre os dois agentes, e por não considerá-las suficientemente expressivas, recomenda trabalhos posteriores visando a elucidação. Em relação às características físicas, somente a idade demonstrou interação com o ruído. É salientado neste trabalho que animais mais jovens apresentam maior suscetibilidade ao ruído.

Alterações temporárias de limiar mais elevadas na faixa de frequências compreendidas entre 6 e 10 kHz têm sido registradas devido à

exposição simultânea a ruído e à vibração, comparando-se com a exposição isolada ao ruído, como atesta o guia sobre efeitos de vibração do corpo inteiro do Comitê Europeu de Normalização (CEN 1996). Portanto, de acordo com este documento, a exposição a longo prazo à VCI pode potencializar a PAIR, a despeito de os mecanismos patogênicos não terem ainda sido desvendados.

Nota-se através da leitura desta revisão que a expressiva maioria das pesquisas descritas se fundamentou em estudos experimentais que avaliaram mudanças temporárias de limiar (MTL). LAWTON e ROBINSON (1989), autores de um revisão extensa e crítica sobre a combinação de exposição de vários agentes com o ruído, ressaltam a inexistência de evidência na literatura que a mudança permanente de limiar (MPL) em humanos obedeça o mesmo padrão para a MTL, no tocante aos estudos devotados à conjunção de ruído e vibração de corpo inteiro.

Contrariando os achados das pesquisas aqui relatadas, há estudos em que se conclui que a exposição à vibração de corpo inteiro pode exercer uma proteção contra a PAIR, pois os resultados indicaram uma melhoria no limiar na frequência de 2 kHz e além disso pode prevenir a MTL provocada pelo ruído. Estes efeitos protetores paradoxais foram revelados nas pesquisas conduzidas por Guignard e Coles, citado por e LAWTON e ROBINSON (1989, p. 54-55), em 1965; JAUHIAINEN e col. (1969) e KAIMIO e col. (1970). As explicações acerca dos mecanismos geradores deste efeito estão além do escopo deste trabalho.

1.10 Estudos sobre vibração de corpo inteiro em nível nacional

A publicação de pesquisas nacionais sobre o tema tem sido bastante tímida. Na revisão bibliográfica, especialmente na base de dados LILACS, foram encontrados dois estudos sobre o assunto.

A incidência de queixas gastrintestinais e lombares foi explorada por BUSCHINELLI e MORO (1985) por intermédio de uma pesquisa, pela qual foram examinados os registros de prontuários médicos de trabalhadores de uma empresa produtora de açúcar e álcool. Os autores consideraram somente os sintomas mais representativos, os quais conduziram o trabalhador a procurar atendimento médico. O grupo classificado como exposto era constituído por operadores de trator, colheitadeiras, caminhão, enquanto que o não exposto era formado por outros trabalhadores não expostos à VCI. Os autores utilizaram a medida de associação "risco relativo RR" para efetuar a comparação entre os dois grupos. Encontraram valores elevados de RR de queixas de lombalgia e gastrintestinais na análise entre o grupo exposto e não exposto.

Uma revisão das principais normas atinentes à avaliação de exposição à VCI em tratoristas foi desenvolvida por ROBIN (1987), dando destaque à relevância do assento do trator. O autor apontava a necessidade da montagem de laboratório para a realização de ensaios de assentos de tratores produzidos no Brasil.

2 OBJETIVOS

- Geral:
 - Examinar a associação entre a exposição à vibração de corpo inteiro (VCI) e ao ruído e a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) em motoristas de ônibus.
- Específicos:
 - Avaliar a exposição de motoristas de ônibus à VCI e ao ruído;
 - Estimar a prevalência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) na população de estudo;
 - Analisar as condições do posto de trabalho do motorista de ônibus para subsidiar as ações de intervenção que objetivem a redução ou eliminação dos riscos à saúde provenientes da exposição à VCI e ao ruído.

3 MATERIAL E MÉTODOS:

3.1 População do estudo:

A população selecionada para compor o estudo foi constituída por motoristas de uma empresa de transporte coletivo urbano por ônibus na cidade de São Paulo. As condições de trabalho desta empresa foram objeto de investigação pelo serviço de vigilância do Centro de Referência em Saúde do Trabalhador – CEREST-SP, um serviço público vinculado à Secretaria de Estado da Saúde. Este tipo de procedimento de análise do processo e do ambiente de trabalho visa atender solicitação do Ministério Público do Estado de São Paulo – Promotoria de justiça de Acidentes do Trabalho da Capital, o qual designa técnicos do CEREST-SP para empreender a análise. Avaliações biológicas, como audiológicas, são invariavelmente realizadas com o fim de subsidiar o processo de investigação.

A empresa, objeto desta investigação, atua na região norte da cidade de São Paulo, possuía, em setembro de 1999, uma frota de 360 ônibus e contava com 1397 funcionários envolvidos em sua operação (motoristas, cobradores e fiscais de linha), dos quais 694 (49,7%) eram motoristas. Desta população de motoristas foram relacionados 322 (46,4%), cuja jornada de trabalho era no período vespertino, para permitir a viabilização do necessário repouso acústico para a realização do exame audiométrico.

Assim, a população de motoristas do período vespertino foi dividida em dois grupos em relação ao tempo de trabalho na empresa como motorista. O grupo classificado como exposto foi constituído por 85 motoristas com tempo de empresa superior ou igual a 5 anos, enquanto que a população definida como referência foi definida por 105 motoristas com tempo acumulado de empresa inferior a 3 anos, totalizando 190 motoristas.

Elaborada a relação dos motoristas selecionados, solicitou-se à empresa que estes fossem encaminhados ao CEREST-SP para serem submetidos à avaliação, com as devidas informações sobre a necessidade de repouso acústico.

A metodologia para selecionar a população de estudo encontra-se fundamentada no processo denominado *restrição* (KLEINBAUM e col. 1982). Os 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 monotônica⁶. Esta relação se manifesta de forma nítida no caso de exposição ao ruído e desenvolvimento de PAIR.

A determinação destes cortes, com o propósito de delimitar os grupos para efetivar a comparação, foi influenciada por informações acerca do tempo necessário estimado para a instalação da lesão. De acordo com SILVA e COSTA (1998), a PAIR apresenta-se normalmente após três anos de exposição tendendo a se estabilizar depois de um período de 15 anos de evolução. MORIOKA e col. (1997) afirmam que o agravo se instala gradualmente em um período aproximado de 1 a 5 anos.

Além disso, a delimitação da população nestes dois grupos buscou confrontar exposições acumuladas em níveis distintos. O grupo com tempo de exposição menor representa, portanto, o controle.

⁶ Há uma relação monotônica quando o risco da doença cresce ou decresce com o aumento da exposição.

A escolha por um grupo interno para comparação, se deu em razão de dificuldades enfrentadas para localizar um grupo externo que servisse como referência.

Optar por grupos internos, para se proceder a comparação, é classificado por CHECKOWAY e col. (1989), como mais apropriado, pois tende a diminuir a influência de alguns vieses importantes como o *Efeito do Trabalhador Sadio*.

3.2 Avaliação da exposição ao ruído:

Uma vez que a posição do trabalhador é fixa e o ruído com característica flutuante, optou-se pelo procedimento da medição indireta com o emprego de medidores de nível sonoro integradores, pois havia a possibilidade de identificação dos ciclos de trabalho e sua distribuição no tempo (COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPÉIA 1986). Desse maneira, houve a possibilidade de reconstituir a exposição.

Foram empregados um medidor de nível sonoro integrador e um calibrador (250 Hz, 94 dB), ambos da marca Bruel&Kjaer e de classe I, modelos 2236 e 4231 respectivamente. O erro de equipamentos inseridos nesta classe de precisão situa-se entre ± 1 dB(A) (BENEDETTO e col. 1986; GERGES 1992, COWAN 1994).

A metodologia seguiu os princípios e grandezas estabelecidos pela ISO-1999 (1990).

As medidas foram realizadas, em condições normais de operação, com o microfone posicionado a cerca de 10 cm da orelha mais exposta do operador, conforme recomenda diretiva da Comunidade Econômica Européia (1986), com o equipamento posicionado sobre tripé.

3.2.1 Grandezas empregadas:

A grandeza empregada na avaliação foi o nível equivalente (L_{Aeq}) ponderado na escala A, cujo significado é o valor de um ruído constante hipotético com a mesma energia do ruído eventualmente flutuante avaliado. Se o ruído avaliado for de natureza constante, os dois valores encontrados são semelhantes. O valores do L_{Aeq} , para os trajetos de ida e volta do veículo, foram obtidos em uma viagem realizada, considerada como ciclo de trabalho do motorista.

O nível equivalente ponderado na escala “A” é representado, segundo a ISO-1999 (1990), pela seguinte equação:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^N (10^{L_{Ai}/10} t_i) \right] \text{dB(A)}$$

onde T_0 representa o período total da medição, “i” é determinado intervalo, “N” é o número total de intervalos, “ t_i ” é duração de determinada observação e “ L_{Ai} ” é o nível sonoro ponderado “A” durante o tempo “ t_i ”.

O valor da exposição final, correspondente à jornada de trabalho de 8 h, é representado pelo nível de exposição L_{EX} , o qual considera tanto o valor do L_{Aeq} em cada ciclo, ou no caso, viagem, bem como o respectivo tempo de exposição. O L_{EX} foi calculado de acordo com o tempo fornecido pelo aparelho em cada ciclo ou trajeto (ida e volta) de viagem, bem como pelo número de viagens realizadas por dia, de acordo com declarações prestadas pelo motorista.

Para o cálculo do nível de exposição L_{EX} , verifica-se a seguinte equação, conforme a ISO-1999 (1990):

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

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

Como a jornada semanal dos motoristas compreende 6 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 Européia (1986) e definido pela seguinte fórmula:

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

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

A seguir é apresentado um exemplo do procedimento de cálculo do nível de exposição para subsidiar no entendimento da metodologia adotada.

3.2.2 Exemplo de cálculo do nível de exposição - L_{EX} :

➤ Número de viagens por jornada = 4 (a)

Tabela 3.1: Exemplo ilustrativo para a compreensão do cálculo do nível de exposição semanal.

Trecho	L_{Aeq} - dB(A)	Tempo - min	Tt (min)	L_{EX} - dB(A)
A - B	85,2 (b)	70 (d)	280 (g)	82,9 (j)
B - A	83,9 (c)	80 (e)	320 (h)	82,1 (l)
		150 (f)	600 (i)	85,5 (m)

- a = número de viagens realizadas na jornada
- b = nível equivalente ponderado na escala "A" registrado no percurso A - B
- c = nível equivalente ponderado na escala "A" registrado no percurso B - C
- d = tempo despendido, em minutos, no percurso A - B
- e = tempo despendido, em minutos, no percurso B - A
- f = d + e
- g = tempo total despendido, na jornada, referente ao percurso A - B ($Tt = a \times d$)
- h = tempo total despendido, na jornada, referente ao percurso B - A ($Tt = a \times e$)
- i = g + h
- j = nível de exposição, em dB(A), considerando o nível equivalente registrado e o tempo total despendido no percurso A - B

$$L_{EX} = L_{Aeq} + 10 \times \log\left(\frac{t_e}{t_0}\right) = b + 10 \times \log\left(\frac{g}{480}\right)$$

- 480 = tempo, em minutos, correspondente a uma jornada diária de 8 h.

- l = nível de exposição, em dB(A), considerando o nível equivalente registrado e o tempo total despendido no percurso B - A

$$L_{EX} = L_{Aeq} + 10 \times \log\left(\frac{t_e}{t_0}\right) = c + 10 \times \log\left(\frac{h}{480}\right)$$

- 480 = tempo, em minutos, correspondente a uma jornada diária de 8 h.
- m = nível de exposição diário total considerando os dois níveis de exposição parciais (j e l) calculados anteriormente.

$$L_{EX} = 10 \times \log \sum_i^n 10^{\frac{L_i}{10}} = 10 \times \log\left(10^{\frac{j}{10}} + 10^{\frac{l}{10}}\right)$$

Portanto, o L_{EX} diário é de 85,5 dB(A)

Como a jornada semanal do motorista compreende atividade aos sábados ou aos domingos, é necessário calcular-se a jornada semanal em relação à convencional de 5 dias.

Aos sábados ou aos domingos, são realizadas 6 e 7 viagens respectivamente. Todo o procedimento anterior é recalculado, considerando os valores acima ($a=6$ e $a=7$), para se obter o nível de exposição destes dias específicos.

Desse modo, foi obtido o L_{EX} de 87,3 dB(A) para o sábado e de 88,0 dB(A) para o domingo.

Calcula-se a média logarítmica destes dois valores do seguinte modo:

Assim, obtém-se a média de 87,6 dB(A).

Tabela 3.2: Exemplo ilustrativo com os níveis diários de exposição calculados.

Dia da semana	$L_{EX} - \text{dB(A)} (L_i)$
Segunda-feira	85,5
Terça-feira	85,5
Quarta-feira	85,5
Quinta-feira	85,5
Sexta-feira	85,5
Sábado ou Domingo	87,6

Com este valor correspondente ao nível de exposição da jornada realizada sábado ou domingo e o obtido anteriormente referente aos outros dias da semana, calcula-se o valor da exposição semanal, pela seguinte fórmula:

$$L_{EP,w} = 10 \times \log \frac{1}{5} \sum_i^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

Assim, regista-se um nível de exposição semanal de 86,7 dB(A).

3.2.3 Avaliação do erro estatístico:

O procedimento para a avaliação norteou-se pelos trabalhos elaborados por LEIDEL e LYNCH (1977), BRUNN e col. (1986) e BEHAR e PLENER (1984). O método adotado para controlar o erro da avaliação pressupõe que a distribuição dos níveis de ruído obedeça a curva normal. Esta hipótese de distribuição dos níveis sonoros é corroborada pelo projeto de norma ISO/DP 9612, citado por DAMONGEOT e KUSY (1990, P. 348). Estes autores analisaram meios estatísticos para se estimar o nível de exposição ao ruído e concluíram que o procedimento mais indicado seria a média aritmética e os limites de Student corrigidos. Foi aplicada esta metodologia sobre os dados obtidos neste trabalho para o cálculo das médias do nível equivalente ponderado na escala A (L_{Aeq}) e do nível de exposição (L_{ex}). Não foram observadas diferenças importantes entre os resultados encontrados pelos dois métodos.

Conforme LEIDEL e LYNCH (1977) os erros do instrumento utilizado e o da amostragem, o erro analítico e as oscilações ambientais são as três fontes habituais de variação em um procedimento de estimativa de exposição ocupacional. Normalmente, segundo os autores, as duas primeiras são menos importantes quando são cotejadas com as variações ambientais, as quais são determinadas por meio de um processo sucessivo de amostragem.

Com a adoção desta metodologia, o número suficiente de medidas ou de amostras para se estimar a exposição da população selecionada, foi ditado pelo intervalo de confiança para a estimativa por ponto. Desse modo, quando um intervalo de confiança da média de uma série de medidas foi inferior ou igual ao erro do equipamento em uso, a dimensão da amostra foi definida como suficiente e o procedimento de avaliação pôde ser classificado como concluído. Caso, por exemplo, o erro do medidor de nível de pressão sonora seja de ± 1 dB(A), o processo de coleta de amostras

pôde ser finalizado quando a variabilidade da média da amostra esteve abaixo ou igual a este valor [com $(1 - \alpha)\%$ de confiança, onde α = nível de erro]. A fórmula a seguir foi aplicada para o cálculo do intervalo de confiança da média:

$$x \pm t \times \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

onde: x = Lex médio em dB(A) da distribuição amostral; t = valor da distribuição t com $(n - 1)$ graus de liberdade e um nível de confiança $(1 - \alpha)$; n = número de amostras e σ = desvio padrão da distribuição amostral.

3.2.4 Dimensionamento da amostra de medidas para a avaliação de exposição ao ruído:

Considerando a inviabilidade de se avaliar toda a população de motoristas da empresa e assumindo como um grupo homogêneo, foi adotado um procedimento de amostragem para a realização desta tarefa. O dimensionamento da amostra de medidas para a avaliação de exposição ao ruído baseou-se nas informações contidas nos estudos de LEIDEL e col. (1977) e de BEHAR e PLENER (1984). Os autores referem que duas grandezas devem ser estabelecidas para a construção da amostra. A proporção da amostra que apresenta o nível de exposição mais elevado, com variação de 0 a 1, é a primeira e é representada por T; enquanto que o segundo conceito α representa a probabilidade de não incluir nenhum trabalhador pertencente ao grupo com a maior exposição. A tabela abaixo, fundamentada neste conceito, apresenta o número necessário da amostra, segundo a dimensão do grupo homogêneo estudado.

Tabela 3.3 : Indicação para o dimensionamento da amostra de acordo com o tamanho do grupo homogêneo, para T = 10%(0,1) e confiança 0,95 ($\alpha = 0,05$)

Tamanho do grupo homogêneo	Número requerido de empregados (n)	Tamanho do grupo homogêneo	Número requerido de empregados (n)
12	11	25-27	17
13-14	12	28-31	18
15-16	13	32-35	19
17-18	14	36-41	20
19-21	15	42-50	21
22-24	16	≥ 51	29

Fonte: LEIDEL e col. (1977); BEHAR e PLENER (1984)

Assumindo os 658 motoristas empregados pela empresa como um grupo homogêneo, a tabela 3.3 indica que 29 trabalhadores deveriam ser objeto de avaliação.

Inicialmente, o número de avaliações por linha foi determinado de modo proporcional ao número de trabalhadores em cada uma, tendo como indicação o valor de 29 determinado acima. No entanto, medidas adicionais foram executadas com o fim de avaliar o erro estatístico (erro padrão ≤ 1 dB), conforme discutido anteriormente, buscando o valor de nível equivalente e o de exposição diária por modelo de ônibus, segundo o posicionamento do motor, dianteiro ou traseiro, medidas adicionais foram executadas gradualmente.

O procedimento de avaliação totalizou 46 viagens, com duração média de 105,4 min cada uma, compreendendo 92 medições e totalizando 80,8 h de trabalho líquido de campo.

3.2.5 Cálculo do nível de imissão sonora:

Após a determinação do nível de exposição semanal para cada grupo de modelo de ônibus, ou seja, com motor localizado na seção dianteira ou entre – eixos e o com posicionamento traseiro, calculou-se o nível de imissão E_A (ISHII e col. 1992; NIOSH 1998), que representa um descritor da exposição ao ruído, para cada motorista, segundo o histórico do modelo empregado em sua atividade de condução do ônibus e o tempo de exposição. O nível de imissão E_A é calculado por meio da seguinte fórmula:

$$E_A = Lex + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{dB(A)}$$

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 1 ano.

O emprego de exposições acumuladas é mais indicado quando os efeitos são a longo prazo como é o caso de PAIR, segundo CHECKOWAY e col. (1989) .

3. 3 Avaliação da exposição à vibração de corpo inteiro:

As diretrizes estabelecidas pela norma ISO-2631-1 (1985) foram respeitadas para a realização da avaliação. Para quantificar os valores da aceleração, foi utilizado um conjunto de equipamentos da marca Bruel & Kjaer: 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 verificação da calibração foi realizada antes e após cada série de medidas. As medidas foram realizadas em condições cotidianas de operação e com a duração aproximada de 20 minutos cada. Todos os seis modelos de ônibus utilizados pela empresa foram objeto de avaliação.

A ponderação utilizada para as acelerações foi a sugerida pela norma ISO-2631-1 (1985), fornecendo assim os valores ponderados em cada eixo, a saber: a_{xw} , a_{yw} e a_{zw} . De posse destes valores, foi determinada a somatória vetorial, por intermédio da seguinte fórmula:

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

A dose de vibração será calculada obedecendo o princípio de energia equivalente, que emprega a dependência temporal estabelecida pela ISO-2631-1 (1985) para exposições diárias:

$$Dose = \sum_{i=1}^n a_i^2 t_i \text{ anos. m}^2/\text{s}^4$$

onde: t_i = tempo (anos de trabalho de jornada integral) dirigindo um veículo i
e a_i = aceleração ponderada ao longo do componente direcional predominante (a_z).

Em virtude de haver expressivas dificuldades para reconstituir a exposição à vibração a cada modelo de ônibus empregado por trabalhador, tanto pela alternância de ônibus nas linhas como também pelo desconhecimento ou pela dificuldade dos motoristas em recordar sobre o ônibus operado, definiu-se por utilizar uma média dos valores observados.

A média foi calculada considerando o número de ônibus, a idade e aceleração por modelo de ônibus, tendo como referência a fórmula de cálculo da aceleração equivalente, conceito este desenvolvido por BOSHUIZEN e col. (1990) os quais propuseram o termo aceleração equivalente, que se define pela seguinte expressão:

$$a_{eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_i^2 t_i} \text{ m/s}^2$$

onde:

T = tempo total de exposição em anos;

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

ai = aceleração correspondente ao componente direcional predominante ou a soma vetorial da aceleração r.m.s. [*root mean square*] nas direções x, y e z.

A título de exemplo, o procedimento para o cálculo da média é demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 3.4: Exemplo ilustrativo para elucidar o cálculo da média da aceleração de vibração ponderada por tempo de uso e número de veículos na frota.

Modelo	n	t	a (m/s ²)	n X anos	a ²	n x anos x a ²
A	10	5	0,6	50	0,36	18,0
B	20	7	0,9	140	0,81	113,4
C	30	10	0,7	300	0,49	147,0
			Σ =	490	Σ =	278,4

Onde:

n: número de ônibus

t: Tempo médio de uso na empresa em anos;

a: valor da aceleração em m/s^2

Assim, a aceleração média neste exemplo hipotético será de

$$a_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i \times t_i \times a_i^2}{\sum_{i=1}^n n_i \times t_i}} = 0,73 \text{ m/s}^2$$

Desta forma, a dose da vibração foi calculada para cada motorista, referindo-se à aceleração média calculada e o tempo de empresa como motorista.

3.4 Questionário:

Empregou-se o questionário atualmente 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 do estudo (ver anexo). Basicamente, 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.

O questionário foi aplicado pelas fonoaudiólogas que realizaram o exame, devidamente esclarecidas e instruídas sobre o seu conteúdo e forma, contemplando as seguintes questões específicas para atender os objetivos deste estudo:

- Idade em anos;
- Tempo de empresa, como motorista, em anos: referiu-se ao tempo total acumulado, considerando também eventuais períodos em que o motorista tenha trabalhado anteriormente na empresa;
- Tempo de exposição prévia ao ruído em anos: atividade de motorista em ônibus urbano ou em veículos de carga (caminhões) foi julgada como exposta ao ruído, bem como, naturalmente, em outros ramos notadamente classificados como expressivos e importantes para a exposição, como o metalúrgico, gráfico e outros. De qualquer modo, indagou-se ao motorista se aquela exposição era mais importante do que a atual.

- Tempo de exposição prévia à VCI em anos: atividades desenvolvidas em quaisquer tipo de ônibus urbano ou interurbano, caminhões, tratores e outros veículos de carga foram classificados como sendo de exposição à VCI. Atividade como cobrador, por exemplo, foi classificada como sendo de exposição à VCI mas não ao ruído.;
- Dose da exposição à VCI: calculada como apresentada anteriormente;
- Nível de imissão de ruído: calculado conforme exposto anteriormente, de acordo com os dois tipos agregados de ônibus conduzidos pelo motorista, como veículo dotado de motor dianteiro ou entre – eixos e o com motor traseiro.
- Hipertensão arterial: indagou-se ao motorista se ele faz uso de medicamentos para controlar a hipertensão arterial.
 - Sem história,
 - Com história;
- Uso de medicação ototóxica: a questão foi formulada com o propósito de verificar se o motorista utilizou por mais de duas semanas, qualquer medicamento, cuja administração tenha afetado a audição.
 - Sem história,
 - Com história;
- Diabetes: do mesmo modo aplicado para a questão concernente à hipertensão.
 - Sem história,
 - Com história;
- Tabagismo: Ex-fumante foi considerado como não fumante.
 - Não fumante,
 - Fumante;
- Antecedentes familiares de perda auditiva:
 - Sem história,
 - Com história;

- Serviço militar:
 - Sem história,
 - Com história;

3.5 Questões éticas:

O procedimento da pesquisa tem seguido os princípios éticos estabelecidos pelo CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (1996).

A participação dos motoristas na pesquisa foi condicionada ao consentimento livre e esclarecido por parte deles. A realização de todo o procedimento, aplicação de questionário e a avaliação audiológica, manteve-se vinculada à assinatura de termo de consentimento.

3.6 Avaliação audiológica

Os exames foram realizados com repouso acústico igual ou superior a 12 horas (NIOSH 1998), por fonoaudiólogas do CEREST-SP, em cabina acústica, com audiômetro MA-18 (Maico) e (SD25 V) calibrado segundo os requisitos da norma ISO-389 (1975) ou ANSI S3.6 (1969).

A avaliação audiológica constou das seguintes fases:

1. Anamnese clínica e ocupacional - coleta de informações sobre a história ocupacional do trabalhador para estabelecimento do nexo com o trabalho ou outros fatores que estejam causando o distúrbio de audição, no qual possibilitará o diagnóstico diferencial.
2. Meatoscopia - avaliação das condições do conduto auditivo externo. Os casos com alteração (ex.: presença de cerúmen) foram encaminhados para o otorrinolaringologista, devendo retornar posteriormente para a realização do exame.
3. Audiometria tonal por via aérea para estabelecimento dos limiares auditivos nas frequências de 250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, 6 k e 8 kHz.
4. Audiometria tonal por via óssea nas frequências de 500, 1k, 2 k, 3 k e 4 kHz - realizada quando os limiares aéreos encontraram-se superiores a 25 dBNA.
5. Logaudiometria (limiar de recepção de fala (SRT) e índice de reconhecimento de fala (IRF)) - avaliação da audição para a fala.
6. Imitanciometria (timpanometria, complacência e medidas do reflexo estapediano) - avaliação das condições físicas e funcionais da orelha média, auxiliando no diagnóstico diferencial.

O critério adotado para a classificação das audiometrias foi o proposto por MERLUZZI e col. (1979). De acordo com esta metodologia, a classificação normal é conferida ao sujeito que apresenta um limiar auditivo igual ou inferior a 25 dB NA (ANSI S3.6 1969) para cada frequência considerada. Os casos de perda auditiva 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 6 e 7 respectivamente. Explicações mais detalhadas sobre o critério eleito encontram-se mais adiante.

Segundo LÔBO e COSTA (1997) este método de classificação se enquadra no grupo denominado de análise visual. Através deste instrumento, a carta audiométrica é dividida em regiões, ocorrendo a alteração do grau à medida em que estas divisões forem sendo atingidas pelo traçado dos limiares.

De acordo com o critério estabelecido por MERLUZZI e col. (1979), para a avaliação da gravidade do comprometimento da audição, faz-se referência sobretudo aos limiares para as frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz.

A classificação de grau 1 corresponde aos traçados audiométricos, cujos valores dos limiares das quatro primeiras frequências citadas acima se enquadram na área considerada de normalidade A (4A). Sucessivamente, em relação à progressão da classificação, a de grau 2, compreende as três primeiras frequências inseridas na área de normalidade (3A); a de grau 3 as duas primeiras (2A); a de grau 4 somente a primeira (1A) e finalmente a de grau 5, nenhuma delas localizada na região de normalidade.

A seguir, há os traçados correspondentes às classificações discutidas para subsidiar no entendimento do critério adotado.

4 A – B

Figura 3.1: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 0, normal, segundo critério de Merluzzi e col. (1979)

4 A – C

4 A – C – B

4 A – D – C

Figura 3.2: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 1, segundo critério de Merluzzi e col. (1979)

3A – E – C
 3A – E – D
 3A – E – D – C
 3A – F – D
 3A – F – D – C

Figura 3.3: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 2, segundo critério de Merluzzi e col. (1979)

2A – E – D – C
 2A – E – C
 2A – E – D
 2A – E – F – D – C
 2A – E – F – D

Figura 3.4: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 3, segundo critério de Merluzzi e col. (1979)

1A – E – D
 1A – E – D – C
 1A – E – F – D

Figura 3.5: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 4, segundo critério de Merluzzi e col. (1979).

E - D
 E - F - D
 E - F - D - C
 F - D

Figura 3.6: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 5, segundo critério de Merluzzi e col. (1979).

Figura 3.7: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 6, perda por ruído e outra causa, segundo critério de Merluzzi e col. (1979)

Figura 3.8: Traçado audiométrico correspondente à classificação de Grau 7, perda por outras causas, segundo critério de Merluzzi e col. (1979)

3.7 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 MULTLR (1989). Como afirma KELSEY (1986), variáveis de confusão desempenham um papel importante como fonte de viés em estudos transversais. Portanto, o método de regressão logística permite controlá-las.

A fim de se encontrar o modelo mais ajustado foi aplicada a metodologia progressiva 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 $p < 0,20$ fundamentado no teste da razão da máxima verossimilhança. A significância das variáveis no modelo final também foi verificada pelo mesmo teste da razão de verossimilhança, permitindo a permanência das variáveis com p menor ou igual a 0,25 (HOSMER e LEMESHOW 1989).

A variável dependente no estudo foi do tipo dicotômica e representada por PAIR (traçado audiométrico sugestivo de PAIR) ou audição normal (compreendendo os traçados classificados como normal, ou seja, grau 0, e as perdas não induzidas por ruído, classificações 6 e 7).

Desse modo, o denominado logito, ou o log do odds da variável dependente, do modelo de regressão logística é fornecido pela seguinte equação (HOSMER e LEMESHOW 1989):

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Onde:

Os coeficientes “ β ” estimados para as variáveis independentes representam a taxa de mudança de uma função da variável dependente por unidade de mudança na variável independente. Cada coeficiente estimado fornece uma estimativa do log do odds ajustando-se para todas as outras variáveis incluídas no modelo.

Uma outra maneira matemática de representar o modelo é dada pela seguinte expressão (HOSMER e LEMESHOW 1989):

$$G = \ln \left[\frac{P}{(1 - P)} \right]$$

Onde P é a probabilidade de ocorrência do evento dependente e G é o logito ou o log do odds da variável dependente.

Desse modo, a probabilidade de ocorrência da variável dependente (Y = 1/PAIR) foi representada pela equação (HOSMER e LEMESHOW 1989):

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

As variáveis explanatórias ou preditoras empregadas na análise foram as consideradas as mais relevantes no questionário e discutidas anteriormente.

4. RESULTADOS:

4.1 Característica da frota

As características de cunho mais técnico sobre os veículos analisados encontram-se mais adiante e foram fundamentadas por informações fornecidas tanto pelo fabricante dos veículos como pelo departamento de manutenção da empresa.

A descrição da fonte de ruído constitui-se uma tarefa fundamental em um procedimento de avaliação. Por esta razão, serão descritas a seguir algumas características dos veículos analisados que podem exercer influência na geração do ruído analisado. As informações correspondentes ao tipo de suspensão são relevantes para subsidiar a avaliação da exposição à vibração de corpo inteiro.

Os veículos utilizados pelos motoristas da empresa são os seguintes:

Mercedes-Benz 1318:

Este modelo constitui 52% da frota (168 ônibus) da empresa e possui motor localizado na seção dianteira do veículo ao lado do motorista e enclausurado por um capô, cujas características de isolamento acústico não foram objeto de estudo. Observou-se que há um anel de borracha ao longo do perímetro da base do capô com o propósito de vedação acústica no momento do fechamento.

A geração de ruído, segundo os motoristas, é agravada quando ocorrem falhas na manutenção no capô de enclausuramento, particularmente em relação à vedação de borracha descrita.

A suspensão existente neste veículo é do tipo feixe de molas semi-elípticas, que é considerada mais rígida e desconfortável e propicia a elevação da vibração segundo BOULANGER e col. (1992).

O assento, com amortecimento hidráulico, permite dois ajustes, vertical e horizontal, e possui o espaldar baixo. A abertura e fechamento das portas são realizados pneumaticamente, através de duas pequenas alavancas situadas ao lado esquerdo do posto. A média de idade dos veículos avaliados é de $7,9 \pm 1,2$ anos.

Mercedes-Benz 1620:

Veículo com motor localizado na seção dianteira, que em sua maioria é dotado de carroçaria de concepção mais atualizada, fato que oferece um melhor isolamento para o ruído transmitido pelo motor. Alguns destes veículos são dotados da mesma carroçaria do modelo anterior, peculiaridade que o torna tão ruidoso como os veículos modelo 1318. A suspensão e o assento apresentam as mesmas características do modelo anterior. A média de idade dos veículos avaliados é de $4,3 \pm 0,5$ anos.

Mercedes-Benz 1721:

Motor também localizado na seção dianteira do veículo ao lado do motorista, com características bastante similares ao modelo anterior. A média de idade dos veículos avaliados é de 2,0 anos.

Mercedes-Benz 371 U:

Veículo dotado de motor posicionado em sua parte traseira, que conseqüentemente apresenta um nível de ruído significativamente menor para os condutores, como pode ser observado nos valores registrados. A

suspensão do veículo é do tipo helicoidal por feixe de molas. A média de idade dos veículos avaliados foi de 9,0 anos.

Mercedes-Benz 371 UL:

Pode-se considerar como o modelo mais confortável utilizado pelos motoristas, pois além das características descritas do modelo anterior, ele é dotado de motor turbinado e suspensão pneumática no eixo frontal. A média de idade dos veículos avaliados foi de $4,6 \pm 0,5$ anos.

Volvo B-52:

Veículo cujo motor se situa entre eixos, mas não eqüidistante e mais próximo do dianteiro. O assento tem as mesmas características dos modelos anteriormente discutidos. Estes veículos apresentavam uma idade média de 10,0 anos.

Conforme informações prestadas pelo principal construtor e pelo departamento de manutenção da empresa de transporte, as características fundamentais das suspensões dos veículos são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 4.1: Características fundamentais das suspensões utilizadas pelos veículos da empresa.

Modelos	Suspensão
OF-1318	Feixes de molas semi-elípticas.
OF-1620	Feixe de molas semi-elípticas.
O- 371 U	Molas helicoidais na dianteira e feixe de molas semi-elípticas na traseira.
O- 371 UL	Dianteira pneumática e feixes de molas semi-elípticas na traseira.
OF-1721	Feixe de molas semi-elípticas
VOLVO	Pneumática em ambos os eixos*.

Fonte: Mercedes-Benz do Brasil S/A

* Informação prestada pelo departamento de manutenção da empresa de transporte coletivo.

4.2 Avaliação de exposição ao ruído:

Os resultados referentes ao procedimento de avaliação de exposição ao ruído são apresentados na tabela 4.2:

Tabela 4.2 : Avaliação de nível de exposição ao ruído – resumo:

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		Viagens por dia	L _{Aeq} – dB(A)		Tempo - min		L _{EP, w} – dB(A)
		Modelo	ano		Ida	Volta	Ida	Volta	
1	1.1	1620	1996	3,5	84,1	85,5	38,2	40,9	83,5
	1.2	1620	1996	3,0	82,9	81,7	43,4	48,8	81,1
2	2.1	1318	1993	5,0	85,2	83,9	60,1	60,1	86,7
	2.2	1620	1996	3,5	82,2	82,0	66,1	61,6	82,6
3	3.1	1318	1993	5,5	81,9	80,9	32,6	38,1	81,5
4	4.1	1318	1991	7,0	84,5	84,2	30,0	34,4	85,0
	4.2	Volvo	1991	6,0	81,4	80,4	25,4	28,6	80,1
	4.3	Volvo	1991	7,0	79,4	78,2	33,8	35,3	79,7
	4.4	Volvo	1991	7,0	80,0	80,3	35,6	32,5	81,1
5	5.1	1318	1994	7,0	84,2	83,5	30,9	31,5	84,3
6	6.1	1318	1993	4,0	82,1	82,5	59,4	54,8	82,9
	6.2	1318	1993	4,0	83,4	82,6	51,8	47,8	83,0
7	7.1	1620	1996	4,0	79,5	80,0	59,4	54,8	81,0
	7.2	1620	1996	3,0	83,0	81,8	74,2	85,1	83,4

Tabela 4.2 - continuação

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		Viagens por dia	L _{Aeq} – dB(A)		Tempo - min		L _{EP, w} – dB(A)
		Modelo	ano		Ida	Volta	Ida	Volta	
8	8.1	1620	1995	4,0	84,7	84,1	65,6	75,0	85,9
	8.2	1620	1995	3,0	85,4	84,9	55,0	57,8	84,4
9	9.1	1318	1991	7,0	83,9	81,8	24,2	32,1	82,9
	9.2	1620	1996	10,0	83,1	82,6	25,4	24,8	83,8
10	10.1	1318	1991	6,0	83,0	83,2	39,1	31,5	83,5
11	11.1	1318	1995	7,0	84,3	84,3	31,4	28,5	84,6
12	12.1	1318	1990	6,0	84,5	83,8	28,7	31,7	83,8
13	13.1	1318	1992	3,0	85,1	83,7	80,4	95,7	86,0
	13.2	1721	1998	3,0	82,2	81,2	69,6	71,9	82,2
	13.3	1721	1998	3,0	81,2	80,9	87,0	94,3	82,6
	13.4	1721	1998	3,0	80,9	80,4	99,8	99,5	82,6
14	14.1	1318	1991	5,5	83,0	83,3	48,6	44,8	84,8
15	15.1	1318	1993	14,0	85,5	84,5	11,2	9,9	83,8
16	16.1	1318	1991	9,0	86,9	86,0	25,6	26,7	87,3

Tabela 4.2 – continuação

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		Viagens por dia	L _{Aeq} – dB(A)		Tempo - min		L _{EP, w} – dB(A)
		Modelo	ano		Ida	Volta	Ida	Volta	
17	17.1	Volvo	1991	6,0	79,0	80,2	34,2	42,3	80,4
	17.2	1620	1995	5,0	82,0	82,7	40,3	39,6	82,7
18	18.1	371 U	1991	6,0	73,9	75,8	86,0	80,5	78,2
	18.2	371 U	1991	3,0	74,0	72,9	83,1	85,7	74,7
	18.3	371 U	1991	3,0	76,5	75,2	83,1	73,3	76,9
19	19.1	371 UL	1995	3,0	78,4	79,2	53,2	58,9	78,3
	19.2	371 UL	1995	3,0	77,3	75,1	66,3	75,5	76,8
	19.3	371 UL	1996	3,0	76,8	77,0	62,5	77,0	76,7
	19.4	371 UL	1996	3,0	75,4	77,5	76,3	70,9	77,2
	19.5	371 UL	1995	3,0	76,1	77,5	66,2	69,8	77,2
20	20.1	1620	1996	5,0	82,5	82,4	61,9	72,1	84,8
	20.2	1318	1992	3,0	84,6	84,5	72,2	73,1	85,2
21	21.1	1318	1992	3,0	84,6	85,5	78,7	75,8	85,9
	21.2	1318	1992	3,0	86,2	86,2	73,2	59,5	86,4

Tabela 4.2 – continuação

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		Viagens por dia	L _{Aeq} – dB(A)		Tempo - min		L _{EP, w} – dB(A)
		Modelo	ano		Ida	Volta	Ida	Volta	
22	22.1	1318	1991	6,0	84,2	84,2	31,0	42,2	85,0
23	23.1	1318	1992	4,0	85,1	84,2	44,8	50,5	84,6
24	24.1	1318	1992	10,0	84,6	83,5	16,2	16,0	83,2
25	25.1	1318	1992	8,0	84,2	84,0	23,9	23,0	83,8

Fundamentando-se nos resultados das avaliações de campo, 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 foi de $83,1 \pm 1,9$ dB(A), e para os veículos do segundo grupo, a média registrada foi de $76,2 \pm 1,7$ dB(A). A diferença encontrada entre as médias dos dois modelos foi considerada estatisticamente significativa ($p < 0,0001$)⁷. Diante destes valores obtidos, é possível afirmar que o valor da média dos níveis equivalentes (L_{Aeq}) dos ônibus com motor dianteiro é 4,9 vezes o valor da média do ônibus que possui o motor localizado e sua seção traseira.

Lançando mão dos dados colhidos pela avaliação, estimou-se a jornada semanal média dos motoristas, cujo resultado foi de $46,2 \pm 10,5$ h. Destaca-se que a jornada semanal oficial dos motoristas é de 43 horas semanais, implicando que, com base na média e desvio – padrão calculados, há a probabilidade de 62% dos motoristas ultrapassarem esta cifra.

Agrupando os valores dos níveis de exposição calculados para os modelos de ônibus com motor posicionado na seção dianteira e entre eixos, ou seja, os modelos 1318, 1620, 1721 e VOLVO, obtém-se o seguinte valor médio para o nível de exposição semanal ($L_{EP,w}$):

⁷ Teste *t* de Student.

Tabela 4.3: Nível de exposição semanal médio de modelos de ônibus com motor posicionado na seção dianteira utilizados pela empresa de transporte:

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		$L_{EP, w} - dB(A)$
		Modelo	ano	
1	1.1	1620	1996	83,5
	1.2	1620	1996	81,1
2	2.1	1318	1993	86,7
	2.2	1620	1996	82,6
3	3.1	1318	1993	81,5
4	4.1	1318	1991	85,0
	4.2	Volvo	1991	80,1
	4.3	Volvo	1991	79,7
	4.4	Volvo	1991	81,1
5	5.1	1318	1994	84,3
6	6.1	1318	1993	82,9
	6.2	1318	1993	83,0
7	7.1	1620	1996	81,0
	7.2	1620	1996	83,4
8	8.1	1318	1995	85,9
	8.2	1318	1995	84,4
9	9.1	1318	1991	82,9
	9.2	1620	1996	83,8
10	10.1	1318	1991	83,5
11	11.1	1318	1995	84,6
12	12.1	1318	1990	83,8

Tabela 4.3 - continuação

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		$L_{EP, w} - dB(A)$
13	13.1	1318	1992	86,0
	13.2	1721	1998	82,2
	13.3	1721	1998	82,6
	13.4	1721	1998	82,6
14	14.1	1318	1991	84,8
15	15.1	1318	1993	83,8
16	16.1	1318	1991	87,3
17	17.1	Volvo	1991	80,4
	17.2	1620	1995	82,7
20	20.1	1620	1996	84,8
	20.2	1318	1992	85,2
21	21.1	1318	1992	85,9
	21.2	1318	1992	86,4
22	22.1	1318	1991	85,0
23	23.1	1318	1992	84,6
24	24.1	1318	1992	83,2
25	25.1	1318	1992	83,8
Média =				83,6
Desvio – padrão =				1,9
Erro – padrão =				0,6

Pode ser observado na tabela acima que o erro – padrão é inferior a 1 dB, erro do equipamento, indicando portanto um número suficiente de amostras.

Em referência aos modelos com motor localizado na seção traseira e adotando o mesmo procedimento anterior, os seguintes valores podem ser observados:

Tabela 4.4: Nível de exposição médio dos modelos de ônibus com motor posicionado na seção traseira utilizado na empresa de transporte.

Linhas	N.º da avaliação	Ônibus		$L_{EP,w} - dB(A)$
		Modelo	ano	
18	18.1	371 U	1991	78,2
	18.2	371 U	1991	74,7
	18.3	371 U	1991	76,9
19	19.1	371 UL	1995	78,3
	19.2	371 UL	1995	76,8
	19.3	371 UL	1996	76,7
	19.4	371 UL	1996	77,2
	19.5	371 UL	1995	77,2
Média =				77,0
Desvio - padrão =				1,1
Erro – padrão =				0,9

Desde que foi assumido que a distribuição dos valores do nível de exposição ao ruído obedece à curva normal, há a possibilidade de se calcular a probabilidade de superação de determinados níveis de interesse (BEHAR e PLENER 1984).

No primeiro caso, para ônibus com motores dianteiros ou entre – eixos, a probabilidade de haver a superação do nível de exposição de 85 dB(A), que representa o limite de tolerância para 8 h de exposição em diversos critérios de risco, dotados de consistência epidemiológica (ACGIH 1996; NIOSH 1998; FUNDACENTRO 1999) é de 22,4%.

Já para os ônibus com motor traseiro, não há a possibilidade de superação do nível de 85 dB(A).

No modelo 1318 foram realizadas 22 avaliações, sendo que a média encontrada do nível de exposição foi de $84,3 \pm 1,4$ dB(A). Lembrando que se partiu do pressuposto que a distribuição dos valores dos níveis de ruído obedece uma curva normal, este resultado permitiu calcular que há a probabilidade de 31,0% dos motoristas, que utilizam este tipo de ônibus, estarem expostos a níveis acima de 85,0 dB(A) e 95,5% estarem acima de 82,0 dB(A), nível de ação estabelecido para o critério aplicado (FUNDACENTRO 1999).

Oito avaliações foram realizadas no modelo 1620, cujo motor também é posicionado na dianteira do veículo. Este modelo apresenta vedação do capô mais adequada para abatimento de ruído, segundo informações dos trabalhadores. Neste caso, a média encontrada foi de $83,1 \pm 1,9$ dB(A), sendo que 16,1% dos motoristas que operam este ônibus podem estar expostos a níveis acima de 85,0 dB(A) e 71,9% estão expostos a níveis acima de 82,0 dB(A) (Nível de ação).

Os modelos com motor traseiro apresentam uma média de $77,0 \pm 1,1$ dB(A), sem motoristas expostos acima do nível de ação.

No caso do modelo Volvo, com motor entre-eixos, o valor da média foi de $80,7 \pm 1,1$ dB(A). Logo não há possibilidade de motoristas estarem expostos a níveis acima de 85,0 dB(A) e 15,4% deles podem estar expostos a um nível acima de 82,0 dB(A).

Os trabalhadores corroboraram que há outras fontes de emissão de ruído além do motor e foram observadas durante as avaliações, tais como: impacto das portas com eventual liberação de ar comprimido no momento de sua abertura e de seu fechamento, vibração dos vidros das janelas contra o metal, por falta de emborrachamento adequado, choques de metal contra metal (colunas de ferro sem fixação adequada, etc.). Basicamente estes problemas ocorrem em função de falhas na manutenção.

4.3 Avaliação da vibração de corpo inteiro:

O procedimento de avaliação dos seis modelos de ônibus da empresa, em condições normais de operação, gerou seguintes resultados:

Tabela 4.5: Valores dos níveis de aceleração da vibração ponderada em frequência (a_w em m/s^2 r.m.s.) transmitidas ao corpo dos motoristas de ônibus através do assento, nas três direções ortogonais (a_{wx} ; a_{wy} ; a_{wz}) dos seis modelos utilizados pela empresa, com o respectivo valor da somatória:

Modelo do ônibus	a_{wx} (m/s^2)	a_{wy} (m/s^2)	a_{wz} (m/s^2)	Somatória vetorial (m/s^2)
1318	0,196	0,141	0,596	0,74
1620	0,173	0,304	0,952	1,09
1721	0,167	0,326	0,932	1,07
371U	0,086	0,280	0,932	1,02
371UL	0,215	0,268	0,868	1,00
Volvo	0,167	0,250	0,812	0,91

Aplicando-se o procedimento apresentado na metodologia para cálculo da média ponderada por tempo de uso e número de veículos na frota da empresa, o seguinte resultado é obtido:

Tabela 4.6: Cálculo da média ponderada por número de veículos e tempo de uso considerando os seis modelos em uso na frota da empresa e o valor da somatória vetorial da aceleração de cada um:

Modelo do ônibus	n: número de veículos	t: tempo médio de uso (anos)	a^2 : quadrado da somatória vetorial (m^2/s^4)	$n \times t$	$n \times t \times a^2$
1318	186	7,9	0,55	1469,4	804,6
1620	86	4,3	1,14	369,8	423,4
1721	19	2,0	1,12	38,0	42,7
371U	10	9,0	1,04	90,0	93,6
371UL	37	4,6	0,98	170,2	166,8
Volvo	22	10,0	0,83	220,0	182,2
Total	360	-	-	2357,4	1713,4

Desse modo, é obtido o valor médio:

$$a_m = \sqrt{\frac{\sum n \times t \times a^2}{\sum n \times t}} = \sqrt{\frac{1713,4}{2357,4}} = 0,85 \text{ m/s}^2$$

Os tempos de exposição à vibração de corpo inteiro permitidos, determinados através da leitura do gráfico 4.1 e considerando os valores obtidos para os seis modelos de ônibus estudados, conforme as determinações da norma ISO-2631-1 (1985) são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.7 : Tempo de exposição permitido para a atividade de condução dos seis modelos de ônibus utilizados pela empresa, de acordo com a norma ISO-2631-1 (1985).

Modelo do ônibus	Somatória vetorial da aceleração (m/s^2)	Tempo de exposição permitido	
		Horas	Minutos
1318	0,74	6	30
1620	1,09	3	50
1721	1,07	4	-
371U	1,02	4	20
371UL	1,00	4	25
VOLVO	0,91	5	-

Pode-se observar que todos os valores registrados encontram-se acima do limite de tolerância para 8 h de exposição diária, que é de $0,63 \text{ m/s}^2$. O modelo que apresentou o maior valor da aceleração da vibração foi o 1620, com tempo permitido de 3 h e 50 min por dia; enquanto que no modelo 1318 foi registrado o menor, associado um tempo permitido de 6 h e 30 min/dia.

Gráfico 4.1: Tempo de exposição permitido em função da aceleração segundo a norma ISO-2631-1 (1985).

4.4 Avaliação audiológica:

Foram avaliados 182 motoristas, encaminhados pela empresa, dos quais 31 não ingressaram no estudo por não se enquadrarem nos grupos construídos com base no tempo de empresa como motorista. Dos 151 remanescentes com características compatíveis com os critérios delineados segundo tempo na empresa, um foi excluído por suspeita de perfuração da membrana timpânica com encaminhamento ao otorrinolaringologista, um por obstrução do canal auditivo por cera e não houve retorno para submeter-se à nova avaliação e 8 por pertencerem aos grupos de classificação seis ou sete. Desse modo, totalizou-se uma população de 141 motoristas, sendo 74 (52,5%) do grupo com tempo de motorista na empresa inferior ou igual a 3 anos e 67 (47,5%) com 5 anos ou mais.

Em referência à população geral de motoristas, foi encontrada uma taxa de prevalência de PAIR de 35%. No grupo classificado como exposto, ou seja, com 5 anos ou mais como motorista na empresa, esta taxa foi de 46% (31), enquanto que no de referência, ou seja, com 3 anos ou menos como motorista foi de 24% (18). A diferença entre as duas taxas observadas é estatisticamente significativa ($p < 0,01$)⁸.

No grupo de expostos, dos 31 casos classificados como PAIR, foram registrados dois casos (6,5%) como grau três, 10 (32,3%) como grau dois e 19 (61,3%) como grau um. Já no grupo de referência, dos 18 casos de PAIR, quatro (22,2%) se enquadraram na classificação de grau dois e 14 (77,8%) na de grau um.

⁸ Teste do Qui-quadrado.

Gráfico 4.2: Taxas de prevalência de traçado sugestivo de PAIR e de normalidade, segundo o critério MERLUZZI e col. (1979), distribuídas por grupo de exposição.

Gráfico 4.3: Distribuição da classificação dos traçados sugestivos de PAIR, segundo o critério MERLUZZI e col. (1979), por grupo de exposição.

Em relação à distribuição de PAIR por idade, foi registrada, no grupo de “não – expostos”, uma taxa de prevalência de 11% para faixa de idade de 25 a 35 anos exclusive, de 27% na faixa de 35 a 45 anos exclusive e de 44% para os motoristas com 45 anos ou mais. No grupo de “expostos” as

taxas encontradas, na mesma ordem de faixa de idades, foi de 0%, 38% e 52%.

Gráfico 4.4: Distribuição da prevalência dos traçados sugestivos de PAIR, segundo o critério MERLUZZI e col. (1979), por idade e grupo de exposição.

4.5 Características fundamentais da população de condutores analisada

A tabela a seguir descreve as características da população estudadas, de acordo com as variáveis empregadas para a construção do modelo multivariado. Com o fim de verificar diferenças entre os dois grupos, aplicou-se o teste- *t* de Student para as variáveis contínuas e o teste do Qui-quadrado para as categóricas. São apresentadas as médias com os respectivos desvios – padrão entre parênteses para as variáveis contínuas e os números de casos com as porcentagens entre parênteses para as variáveis categóricas.

Tabela 4.7: Características dos motoristas com tempo na função na empresa maior ou igual a 5 anos (“expostos”) e daqueles com este tempo menor ou igual a 3 anos (não – expostos).

Variável	Exposto (n = 67)	Não – exposto (n = 74)	Valor de <i>p</i>
Idade (anos)	47,7 (8,3)	38,8 (7,7)	<0,001
Imissão de ruído E _A (dB(A))	91,3 (3,7)	84,2 (3,3)	< 0,001
Dose de vibração (m ² /s ⁴)	6,8 (3,9)	1,2 (0,5)	< 0,001
Tempo de exposição prévia ao ruído (anos)	11 (6,0)	8,1 (6,6)	0,008
Tempo de exposição prévia à VCI (anos)	10,7 (6,4)	8,8 (6,4)	0,07
Histórico de hipertensão arterial (n)	12 (17,9)	4 (5,4)	0,02
Histórico de diabetes (n)	5 (7,5)	2 (2,7)	0,19
Histórico de antecedentes familiares (n)	5 (7,5)	4 (5,4)	0,62
Tabagismo (n)	21 (31,3)	25 (33,8)	0,75

Tabela 4.7: continuação:

Variável	Exposto (n = 67)	Não – exposto (n = 74)	Valor de p
Histórico de uso de medicamentos ototóxicos (n)	4 (6,0)	4 (5,4)	0,88
Serviço militar (n)	7 (10,4)	4 (5,4)	0,26

Como descrito na metodologia deste trabalho, o tempo acumulado na empresa como motorista serviu como referência para a construção dos dois grupos de comparação. Os dados sobre o tempo acumulado como motorista não são apresentados na tabela anterior. No entanto, efetuando a comparação entre os dois grupos, verificou-se que a média de tempo acumulado na empresa como motorista no grupo exposto foi de $9,4 \pm 5,3$ anos, enquanto que no grupo não exposto foi de $1,7 \pm 0,7$ anos. A diferença entre os dois valores é estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Deve ser assinalado que existe uma correlação extremamente importante entre a variável tempo de exposição acumulado na empresa como motorista e dose de vibração. Na verdade, o valor desta correlação é 1,0, pois na formulação da dose de vibração encerra este tempo de empresa. Logo, não foi possível trabalhar com as duas variáveis simultaneamente, nem estimar o efeito independente de cada uma, pois perturbava a modelagem, indicando um problema de colinearidade entre as variáveis.

Pode-se observar na tabela acima que a média de idade dos motoristas pertencentes ao grupo exposto é significativamente superior a dos motoristas do não exposto ($p < 0,001$). Da mesma ordem de grandeza, foram os valores de p encontrados para as variáveis Imissão de ruído (E_A) e dose de vibração, indicando que o nível de exposição do grupo considerado exposto é significativamente maior do que o grupo não – exposto. O grupo exposto apresenta uma exposição prévia ao ruído significativamente maior do que o não – exposto ($p = 0,008$), no entanto não foi encontrada diferença estatisticamente significativa em relação à exposição prévia à vibração de

corpo inteiro. Em referência às variáveis categóricas, somente a relacionada com o histórico de hipertensão arterial apresentou diferença significativa entre os dois grupos ($p = 0,02$), ou seja, no grupo considerado como exposto o número de casos é significativamente maior do que no grupo não – exposto.

4.6 Análise por regressão logística:

Definiu-se pela apresentação de três modelos oriundos da aplicação da regressão logística, cuja finalidade foi a de analisar simultaneamente os fatores potenciais para a ocorrência de perda auditiva induzida por ruído, bem como verificar a existência de associação importante com a variável correspondente à exposição à vibração de corpo inteiro com o devido controle para as outras possíveis variáveis de confusão.

Anteriormente à apresentação dos resultados obtidos pela análise univariada, serão exibidas as tabelas de contingência correspondentes às variáveis em análise. Estabeleceu-se como ponto de corte, a mediana da distribuição dos valores das variáveis contínuas IDADE, E_A (nível de imissão de ruído), DOSE (dose de vibração), TEPR (tempo de exposição prévia ao ruído) e TEPV (tempo de exposição prévia à vibração). Desse modo, estas foram transformadas em categóricas.

Tabela 4.8: Tabelas de contingência para as variáveis estudadas de acordo com a ocorrência de PAIR e respectivas taxas de prevalência.

	PAIR		
Variável explanatória	SIM	NÃO	Prevalência (%)
Exposição (EXP)			
• Não – exposto	18	56	24,3
• Exposto	31	36	46,3
Idade (anos)			
• < 44	15	55	21,4
• ≥ 44	34	37	47,9
Hipertensão arterial			
• Sem histórico	41	84	32,8
• Com histórico	8	8	50,0
Diabetes (DIA)			
• Sem histórico	44	90	32,8
• Com histórico	5	2	71,4
Antecedentes familiares (AF)			
• Sem histórico	45	87	34,1
• Com histórico	4	5	44,4
Tabagismo (TAB)			
• Não	36	59	37,9
• Sim	13	33	28,3
Medicação ototóxica (MO)			
• Sem histórico	45	88	33,8
• Com histórico	4	4	50,0
Serviço militar (SM)			
• Sem histórico	46	84	35,4
• Com histórico	3	8	27,3

Tabela 4.8: continuação

Variável explanatória	PAIR		Prevalência (%)
	SIM	NÃO	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			
• < 86,8	14	54	20,6
• ≥ 86,8	35	38	47,9
Dose de vibração (DOSE - m^2/s^4 . anos)			
• < 2,16	16	54	22,9
• ≥ 2,16	33	38	46,5
Tempo de exposição prévia ao ruído (TEPR - anos)			
• < 8,6	19	51	27,1
• ≥ 8,6	30	41	42,3
Tempo de exposição prévia à vibração (TEPV - anos)			
• < 8,3	21	49	30,0
• ≥ 8,3	28	43	39,4

A tabela a seguir apresenta os dados resultantes da análise univariada com os respectivos valores brutos da Razão de Chances (RC) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança.

Tabela 4.9: Análise univariada apresentando as razões de chances, os intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança para os efeitos das variáveis explanatórias na ocorrência de PAIR:

Variável explanatória	Razão de Chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Exposição (EXP)			0,0061
• Não – exposto	1,0	-	-
• Exposto	2,68	1,31 – 5,48	
Idade (anos)			0,0009
• < 44	1,0	-	
• ≥ 44	3,37	1,61 – 7,04	
Hipertensão arterial			0,1829
• Sem histórico	1,0	-	
• Com histórico	2,05	0,72 – 5,85	
Diabetes (DIA)			0,0424
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	5,11	0,95 – 27,4	
Antecedentes familiares (AF)			0,5347
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	1,55	0,40 – 6,04	
Tabagismo (TAB)			0,2557
• Não	1,0		
• Sim	0,65	0,30 – 1,39	
Medicação ototóxica (MO)			0,3621
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	1,96	0,47 – 8,19	

Tabela 4.9: continuação.

Variável explanatória	Razão de Chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Serviço militar (SM)			0,5807
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	0,68	0,17 – 2,70	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			0,0006
• < 86,8	1,0		
• $\geq$ 86,8	3,55	1,68 – 7,49	
Dose de vibração (DOSE - m^2/s^4 . anos)			0,0030
• < 2,16	1,0		
• $\geq$ 2,16	2,93	1,42 – 6,06	
Tempo de exposição prévia ao ruído (TEPR - anos)			0,0596
• < 8,6	1,0		
• $\geq$ 8,6	1,96	0,97 – 3,98	
Tempo de exposição prévia à vibração (TEPV - anos)			0,2388
• < 8,3	1,0		
• $\geq$ 8,3	1,52	0,76 – 3,06	

Conforme os resultados apresentados na tabela anterior, sobretudo observando o valor de p , constata-se que as variáveis que podem entrar para a construção do modelo são: nível de imissão sonora (E_A); idade (IDADE); histórico de diabetes (DIA); dose de vibração (DOSE), exposição (EXP); tempo de exposição prévia ao ruído (TEPR) e histórico de hipertensão arterial (HA).

Empregando a metodologia descrita anteriormente para a seleção das variáveis mais representativas estatisticamente ($p < 0,20$) e deliberadamente mantendo somente a variável DOSE, alcançou-se o seguinte resultado.

Tabela 4.10: Análise multivariada apresentando as razões de chances, os intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança para os efeitos das variáveis explanatórias e significantes na ocorrência de PAIR:

Variável preditora	Razão de chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Idade (anos)			0,0298
• < 44	1,0	-	
• ≥ 44	2,49	1,08 – 5,73	
Diabetes (DIA)			0,0462
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	5,39	0,93 – 31,3	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			0,0417
• < 86,8	1,0		
• ≥ 86,8	2,66	1,02 – 6,87	
Dose de vibração (DOSE - $m^2/s^4 \cdot \text{anos}$)			0,8833
• < 2,16	1,0		
• ≥ 2,16	1,08	0,40 – 2,87	

Pode-se observar, através da tabela acima, que a variável DOSE não é significativa, uma vez que o seu valor de p é bem superior a 0,20.

Cabe destacar que foram testadas as possíveis interações, no entanto não produzindo nenhum resultado estatisticamente significativo.

Desse modo, retirando-a do modelo anterior, encontramos os seguintes resultados demonstrados na tabela a seguir:

Tabela 4.11: Análise multivariada apresentando as razões de chances, os intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança para os efeitos das variáveis explanatórias e significantes na ocorrência de PAIR – modelo 1:

Variável preditora	Razão de chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Idade (anos)			0,0198
• < 44	1,0	-	
• ≥ 44	2,54	1,15 – 5,62	
Diabetes (DIA)			0,0434
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	5,46	0,95 – 31,4	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			0,0117
• < 86,8	1,0		
• ≥ 86,8	2,76	1,24 – 6,15	

Verifica-se que todas as variáveis eleitas para este modelo final apresentam significância, uma vez que os valores de p registrados são bem menores do que 0,20.

Fundamentando-se neste modelo ajustado a probabilidade de ocorrência da variável dependente ($Y = 1/\text{PAIR}$) é representada pela seguinte equação:

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

Onde $g(x)$ é igual a :

$$g(x) = -1,8163 + 1,015(Ea \geq 86,8) + 0,9327(IDADE \geq 44) + 1,6976(DIA)$$

A equação acima demonstra a probabilidade de PAIR ou de traçado sugestivo de PAIR, controlada por idade, nível de imissão sonora e histórico de diabetes.

Aplicando a fórmula acima é possível calcular a probabilidade de ocorrência de PAIR ou de traçado sugestivo de PAIR para as diferentes situações de exposição:

Tabela 4.12: Estimativas de probabilidade de ocorrência de PAIR segundo a equação do modelo 1:

Situação de exposição	Probabilidade (%)
Nível de exposição ao ruído inferior a 86,8 dB(A), idade abaixo de 44 anos e sem histórico de diabetes.	14,0
Idade de 44 anos ou mais; nível de exposição ao ruído inferior a 86,8 dB(A) e sem histórico de diabetes	29,2
Nível de exposição superior ou igual a 86,8 dB(A); idade abaixo de 44 anos e sem histórico de diabetes.	31,0
Nível de exposição ao ruído inferior a 86,8 dB(A), idade abaixo de 44 anos e com histórico de diabetes.	47,0
Idade de 44 anos ou mais; nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,8 dB(A) e sem histórico de diabetes .	53,3
Idade de 44 anos ou mais; com histórico de diabetes e nível de exposição ao ruído inferior a 86,8 dB(A).	69,3

Tabela 4.12: continuação

Situação de exposição	Probabilidade (%)
Nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,8 dB(A); com histórico de diabetes e idade abaixo de 44 anos.	71,0
Idade de 44 anos ou mais, histórico de diabetes e com nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,8 dB(A).	86,2

A tabela de contingência correspondente ao segundo modelo, definido para integrar aos resultados, é praticamente similar ao primeiro, diferindo apenas em relação às variáveis idade, nível de imissão de ruído e dose de vibração. Os pontos de corte das duas primeiras são apresentados nas tabelas de contingência a seguir e a variável dose de vibração foi manipulada como contínua.

Tabela 4.13: Tabelas de contingência para as variáveis idade e nível de imissão de vibração e respectivas taxas de prevalência por estrato para o segundo modelo segundo a ocorrência de PAIR:

	PAIR		
Variável preditora	SIM	NÃO	Prevalência (%)
Idade (anos)			
• < 36	3	31	8,8
• 36/- 44	12	24	33,3
• ≥ 44	34	37	47,9
Nível de imissão sonora (E _A – dB(A))			
• < 87,0	15	56	21,1
• 87 /- 91,3	16	18	47,1
• ≥ 91,3	18	18	50,0

Tabela 4.14: Análise univariada apresentando as razões de chances, os intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança para os efeitos das variáveis explanatórias idade, nível de imissão sonora e dose de vibração para o segundo modelo na ocorrência de PAIR.

Variável preditora	Razão de Chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Idade (anos)			0,0001
• < 36	1,0	-	
• 36/- 44	5,17	1,31 – 20,4	
• ≥ 44	9,50	2,66 – 33,9	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			0,0025
• < 87,0	1,0		
• 87 /- 91,3	3,32	1,37 – 8,02	
• $\geq 91,3$	3,73	1,57 – 8,88	
Dose de vibração (m^2/s^4 .anos)	1,15	1,05 – 1,27	0,0024

Por meio da adoção do critério de inclusão por nível hierárquico do valor do teste da máxima verossimilhança em ordem decrescente, o procedimento de construção do modelo pode ser observado a seguir:

Tabela 4.15: Apresentação do procedimento progressivo de inclusão de variáveis para o segundo modelo.

Fase	Variável	Razão de Chances – RC	Intervalo de confiança (95%)	p
1	Idade	• < 36	1,0	0,0001
		• 36/- 44	5,17	
		• ≥ 44	9,50	
2	Idade	• < 36	1,0	0,0046
		• 36/- 44	4,82	
		• ≥ 44	6,97	
	Dose	-	1,08	0,1317
3	Idade	• < 36	1,0	0,0052
		• 36/- 44	5,14	
		• ≥ 44	6,92	
	Dose	-	1,06	0,4956
	E _A	• < 87,0	1,0	0,1014
		• 87,0 /- 91,3	2,82	
		• ≥ 91,3	1,67	
4	Idade	• < 36	1,0	0,0098
		• 36/- 44	4,50	
		• ≥ 44	6,40	
	Dose	-	1,07	0,4146
	E _A	• < 87,0	1,0	0,0858
		• 87,0 /- 91,3	2,92	
		• ≥ 91,3	1,49	
	DIA	-	4,41	0,0777

Observa-se pela tabela acima, que na fase dois houve uma alteração importante do valor de RC para o terceiro estrato da variável idade,

provocada pela inclusão da variável dose de vibração, sugerindo ser de confusão. A interação foi testada; contudo não foi alcançado nenhum resultado expressivo. Também nesta mesma fase, é possível argüir que há uma indicação de associação da variável dose de vibração com a ocorrência de PAIR.

Na fase 3, a rigor, pode-se notar que a significância da variável DOSE já permitiria a sua exclusão. Na última fase, a quarta, com a definição do modelo, o nível de significância da variável dose de vibração aponta que ela pouco contribui para a equação final. Sem a variável dose, as variáveis idade e nível de imissão de ruído apresentariam um valor de p inferior a 0,05.

É relevante assinalar que se deparou com uma incoerência nesta modelagem em relação à variável nível de imissão de ruído. O terceiro estrato, ou seja, nível de imissão de ruído superior o igual a 91,3 dB(A) apresentou um valor de RC ajustado de 1,49, inferior ao segundo (E_A entre 87,0 dB(A) e 91,3 exclusive) de 2,92. Possivelmente este fato deve-se a um viés peculiar aos estudos de prevalência que será abordado mais adiante.

A despeito do valor de p da variável dose de vibração não apresentar um nível significativo, a seguinte equação pode ser estabelecida a partir do modelo definido na fase 4 do procedimento de modelagem.

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

Onde $g(x)$ é igual a :

$$g_{(x)} = -2,8309 + 1,5037I_2 + 1,8570I_3 + 0,0646D + 1,0715Ea_2 + 0,4019Ea_3 + 1,4837DIA$$

A equação demonstra a probabilidade de PAIR ou de traçado sugestivo de PAIR, controlada por idade, dose de vibração, nível de imissão

sonora e histórico de diabetes. A elevação da probabilidade de ocorrência de PAIR está relacionada ao incremento da idade, do nível de imissão sonora e com a presença de histórico de diabetes, apontada pelos sinais dos coeficientes das variáveis constantes no modelo.

As notações da equação acima correspondem a:

I2: estrato da variável IDADE, 36 a 44 anos exclusive;

I3: estrato da variável IDADE, maior ou igual a 44 anos;

D: variável DOSE;

E_A2: estrato da variável E_A (nível de exposição ao ruído), 87,0 a 91,3 dB(A) exclusive;

E_A3 : estrato da variável E_A (nível de exposição ao ruído) maior ou igual a 91,3 dB(A);

DIA: correspondente ao histórico de diabetes.

As estimativas de probabilidades para algumas situações de exposição são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 4.16: Estimativa de probabilidade de ocorrência de PAIR segundo as situações de exposição descritas fundamentando-se na equação do modelo 2:

Situação de exposição	Probabilidade (%)
Nível de exposição ao ruído inferior a 87,0 dB(A), idade abaixo de 36 anos e sem histórico de diabetes.	6,0
Nível de exposição ao ruído superior ou igual a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A); idade abaixo de 36 anos e sem histórico de diabetes.	15,0
Nível de exposição ao ruído inferior a 87,0 dB(A), idade entre 36 e 44 anos exclusive e sem histórico de diabetes.	21,0
Nível de exposição ao ruído inferior a 87,0 dB(A), idade abaixo de 36 anos e com histórico de diabetes.	21,0
Idade maior ou igual a 44 anos; nível de exposição ao ruído inferior a 87,0 dB(A) e sem histórico de diabetes.	27,0
Idade abaixo de 36 anos, nível de exposição ao ruído superior ou igual a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A) e com histórico de diabetes.	43,0
Idade entre 36 e 44 anos exclusive e com nível de exposição ao ruído superior ou igual a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A) e sem histórico de diabetes.	44,0
Idade maior ou igual a 44 anos; nível de exposição ao ruído superior ou igual a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A) e sem histórico de diabetes.	52,0
Idade entre 36 e 44 anos exclusive; nível de exposição ao ruído inferior a 87,0 dB(A) e com histórico de diabetes.	54,0
Idade maior ou igual a 44 anos; nível de exposição ao ruído inferior a 87,0 dB(A) e com histórico de diabetes.	62,0

Tabela 4.16: continuação.

Situação de exposição	Probabilidade (%)
Idade entre 36 e 44 anos exclusive e com nível de exposição ao ruído superior ou igual a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A). e com histórico de diabetes.	77,0
Idade maior ou igual a 44 anos; nível de exposição ao ruído superior ou igual a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A) e com histórico de diabetes.	83,0

Outras circunstâncias de exposição, dependentes da variável dose de vibração, são apresentadas no gráfico 4.5. Na primeira curva traçada pode ser verificada a evolução da estimativa da probabilidade de PAIR de acordo com a dose de vibração, compreendendo uma situação de exposição em que o nível de imissão de ruído é inferior a 87,0 dB(A), a idade abaixo de 36 anos e ausência de histórico de diabetes. Nesta circunstância, um valor da dose de vibração de $10 \text{ m}^2/\text{s}^4 \cdot \text{anos}$, ou 13,84 anos de exposição aos veículos envolvidos neste estudo, apenas como exemplo, corresponde a uma probabilidade de PAIR de 10%. Na situação mais extrema, indicada pelo último traçado da curva no gráfico 4.5, para a característica de exposição correspondente a idade acima de 44 anos, nível de imissão de ruído igual ou superior a 87,0 dB(A) e inferior a 91,3 dB(A) e presença de histórico de diabetes, a probabilidade para a mesma dose de vibração é de 90%.

Gráfico 4.5: Estimativa de probabilidade de PAIR para as situações de exposição na legenda, segundo a evolução da dose de vibração e com base no segundo modelo.

Outro modelo julgado como interessante para inserção no estudo sobre o qual deverá ser analisado com maior profundidade no tópico da discussão, foi obtido com a retirada, da população estudada, dos motoristas com tempo superior a 15 anos na função na empresa. A variável DOSE foi mantida como contínua, categorizando as variáveis IDADE definindo como ponto de corte o percentil 25 e a mediana da distribuição dos valores; E_A (nível de imissão sonora) com pontos de corte estabelecidos a partir da mediana e do percentil 75 e por fim TEPR (tempo de exposição prévia ao ruído) e TEPV(tempo de exposição prévia à vibração), ambos a partir da mediana.

Inicialmente serão apresentadas as tabelas de contingência correspondentes:

Tabela 4.17: Tabelas de contingência para as variáveis estudadas de acordo com a ocorrência de PAIR e respectivas taxas de prevalência para o terceiro modelo.

	PAIR		
Variável explanatória	SIM	NÃO	Prevalência (%)
Exposição (EXP)			
• Não – exposto	18	56	24,3
• Exposto	26	31	45,6
Idade (anos)			
• < 35	3	29	9,4
• 35 /- 43	9	23	28,1
• ≥ 43	32	35	47,8
Hipertensão arterial			
• Sem histórico	37	79	31,9
• Com histórico	7	8	46,7
Diabetes (DIA)			
• Sem histórico	39	85	31,5
• Com histórico	5	2	71,4
Antecedentes familiares (AF)			
• Sem histórico	40	82	32,8
• Com histórico	4	5	44,4
Tabagismo (TAB)			
• Não	33	56	37,1
• Sim	11	31	26,2
Medicação ototóxica (MO)			
• Sem histórico	41	83	33,1
• Com histórico	3	4	42,9

Tabela 4.17: continuação.

Variável explanatória	PAIR		Prevalência (%)
	SIM	NÃO	
Serviço militar (SM)			
• Sem histórico	41	82	33,3
• Com histórico	3	5	37,5
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			
• < 86,5	13	47	21,7
• 86,5 /- 90,8	16	19	45,7
• $\geq$ 90,8	15	21	41,7
Tempo de exposição prévia ao ruído (TEPR - anos)			
• < 9,0	17	48	26,2
• $\geq$ 9,0	27	39	40,9
Tempo de exposição prévia à vibração (TEPV - anos)			
• < 8,5	19	46	29,2
• $\geq$ 8,5	25	41	37,9

A análise univariada, a partir deste critério, produziu os seguintes valores:

Tabela 4.18: Análise univariada apresentando as razões de chances, os intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança para os efeitos das variáveis explanatórias na ocorrência de PAIR para o terceiro modelo:

Variável preditora	Razão de chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Exposição (EXP)			0,0106
• Não – exposto	1,0	-	-
• Exposto	2,61	1,24 – 5,49	
Idade (anos)			0,0003
• < 35	1,0	-	
• 35 /- 43	3,78	0,92 – 15,6	
• ≥ 43	8,84	2,45 – 31,8	
Hipertensão arterial			0,2645
• Sem histórico	1,0	-	
• Com histórico	1,87	0,63 – 5,54	
Diabetes (DIA)			0,0354
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	5,45	1,01 – 29,3	
Antecedentes familiares (AF)			0,4835
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	1,64	0,42 – 6,44	
Tabagismo (TAB)			0,2127
• Não	1,0		
• Sim	0,60	0,27 – 1,36	
Medicação ototóxica (MO)			0,6001
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	1,52	0,32 – 7,10	

Tabela 4.18: continuação.

Variável explanatória	Razão de chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	<i>p</i>
Serviço militar (SM)			0,8105
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	1,20	0,27 – 5,27	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			0,0255
• < 86,5	1,0		
• 86,5 /- 90,8	3,04	1,23 – 7,53	
• $\geq 90,8$	2,58	1,05 – 6,37	
Dose de vibração (DOSE - m^2/s^4 . anos)	1,29	1,11 – 1,49	0,0006
Tempo de exposição prévia ao ruído (TEPR - anos)			0,0728
• < 9,0	1,0		
• $\geq 9,0$	1,96	0,93 – 4,93	
Tempo de exposição prévia à vibração (TEPV - anos)			0,2941
• < 8,5	1,0		
• $\geq 8,5$	1,48	0,71 – 3,06	

Adotando critério similar descrito anteriormente para a construção do modelo, o seguinte resultado é obtido:

Tabela 4.19: Análise multivariada apresentando as razões de chances, os intervalos de confiança (IC 95%) e o valor de p do teste da razão da máxima verossimilhança para os efeitos das variáveis explanatórias e significantes na ocorrência de PAIR para o terceiro modelo.

Variável explanatória	Razão de chances (RC)	Intervalo de confiança (95%)	p
Idade (anos)			0,0389
• < 35	1,0	-	
• 35 /- 43	2,97	0,68 – 13,0	
• ≥ 43	5,16	1,28 – 20,7	
Diabetes (DIA)			0,1342
• Sem histórico	1,0		
• Com histórico	3,55	0,62 – 20,2	
Nível de imissão sonora (E_A – dB(A))			0,0270
• < 86,6	1,0		
• 86,6 /- 90,8	2,55	0,93 – 6,96	
• ≥ 90,8	0,44	0,09 – 2,06	
Dose de vibração (DOSE - m^2/s^4. anos)	1,37	1,05 - 1,79	0,0185

Portanto, a aplicação deste modelo gera a seguinte equação:

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

onde $g(x)$ é igual a :

$$g_{(x)} = -3,0597 + 1,0898I_2 + 1,6404I_3 + 0,3150D + 0,9354Ea_2 - 0,8207Ea_3 + 1,2659DIA$$

As notações da equação acima apresentam correspondem a:

I2: estrato da variável IDADE, 35 a 43 anos exclusive;

I3: estrato da variável IDADE, maior ou igual a 43 anos;

D: variável DOSE;

E_{A2}: estrato da variável E_A (nível de exposição ao ruído), 86,6 a 90,8 dB(A) exclusive;

E_{A3} : estrato da variável E_A (nível de exposição ao ruído) maior ou igual a 90,8 dB(A);

DIA: correspondente ao histórico de diabetes.

Observa-se que o coeficiente do terceiro estrato ($E_A \geq 90,8$ dB(A)) da variável nível de exposição ao ruído é negativo, gerando uma Razão de Chances de 0,44, ou seja, apresentando um efeito de proteção. Trata-se naturalmente de incongruência expressiva, provocada possivelmente por um viés de seleção, denominado “viés do sobrevivente” (BERNARD e FINE, 1997). No tópico destinado à discussão estes aspectos serão abordados com mais propriedade.

Por sua vez, foi registrada uma RC ajustada referente ao segundo estrato da variável nível de imissão de ruído de 2,55 (IC 95% 0,93 – 6,96). Para a variável histórico de diabetes, o valor da RC ajustada, conforme este modelo, foi de 3,55 (IC 95% 0,62 – 20,2).

Valores da RC ajustada de 2,97 (IC 95% 0,68 – 13,0) e de 5,16 (IC 95% 1,28 – 20,7) foram observados para os dois estratos da variável idade, o correspondente à faixa de 35 a abaixo de 43 anos e o superior ou igual a 43 anos, respectivamente.

Assim, novamente é possível calcular a probabilidade de PAIR, ou de traçado sugestivo desta, para determinadas circunstâncias de exposição independentes da influência da variável dose de vibração.

Tabela 4.20: Estimativas de probabilidade de ocorrência de PAIR segundo algumas características de exposição e baseando-se na equação do terceiro modelo.

Característica de exposição	Probabilidade (%)
Nível de exposição ao ruído inferior a 86,6 dB(A), idade abaixo de 35 anos e sem histórico de diabetes.	4,0
Nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,6 dB(A) e inferior a 90,8 dB(A); idade abaixo de 35 anos e sem histórico de diabetes.	11,0
Nível de exposição ao ruído inferior a 86,6 dB(A), idade entre 35 e 43 anos exclusive e sem histórico de diabetes.	12,0
Nível de exposição ao ruído inferior a 86,6 dB(A), idade abaixo de 35 anos e com histórico de diabetes.	14,0
Idade maior ou igual a 43 anos; nível de exposição ao ruído inferior a 86,6 dB(A) e sem histórico de diabetes.	19,0
Idade entre 35 e 43 anos exclusive e com nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,6 dB(A), inferior a 90,8 dB(A) e sem histórico de diabetes..	26,0
Idade abaixo de 35 anos, nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,6 dB(A) e inferior a 90,8 dB(A) e com histórico de diabetes.	30,0
Idade entre 35 e 43 anos exclusive; nível de exposição ao ruído inferior a 86,6 dB(A) e com histórico de diabetes.	33,0
Idade maior ou igual a 43 anos; nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,6 dB(A) e inferior a 90,8 dB(A) e sem histórico de diabetes.	38,0
Idade maior ou igual a 43 anos; nível de exposição ao ruído inferior a 86,6 dB(A) e com histórico de diabetes.	46,0

Tabela 4.20: continuação.

Característica de exposição	Probabilidade (%)
Idade entre 35 e 43 anos exclusive e com nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,6 dB(A) e inferior a 90,8 dB(A). e com histórico de diabetes.	56,0
Idade maior ou igual a 43 anos; nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,6 dB(A) e inferior a 90,8 dB(A) e com histórico de diabetes.	69,0

Outras características de exposição, envolvendo a variável correspondente à dose de vibração, estão representadas no gráfico 4.6. Deliberadamente, as situações que envolvem o terceiro estrato do nível de exposição ao ruído não foram inseridas no gráfico, em virtude da incongruência registrada, provocada por um viés de seleção. As notações aplicadas são as mesmas utilizadas na expressão acima.

Gráfico 4.6: Estimativa de probabilidade de PAIR para as situações de exposição na legenda, segundo a evolução da dose de vibração e com base no terceiro modelo.

O coeficiente referente à variável dose de vibração baseado na terceira modelagem é superior ao obtido no segundo modelo, gerando assim uma Razão de Chances mais importante para a ocorrência de PAIR. No caso em questão, este valor foi de 1,37 (IC 95% 1,05 – 1,79)

No gráfico anterior pode-se observar o comportamento da probabilidade de ocorrência de PAIR segundo o incremento da dose de vibração. A primeira curva representada no gráfico 4.6, por exemplo, 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. Nesta situação, de modo ilustrativo, com a dose de vibração de $10 \text{ m}^2/\text{s}^4 \cdot \text{anos}$, ou 13,84 anos de exposição aos veículos considerados no estudo, a estimativa de probabilidade de PAIR seria de 52%.

A curva logo acima da última descrita reporta-se à exposição à VCI, a um nível de imissão de ruído entre 86,6 dB(A) e 90,8 dB(A) exclusive, sem histórico de diabetes e com idade inferior a 35 anos. Empregando o mesmo ponto de dose de vibração como exemplo, ou $10 \text{ m}^2/\text{s}^4 \cdot \text{anos}$, observa-se que a estimativa de probabilidade de ocorrência de PAIR é de 74%.

5 DISCUSSÃO

5.1 Aspectos sobre a exposição ao ruído:

Além das fontes predominantes de ruído presentes em um veículo a diesel, apresentadas na introdução, é possível acrescentar outras em nosso caso de estudo, como a liberação indevida de ar comprimido durante o procedimento de abertura e fechamento das portas em alguns veículos, a conversação entre passageiros e o ruído externo gerado pelo tráfego da rua. Nas condições observadas de tráfego, não há a possibilidade de a interação entre o pneu e o pavimento constituir-se como fonte dominante, uma vez que a velocidade média dos veículos é de aproximadamente 20 km/h.

Importante observar que os modelos de ônibus com motor localizado em sua parte dianteira apresentam, naturalmente, um maior nível de imissão de ruído, que também está associada à característica de encarroçamento. Pôde ser verificado que o mesmo modelo de ônibus 1620 da Mercedes-Benz apresenta diferenças relevantes de emissão de ruído, em virtude do tipo de carroçaria utilizada e particularmente a configuração do capô que enclausura o motor. Foi verificado, na linha 8, por exemplo, que os veículos utilizados correspondem ao modelo Mercedes-Benz 1620, fabricado em 1995, com a mesma estrutura da carroçaria empregada nos modelos Mercedes-Benz 1318, que os torna tão ruidosos como o último, que é mais antigo. Portanto, observa-se que a estrutura da carroçaria, particularmente o enclausuramento, ou o capô, sobre o motor, desempenha influência importante sobre o nível sonoro recebido pelo motorista.

Constatou-se que os valores dos níveis equivalentes de ruído (L_{Aeq}) emitidos pelos veículos com motor posicionado na seção dianteira são significativamente mais elevados do que os que apresentam o motor na seção traseira. É permitido afirmar também que o valor da média dos níveis

equivalentes (L_{Aeq}) dos ônibus com motor dianteiro é praticamente cinco vezes o valor da média do veículo dotado de motor na seção traseira.

Este cotejamento entre os dois grupos de modelos também é ilustrativo para argumentar que a fonte predominante de ruído no posto de trabalho do motorista é o motor, quando localizado na seção dianteira. Tendo como referência o valor do L_{Aeq} obtido para o ônibus com motor traseiro, assinala-se que o valor do L_{Aeq} registrado corresponde a um conjunto de fontes compreendendo o ruído externo, conversação dos passageiros em menor grau, o motor e outras. Estima-se que o L_{Aeq} médio somente do motor, efetuando a diferença entre as duas médias encontradas, seja da ordem de 82,1 dB(A). Cabe também destacar que as linhas da empresa que possuem veículos dotados de motor na seção traseira trafegam por regiões centrais da cidade de São Paulo, cujo ruído ambiental é mais importante, sobretudo pelo maior volume de tráfego. MOURA e CARDOSO (2001), por exemplo, constataram que as médias observadas dos níveis equivalentes ponderados na escala "A" (L_{Aeq}) para regiões da cidade de São Paulo com trânsito denso e local apresentam uma diferença estatisticamente significativa. Para a primeira situação, o valor registrado foi de 75,9 dB(A), enquanto que para o segundo, 61,1 dB(A).

A necessidade de implantação de um Programa de Conservação Auditiva emerge diante dos resultados aqui observados, sobretudo em relação à operação dos ônibus com motor na dianteira. A adoção deste procedimento de prevenção da PAIR é corroborada também por MARQUES (1998), que também abordou a exposição de motoristas de ônibus urbanos ao ruído.

Esta questão relacionada à exposição ao ruído e o risco de PAIR em motoristas de ônibus é abordada em poucos estudos, conforme pôde ser observado na introdução deste trabalho. PATWARDHAN e col. (1991) documentaram, em estudo de prevalência empreendido, uma faixa de níveis

de ruído muito ampla, 89 a 106 dB(A), que não possibilitam uma estimativa consolidada da exposição do motorista.

Em condições basicamente similares de exposição, para motoristas de ônibus com motor dianteiro, motoristas de caminhão foram a população de estudo de VAN den HEEVER e ROETS (1996), os quais obtiveram resultados que apontam risco para esta atividade, uma vez que os valores encontravam-se acima do limite estabelecido (85 dB(A) para uma jornada de 8 h e fator de troca igual a 3). CAMPANA (1973) também já encontrara resultados semelhantes, comparando os resultados da avaliação com os limites definidos pela norma brasileira (85 dB(A) para uma jornada de 8 h e fator de troca igual a 5).

A associação entre a posição do motor e o valor da dose de ruído obtida foi demonstrada por FONSECA e col. (1993), os quais reportaram que a dose de ruído excedia a unidade nos veículos onde o motor situava-se na seção dianteira.

Depreende-se, portanto, a partir da leitura dos resultados obtidos por este trabalho, bem como por outros que se detiveram sobre a questão da exposição ao ruído, que a atividade de condução de ônibus com motor dianteiro constitui-se como uma característica de exposição que representa risco de PAIR.

A média do nível de exposição semanal encontrada para os motoristas condutores de ônibus com motor na dianteira pode não ser considerada elevada de fato, considerando o critério de referência de 85 dB(A) para 8 horas. No entanto, verificou-se que existe a probabilidade de superação dos níveis de exposição limite de 85,0 dB(A) e de ação de 82,0 dB(A). Em referência à exposição dos motoristas que conduzem ônibus com motor na seção traseira, não há possibilidade de superação de nenhum dos dois limites considerados.

Diante destas ponderações no tocante à exposição ao ruído, constata-se a viabilidade do uso de ônibus com motor localizado na seção traseira, por se tratar de um desenho racional, que contribui para a prevenção de agravos à saúde, particularmente a PAIR.

Oportuno ressaltar as longas jornadas praticadas pelos motoristas as quais representam uma variável relevante para o incremento do nível de exposição ao ruído. A jornada semanal média encontrada para a população amostrada no procedimento de avaliação ambiental foi de $46,2 \pm 10,5$ h. O contrato de trabalho dos motoristas estipula uma jornada semanal de 43 h. Convém ressaltar de que a Convenção 153-1979 da OIT (Organização Internacional do Trabalho) específica para trabalhadores em transporte, da qual o governo brasileiro não é signatário ainda, estabelece, entre outras medidas, uma jornada semanal máxima de 40 h, com direito a folga semanal composta por dois dias (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION 1979). Os motoristas de ônibus, população deste estudo, desfrutam de apenas uma folga semanal.

Reportando-se especialmente ao primeiro modelo final da regressão logística, classificado como o mais ajustado, cujo estrato da variável imissão de ruído (E_A) maior ou igual a 86,8 dB(A) corresponde a uma Razão de Chances de 2,76 (IC 95% 1,24 – 6,15), é possível determinar o tempo necessário, em anos, para atingir este valor, de acordo com o nível de exposição calculado para cada grupo de modelo de ônibus. Para os motoristas que conduzem ônibus com motor dianteiro, associados a uma estimativa de nível médio de exposição de 83,6 dB(A), este tempo seria de apenas 2,1 anos, enquanto para o outro grupo, conduzindo motor traseiro, com nível médio de exposição de 77,0 dB(A), 9,5 anos.

5.2 Aspectos sobre a exposição à vibração:

Os valores da aceleração de vibração obtidos através da avaliação podem ser considerados elevados, quando comparados com outros estudos abarcando análises em ônibus e mesmo outros veículos importantes.

Na pesquisa desenvolvida por BOVENZI e ZADINI (1992) envolvendo motoristas de ônibus da cidade de Turim, Itália, a média do valor da aceleração no eixo Z de seis ônibus avaliados foi de $0,39 \text{ m/s}^2$, enquanto que neste estudo a magnitude encontrada para o mesmo eixo foi de $0,85 \text{ m/s}^2$, 2,2 vezes o primeiro valor.

Seguindo a metodologia expressa pela ISO-2631-1 (1985), LEWIS e GRIFFIN (1998) obtiveram o valor da aceleração de $0,58 \text{ m/s}^2$, para ônibus trafegando em pista regular, referente ao pior eixo. Este resultado foi atingido em pesquisa, cujo propósito foi o de comparar os procedimentos de avaliação de exposição à vibração de corpo inteiro presentes nas normas atuais.

A representatividade da magnitude destes valores da aceleração encontrados também pode ser cotejada com alguns exemplos extraídos da literatura técnica. A organização sueca denominada Instituto Nacional de Vida no Trabalho (NATIONAL INSTITUTE OF WORKING LIFE 2000) mantém um banco de dados na rede mundial de computadores, no qual há diversos exemplos de resultados de avaliação de vibração de corpo inteiro. Como exemplo, valores da somatória da aceleração da vibração dos três eixos ortogonais para uma escavadeira, uma pá carregadeira e um trator escavadeira foram de $0,70 \text{ m/s}^2$, $0,66 \text{ m/s}^2$ e $0,83 \text{ m/s}^2$ respectivamente. Constata-se que as somatórias das acelerações de cinco dos seis modelos de ônibus avaliados nesta pesquisa superaram estas cifras. A somatória da aceleração da vibração no modelo 1318, de $0,74 \text{ m/s}^2$, está acima dos dois valores iniciais.

A despeito de ter sido empregada a norma britânica para avaliação, que gera resultados diferentes, sobretudo em razão da ponderação em frequência, é interessante citar o trabalho desenvolvido por PALMER e col. (2000a), os quais produziram um levantamento de valores representativos das magnitudes de vibração no eixo z de veículos considerados relevantes para a exposição. No caso de ônibus, o valor médio encontrado foi de $0,6 \text{ m/s}^2$ (awz.).

No trabalho desenvolvido por FUTATSUKA e col. (1998), a média dos valores do vetor somatória da vibração foi de $0,77 \text{ m/s}^2$, abaixo do encontrado em nosso estudo, $0,97 \text{ m/s}^2$, considerando apenas os valores da aceleração e não o número de veículos e o tempo de utilização.

Possivelmente, a variável referente ao estado do pavimento, ou a qualidade das vias da cidade de São Paulo, contribuiu de modo significativo para a geração dos valores observados. Com efeito, a qualidade do pavimento exerce influência relevante no valor da aceleração da vibração, de acordo com BOULANGER e col. (1992). Estes pesquisadores avaliaram o ambiente vibratório em caminhões e constataram que, em trechos em mau estado de conservação, houve uma elevação nos valores de aceleração equivalente, da ordem de $1,0$ a $1,5 \text{ m/s}^2$.

A influência da característica do pavimento sobre os níveis da aceleração da vibração também é exposta em estudo conduzido por GRIFFIN (1978), pelo qual o autor analisou 16 veículos em 4 tipos de superfície, duas em mau estado de conservação e duas em boas condições. Como exemplo, um ônibus de pequeno porte apresentou níveis de aceleração no assento do motorista, na direção vertical (eixo - z), em torno de $0,90 \text{ m/s}^2$, enquanto que em pistas em bom estado, estes valores estiveram abaixo de $0,50 \text{ m/s}^2$.

Ademais, interessante destacar, que os procedimentos de manutenção dos pavimentos das vias públicas adotados no país são considerados obsoletos por BODI e BALBO (1998), os quais apontam a necessidade de implantação de um sistema de gerenciamento de pavimentos.

Naturalmente os fatores associados à suspensão do ônibus e do assento desempenharam também papéis importantes. O assento pode estar se comportando como um amplificador da vibração. Seria, portanto, necessário, uma avaliação de vibração complementar no piso do ônibus com o fim de determinar a transmisibilidade do assento.

Uma incoerência que emerge dos dados obtidos do procedimento de avaliação é ter encontrado o menor valor da aceleração de vibração no modelo de ônibus considerado como o mais antigo e o dotado do tipo impróprio de suspensão, que é o caso da suspensão semi-elíptica ou por feixe de molas (DONATI e col. 1993). Contraditoriamente, os modelos com suspensão pneumática apresentaram valores da somatória do vetor aceleração da vibração mais elevados. Cabe destacar que os trajetos realizados pelos modelos foram similares àqueles percorridos durante o cotidiano de trabalho. Possivelmente, deve haver uma manutenção imprópria deste tipo de suspensão, que geraria estes valores superiores aos encontrados no modelo com suspensão mais rígida.

A opção pela utilização de suspensões pneumáticas como meio de redução da transmissão de vibrações em lugar dos tipos fundamentados sobre molas, como a semi-elípticas, é ratificada por ÖZKAYA e col. (1997). Esta conclusão foi elaborada a partir de estudo comparativo entre estas categorias de suspensão empregadas em trens do metrô, encontrando valores de redução de até 31% nos veículos dotados de suspensão pneumática.

5.3 Meios de prevenção

Os princípios fundamentais de prevenção de agravos à saúde decorrentes da exposição à vibração de corpo inteiro nortearam-se pelo trabalho desenvolvido por DONATI e col. (1993) e por publicação de instituto governamental britânico na área de saúde e segurança (HSE 1996).

Inicialmente, da mesma forma como são confeccionadas as diretrizes essenciais para a redução de ruído, deve se ter a fonte como objetivo para intervir, com o propósito de reduzir os níveis de exposição. Desta forma, é conveniente a seleção do veículo em função do piso ou da tarefa que será executada, de aplicar manutenção e informar os operadores a respeito dos métodos de trabalho mais indicados. É importante a redução das irregularidades do pavimento sobre as quais se deslocam os veículos. Interessante salientar que esta medida envolve outros sujeitos na realidade de exposição à vibração de corpo inteiro do motorista, que é o poder público municipal responsável pela manutenção das vias públicas.

O assento deverá ser montado firmemente sobre uma superfície rígida. Deverá ser igualmente assegurado que o assento não apresente jogo excessivo.

Em um veículo, a transmissão das vibrações ao condutor pode ser reduzida por meio de elementos isolantes instalados em pontos distintos. A função dos pneus é a de filtrar as pequenas rugosidades do solo. Caso este processo não se realize, eles podem induzir movimentos de baixa frequência. Portanto, é interessante verificar se os pneus são os indicados para o tipo de veículo e se estão devidamente calibrados para a situação em que serão empregados.

Como descrito anteriormente, as suspensões do chassi semi-elípticas, consideradas obsoletas pela literatura consultada, estão sendo progressivamente substituídas pelas parabólicas ou pneumáticas, que oferecem uma redução mais eficiente da vibração.

Outro meio disponível para isolar e controlar as vibrações é a cabina suspensa. Somente as cabinas suspensas, denominadas de baixa frequência, são eficazes para reduzir as vibrações transmitidas ao condutor, devido ao rolamento.

O assento comporta-se como a última fase de suspensão que antecede o posto de trabalho do motorista. A maioria dos assentos suspensos é concebida de modo a assegurar um isolamento unicamente segundo o eixo vertical (z). Como visto na introdução deste trabalho, na prática, as medidas realizadas nos assentos de um grande número de veículos têm mostrado que, muito freqüentemente, eles amplificam as vibrações ao invés de reduzi-las. O assento deve se submeter a uma manutenção eficiente, sobretudo nos componentes de sua suspensão. A compatibilidade entre a suspensão e o peso do trabalhador deve ser valorizada, lembrando que há a disponibilidade de alguns assentos dotados de ajuste automático, em conformidade com o peso do motorista.

O estabelecimento de uma política de prevenção de agravos à saúde devido à exposição à VCI envolve os seguintes aspectos fundamentais, além dos princípios elencados anteriormente:

- Aquisição de veículos e máquinas que exponham os trabalhadores a níveis mais baixos de exposição, em consonância com os ditames da Diretiva Européia sobre máquinas (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, 1998);
- Indagar ao fabricante e ao fornecedor se os veículos foram testados em condições similares a do cotidiano dos trabalhadores;

- Buscar informações junto ao fabricante e ao fornecedor, os meios apropriados de manutenção para minimizar a exposição dos trabalhadores.

O método de aplicação desta política pode se inspirar nos conceitos do programa relatado por YAMADA e SAKAKIBARA (1998), que contempla os seguintes componentes essenciais: melhorias nos veículos; normalização, em particular sobre o tempo de operação; programa médico, envolvendo exame e terapia precoces e formação e educação de trabalhadores.

5.3.1 Contribuição da normalização:

A última versão da norma ISO-2631-1 (1997) contém diversos e complexos métodos para avaliação da vibração, de acordo com GRIFFIN (1998), que afirma também que é um documento difícil de ser resumido. A norma não faz mais referência ao limite de exposição, alegando que *“não existem dados suficientes para a definição de uma relação quantitativa entre exposição à vibração e risco à saúde. Portanto não é possível avaliar a vibração transmitida ao corpo em termos de probabilidade de risco para exposições de diversas magnitudes e durações”*.

GRIFFIN (1998) ainda acrescenta que o conteúdo da norma ISO-2631-1 (1997), que encerra procedimentos alternativos e complexos de avaliação, é incompatível ao atual estado de conhecimento sobre o tema. Esta possibilidade de aplicação dos procedimentos propostos pode gerar valores amplamente distintos de uma mesma realidade de trabalho. Além disso, o emprego de métodos de diagnóstico diferentes pode gerar desacordo se a exposição à vibração é aceitável ou não.

De modo bastante sucinto, a norma ISO-2631-1 (1997) define e fornece filtros de frequência para 4 principais efeitos da vibração:

degradação da saúde; prejuízo de atividades, como controle das mãos e visão; prejuízo no conforto e “mal do transporte” (cinetose).

Em referência aos eixos de vibração, a norma estabelece que os três eixos do sistema ortogonal de coordenadas devem ser avaliados, considerando três posições: sentada, em pé e deitada. No entanto, em seu conteúdo específico, como nas ponderações em frequência para os possíveis efeitos sobre a saúde, a abordagem restringe-se à posição sentada. A norma estimula que a vibração seja feita no eixo longitudinal (costas - peito) no espaldar, porém não considera posteriormente para a estimativa da gravidade da vibração.

Os fatores de 1,4 para os eixos x e y , na posição sentada, ainda permanecem, como na versão anterior. Para se estimar os efeitos à saúde, somente o valor de maior magnitude é considerado para ser confrontado com os valores de orientação contidos no anexo. A somatória vetorial é indicada na avaliação de conforto. Entretanto, uma nota na norma declara que se dois ou mais eixos apresentam magnitudes similares, pode-se utilizar a somatória vetorial, ou seja, considerando os três eixos.

A Norma Britânica (BS – 6841 1987), em vigor no Reino Unido, para GRIFFIN (1990a) é filosoficamente diferente, pois fornece uma metodologia completa e definida para medir e avaliar a vibração, levando em conta a resposta humana, diferentemente da linha seguida pela norma da ISO, a qual somente fornece limites para a vibração.

Resumidamente, as principais características da norma são as seguintes: é aplicável à vibração aleatória, estacionária e com choques repetidos , cobrindo a frequência de 0,5 a 80 Hz; define vias de quantificar a gravidade da exposição na faixa de frequências de 0,1-0,5 Hz, tendo como referência o “mal do transporte”; a dependência no tempo aplicada para se estimar os efeitos sobre a saúde utiliza o conceito de VDV [*Vibration dose*

value], que, segundo GRIFFIN (1990a), define uma dependência temporal simples para todas as durações até as 24 horas.

Na Diretiva da União Européia sobre Agentes Físicos (COUNCIL OF EUROPEAN UNION 1994), a grandeza utilizada é a aceleração equivalente ponderada correspondente para 8 horas, ou $A(8)$, a qual é calculada segundo a soma vetorial (raiz quadrada da soma dos quadrados) dos valores $1,4a^2_{wx}$, $1,4a^2_{wy}$, a^2_{wz} , que são as acelerações quadráticas médias ponderadas em frequência registradas ao longo dos eixos ortogonais x, y e z, como indicado pela norma ISO-2631-1 (1985). A diretiva permite que sejam desprezados componentes axiais inferiores a 60% da componente axial dominante.

A proposta de diretiva prescreve os seguintes valores:

- Nível de limiar - $A(8) = 0,25 \text{ m/s}^2$, para o qual deve tender a atuação da diretiva;
- Nível de ação - $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$, a partir do qual devem ser tomadas ações de redução de risco;
- Nível limite - $A(8) = 0,7 \text{ m/s}^2$, cuja superação é vedada e deve ser prevenida;
- Risco Relevante - $A(8) = 1,25 \text{ m/s}^2$, classificada como fonte de risco grave e sua notificação é compulsória à autoridade.

A superação do limite de ação prevê a determinação das seguintes medidas de tutela: informação dos trabalhadores que poderiam ser expostos a tal nível; formação para a aplicação de medidas de tutela em conformidade com a diretiva; dados sobre vibração produzida pelo equipamento de trabalho que poderia provocar uma exposição durante o período de referência de 8 h; programa de organização técnica e/ou de trabalho com as medidas destinadas a reduzir a exposição e vigilância com exames de rotina.

Na Diretiva europeia sobre máquinas (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK 1998) há uma referência genérica, mas importante, sobre a exposição à vibração, que abrange tanto a do tipo localizada como a de corpo inteiro. Em seu parágrafo 1.5.9 há a seguinte declaração: *“A máquina deve ser projetada e construída de tal modo que os riscos resultantes das vibrações por ela produzidas sejam reduzidos ao nível mais baixo, levando em conta o progresso técnico e a disponibilidade de meios para reduzi-lo, em particular na fonte.”*

5.4 Aspectos sobre a avaliação audiológica:

Na população de motoristas analisada neste estudo transversal foi registrada uma taxa de prevalência de PAIR de 35%, sendo que no grupo classificado como exposto, a taxa de prevalência encontrada foi de 46%, enquanto que no de referência de 24% . É justo salientar que a maior parte dos casos de PAIR ou de traçado sugestivo de, se inseriu na classificação de grau um, considerada perda leve.

A comparação com outros estudos que abordaram as repercussões do ruído à audição de motoristas torna-se difícil, sobretudo tratando-se de pesquisas internacionais, uma vez que há uma diversidade de classificações de perda auditiva induzida por ruído em uso.

No levantamento bibliográfico deste trabalho foram encontradas informações bastante divergentes.

Uma prevalência considerada excessivamente elevada de 89% foi documentada em pesquisa conduzida por PATWARDHAN e col. (1991), os quais não empregaram o mesmo critério de classificação adotado neste trabalho

Por sua vez AHUMADA e col. (1991), investigando as condições de trabalho de motoristas da Cidade do México, registraram uma taxa de prevalência de PAIR de 17%.

Com a pesquisa empreendida por CORDEIRO e col. (1994), há a possibilidade de se fazer uma comparação ilustrativa, uma vez que foi empregado o mesmo critério de classificação de perda auditiva. Deve ser somente ressaltado que a população do estudo também compreendia além dos motoristas, os cobradores do ônibus. A taxa de prevalência de PAIR encontrada foi de 45,2%.

Do mesmo modo há a possibilidade de cotejar os resultados encontrados nesta pesquisa com o trabalho conduzido por MARQUES (1998), que adotando igual critério de classificação, o de MERLUZZI e col. (1979), encontrou uma taxa de prevalência de curvas audiométricas sugestivas de PAIR de 55,4%.

A despeito da facilidade de aplicação deste critério proposto por MERLUZZI e col. (1979), classificado como de análise visual, LÔBO e COSTA (1997) tecem críticas bastante pertinentes sobre os seus limites. Conforme os autores, os critérios fundamentados sobre classificações visuais podem superestimar alterações de limiar pouco expressivas quando há uma modificação de grau ou ainda, há a possibilidade de subestimar alterações verdadeiramente importantes, contudo permanecendo no mesmo grau.

De todo modo, analisando o critério construído por MERLUZZI e col. (1979) através de parecer definido pelo NIOSH (1998), ele pode ser classificado como aceitável, pois é capaz de identificar prontamente um trabalhador com alteração de limiar na maioria das frequências mais importantes, bem como de identificar um número relativamente alto de casos de PAIR.

5.5 Discussões finais:

A rigor, este trabalho de pesquisa observacional não demonstrou existir associação entre exposição à vibração de corpo inteiro e perda auditiva induzida por ruído. Também não se constatou associação da exposição combinada à vibração e ao ruído sobre a audição dos motoristas.

No primeiro modelo apresentado nos resultados, estabelecido através do procedimento de regressão logística, considerado o mais ajustado, três variáveis apresentaram uma associação estatisticamente significativa para PAIR: idade ($p < 0,05$), nível de imissão de ruído ($p < 0,05$) e histórico de diabetes ($p < 0,05$).

A variável que definia os grupos de exposição, fundamentada no tempo de trabalho na empresa, perdeu sua significância, e em razão do critério adotado, foi excluída do modelo multivariado. Teve o mesmo comportamento, a variável correspondente à dose de exposição à vibração de corpo inteiro, demonstrando não ser significativa no modelo final ajustado.

Desse modo foi encontrada associação entre as três variáveis explanatórias significantes descritas acima. A presença da variável correspondente à idade não surpreende, uma vez que ela é considerada significativa para o desencadeamento da PAIR. Também é julgada com naturalidade a participação da variável correspondente ao nível de imissão de ruído (E_A), pois é reconhecida epidemiologicamente como causa de PAIR (PHANEUF R e HÉTU R 1990; MORIOKA I e col. 1997; HUMES 1984).

A associação entre histórico de diabetes e PAIR, apontada neste estudo, foi também destacada em pesquisa desenvolvida por ISHII e col. (1992), cujos resultados evidenciaram as mesmas três variáveis destacadas

por esta pesquisa. Assim, estes achados indicam que um motorista com histórico de diabetes apresenta uma maior probabilidade de PAIR, comparando-se com aquele isento de histórico, como pôde ser observado nos resultados do primeiro modelo.

Cabe discutir a inserção dos outros dois modelos, nos quais a variável referente à dose de vibração está presente.

No segundo modelo, tratando a variável dose de vibração (DOSE) como contínua, verificou-se, por meio do procedimento progressivo de inclusão de variáveis, que quando inserida ela apresenta significância, uma vez que $p < 0,20$. No entanto, no modelo final sua significância se debilita, revelando que pouco contribui para o modelo final. As outras variáveis deste modelo são as mesmas incluídas no modelo anterior: idade ($p < 0,05$), nível de imissão de ruído ($p < 0,10$) e diabetes ($p < 0,10$). As interações testadas entre idade, dose de vibração, nível de imissão de ruído não geraram resultados de interesse.

A inclusão deste modelo se justifica pois ficou demonstrada uma sugestão de associação da variável dose de vibração com a ocorrência de PAIR.

Já no terceiro e último modelo, com a exclusão dos motoristas com tempo de empresa superior ou igual a 15 anos, resultando em uma população de 131 motoristas, foram constatados achados interessantes. As quatro variáveis, idade, nível de imissão de ruído, dose de vibração e histórico de diabetes foram classificadas como significantes. Nas três primeiras, o valor de p foi inferior a 0,05, enquanto para diabetes, esteve abaixo de 0,10. Estes resultados atingidos com esta exclusão podem ser explicados pela ocorrência de um viés de seleção chamado de “viés do sobrevivente”, que acomete estudos de prevalência. Isto significa que no estrato de motoristas com tempo de empresa superior a 15 anos seria

composto por aqueles que resistiram às condições de trabalho de condução de ônibus na cidade de São Paulo. Contudo deve ser assinalado, que ainda resta uma contradição importante nos resultados, pois no estrato do nível de imissão de ruído superior a 90,7 dB(A), o valor da Razão de Chances, inferior à unidade, indicou proteção. Neste caso, ainda persistiria o viés do sobrevivente para este estrato.

Nos três modelos discutidos, sendo o primeiro o que apresentou uma significância estatística importante, o tempo de empresa não foi considerado na modelagem, uma vez que apresentava uma correlação bastante intensa com a variável referente à dose de vibração. Logo, não foi possível estimar os efeitos independentes entre tempo de empresa e dose de vibração, em razão do apresentado. Com efeito, a fórmula para o cálculo da dose de vibração encerra em seu bojo, o tempo de empresa.

Diante destes últimos resultados, é bastante pertinente a apreciação de outros vieses comuns aos estudos transversais, a partir da leitura das obras de CHECKOWAY e col. (1989) e de KELSEY e col. (1986).

De acordo com a literatura consultada, as duas principais limitações para estudos seccionais referem-se à associação temporal da exposição e doença e à medição da prevalência e não incidência.

O primeiro viés, que se reporta à fragilidade de evidência para causalidade, porque não se pode assegurar que a exposição precedeu a doença, possivelmente não exerce grande influência neste estudo, na medida em que se buscou recuperar o histórico de exposição dos motoristas. De fato, há limitações na recuperação destes dados, já que se tratou de uma estimativa, partindo do pressuposto que os níveis de vibração e de ruído permaneceram relativamente estáveis no tempo.

O segundo viés de mais acentuada importância, que acomete estudos transversais, associado à medição preferencial da prevalência do que a incidência, também teve a seu poder reduzido neste estudo, por ser o agravo estudado, a PAIR, persistente, ou seja, irreversível e não é fatal.

No entanto, o viés que exerceu uma forte influência neste estudo foi o da seleção, ou do sobrevivente que atingiu os dois últimos modelos apresentados. BERNARD e FINE (2001) discutem com profundidade esta questão em uma monografia substancial produzida pelo NIOSH que se dedicou a analisar os estudos epidemiológicos sobre os fatores de risco responsáveis pelo desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. A proeminência deste viés na pesquisa ancora-se na 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.

Outro tipo de viés que merece ser adicionado aos elencados acima reporta-se ao da informação, já que a estimativa da exposição ao ruído e à vibração de corpo inteiro baseou-se em informações advindas do questionário aplicados aos motoristas.

A despeito de não ter sido constatada a associação entre exposição à vibração de corpo inteiro e ao ruído no desencadeamento da PAIR, os outros modelos apresentados sugerem esta associação. Em virtude disto, julga-se procedente a condução de estudos posteriores, abordando exposições combinadas, que trabalhem sobre a hipótese de associação. Sugestões provenientes da literatura consultada, recomendam a seleção de populações com exposições bem definidas em relação aos dois fatores, ou seja, vibração com pouco ruído, a mesma vibração com mais ruído, mas não ao nível de risco e uma exposição mais elevada ao ruído mas sem presença da vibração (LAWTON e ROBINSON 1989). Um estudo que use como método a exploração de gradientes de níveis de exposição ao ruído e à

vibração de corpo inteiro consiste em outro norteamento para estudos complementares (HUMES, 1984).

Futuras pesquisas sobre o tema devem tentar superar os limites expostos, provocados notadamente pelos vieses de seleção, o que desempenhou maior força, e de informação. Para contornar o primeiro viés seria conveniente que a população do estudo não fosse constituída somente por motoristas na ativa, como mencionado anteriormente. Entretanto esta alternativa, classificada como ideal, esbarra em questões práticas. CHECKOWAY e col. (1989) sugerem a opção mais viável de incluir todos os trabalhadores da empresa na ativa.

A constituição da população nesta pesquisa foi estruturada e influenciada pelos ditames das circunstâncias e das possibilidades existentes em um serviço de saúde, em determinada realidade. Oportuno frisar o argumento lúcido de ROTHMAN (1986), que na determinação do tamanho da população, há outras variáveis que não cabem em uma equação matemática.

O viés correspondente à informação poderia ser contornado por meio de obtenção de registros consistentes sobre o histórico do motorista na empresa, contendo informações sobre avaliações periódicas da exposição à VCI e ao ruído. Contudo, esta é uma situação ainda bastante distante da nossa realidade do mundo do trabalho.

A busca por um grupo de referência que esteja somente exposto a níveis de ruído similares aos dos motoristas e não à VCI representa ainda uma estratégia que não deve ser desprezada.

6 CONCLUSÃO

Os níveis de exposição ao ruído encontrados, correspondentes a uma jornada de oito horas, não são de muito relevo, pois são inferiores ao critério definido de 85 dB(A) para uma jornada diária de 8 h.

No tocante ao segundo grupo de modelo de ônibus, com motor na seção traseira, estimou-se que não existe nem mesmo a possibilidade de superar o nível de ação de 82 dB(A). O maior risco de PAIR foi identificado para os motoristas que operam os ônibus com motor na seção dianteira..

A comparação das médias dos níveis equivalentes ponderados na escala (L_{Aeq}) entre os dois grupos de veículos demonstrou que, do ponto de vista de exposição ao ruído, o uso de veículos com motor localizado na seção traseira é uma opção racional, uma vez que apresenta um valor significativamente inferior ao veículo com motor dianteiro, visando assim a valorização da prevenção da PAIR.

A taxa de prevalência de PAIR, ou de traçados audiométricos sugestivos de PAIR, na população estudada, foi de 35%. Para o grupo definido como exposto, a prevalência foi de 46% e para o grupo de referência, de 24%. A diferença entre as duas taxas é estatisticamente significativa ($p < 0,001$).

Os dados obtidos, tanto resultantes da avaliação ambiental como da audiológica, apontam para a necessidade de implantação de um programa de conservação auditiva.

No tocante à exposição à vibração de corpo inteiro, os valores das somatórias vetoriais de aceleração, para todos os modelos de ônibus utilizados pela empresa, superaram os limites de exposição para uma jornada de 8 h preconizados pela ISO-2631 (1985). Assinala-se ainda que os

valores registrados podem ser classificados como elevados, comparando-os com outros exemplos de avaliação de outros veículos, sabidamente mais importantes do ponto de vista da vibração, encontrados na literatura.

Medidas de prevenção, que objetivem a proteção dos motoristas, 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 uma reestruturação da característica do pavimento das ruas, que no caso envolveria outros personagens, como o poder público municipal.

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, com $p < 0,05$: idade, nível de imissão de ruído e histórico de diabetes.

Esta pesquisa não-experimental ou observacional demonstrou que a variável correspondente à dose de vibração não apresentou significância. Em outras palavras, não ficou evidenciada 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.

Dois outros modelos foram explorados pela regressão logística, por sugerirem associação significativa da variável referente à exposição à vibração de corpo inteiro. No segundo modelo, trabalhando a variável atinente à dose de VCI como contínua e mantendo categóricas as variáveis idade e nível de imissão sonora, mas alterando os pontos de corte, constatou-se que a primeira variável contribuiu pouco para o modelo final. Já no terceiro modelo selecionado para a discussão, com a exclusão dos motoristas com tempo de empresa acumulado superior ou igual a 15 anos, a

variável dose de vibração revelou uma associação significativa, juntamente com as variáveis idade, nível de emissão de ruído e histórico de diabetes.

Neste último modelo foi constatado um paradoxo, uma vez que o estrato da variável nível de emissão de ruído, E_A superior ou igual a 90,8 dB(A) aparece como proteção. Tal incoerência deve-se provavelmente a um viés de seleção, denominado viés do sobrevivente, comum em estudos de prevalência. Deve ser lembrado que somente os motoristas na ativa participaram deste estudo.

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

Efeitos à saúde produzidos por exposições combinadas entre vibração de corpo inteiro e ruído têm sido investigadas sobretudo em estudos experimentais, cujo efeito analisado tem sido a mudança temporária de limiar (MTL). Esta pesquisa, ao contrário, teve a peculiaridade de ser não-experimental ou observacional e analisar, como efeito, a mudança permanente de limiar (MPL), representada pela PAIR. Apesar de não constatar importância na associação da vibração com a ocorrência de PAIR, outros modelos apresentados encorajam o empreendimento de estudos posteriores, adotando metodologias alternativas e que permitam superar os limites aqui apresentados e discutidos.

Nesta perspectiva, é essencial persistir nesta exploração para subsidiar no deslindamento da complexidade de riscos aos quais estão expostos os motoristas de ônibus urbano de uma grande cidade, com o fim de contribuir na busca de dignidade em uma realidade de trabalho tão penosa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahumada T, Ramirez FL. Health status of urban passenger transportation conductors in Mexico City. **Bol Ofic Sanit. Panam** 1991; 111(4): 324-332.
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists **Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices**. ACGIH. Cincinnati, OH; 1995-1996.
3. American National Standard Institute. **ANSI S3.6: Specifications for Audiometers**. New York; 1969.
4. Barone JA, Peters MJ, Garabrant DH, Bernstein L, Krebsbach R.. Smoking as a risk factor in noise-induced hearing loss. **J Occup Med** 1987; 29(9):741-45.
5. Behar A, Plener R. Noise exposure – sampling strategy and risk assessment. **Am Ind Hyg Assoc J** 1984; 45(2): 105-109.
6. Belkic K, Savic C, Theorell T, Rakic L, Ercegovic D, Djordjevic M. Mechanisms of cardiac risk among profesional drivers. **Scand J Work Environ Health** 1994; 20:73-86.
7. Benedetto G, Chiatella A, Lovisolo D, Maringelli M, Merluzzi F, Spagnolo R **Rumore e vibrazioni in ambiente di lavoro – manuale di prevenzione**. Torino: Italgrafica; 1986.
8. 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].
9. Bodi J, Balbo JT. Modelos para priorização de serviços de manutenção de pavimentos urbanos. In: **Anais da 31.ª Reunião Anual de Pavimentação**; 1998 out 20-30; São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação; 1998, v 2, p. 794-814.

10. Boileau PE, Scory H. Les lombalgies chez les conducteurs de débusqueuses: étude des vibrations appliquées au corps entier dans les chantiers forestiers du Québec. **Arch Mal Prof** 1988; 49(5): 305-314.
11. Bongers PM, Boshuizen HC, Hulshof CT, Koemeester AP. Back disorders in crane operators exposed to whole-body vibration. **Int Arch Occup Environ Health** 1988a; 60:129-137.
12. Bongers PM, Boshuizen HC, Hulshof CTJ, Koemeester AP. Long-term sickness absence due to back disorders in crane operators exposed to whole-body vibration. **Int Arch. Occup Environ Health** 1988b; 61:59-64.
13. Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CTJ. Back disorders and occupational exposure to whole-body vibration. **Int J Ind Ergonomics** 1990a; 6: 55-59.
14. Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CTJ. Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. **Int Arch Occup Environ Health** 1990b; 62: 109-115.
15. Boulanger P, Donati P, Galmiche JP. L'environnement vibratoire au poste de conduite des camions. **Cah Notes Doc** 1992; 146:35-42.
16. Bovenzi M, Betta A. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. **Appl ergonomics** 1994; 25(4): 231-241.
17. Bovenzi M, Zadini A. Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. **Spine** 1992; 17(6): 1048-1059.
18. Bovenzi M. Effetti acuti delle vibrazioni trasmesse a tutto il corpo. In: **Convegno Nazionale - Rumore e Vibrazioni: valutazione, prevenzione, bonifica**. 20-21 novembre – Bologna. 22-24 novembre – Modena; 1990. pp 49-67.
19. Brendstrup T, Biering-Sørensen F. Effect of fork-lift truck driving on low-back trouble. **Scand J Work Environ Health** 1987; 13:445-452.
20. British Standard Institution. **BS 6841: Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock**. London; 1987.

21. Britto, R. Motorista de ônibus – atuação profissional.. In: **Anais do 14.º Congresso Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho**; 1975, Rio de Janeiro, Brasil. São Paulo, Ed. Artes e Texto; 1975. p. 1076-109.
22. Brunn IO, Campbell JS, Hutzler RL. Evaluation of occupational exposures: a proposed sampling method. **Am Ind Hyg Assoc J**. 1986; 47(4):229-35.
23. Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence of risks factors for back disorders. **Scand J Work Environ Health** 1997; 23: 243-256.
24. Burdorf A, Swuste P. The effect of seat suspension on exposure to whole-body vibration of professional drivers. **Ann Occup Hyg** 1993; 37(1): 45-55.
25. Burton AK, Sandover J. Back pain in Grand Prix drivers: a "found" experiment. 1987; **Appl Ergonomics**, 18:3-8.
26. Buschinelli JT, Moro G. Avaliação epidemiológica de sintomatologia gástrica e lombalgias em expostos a vibrações de baixa frequência (corpo inteiro). **Rev Bras Saúde Ocup** 1985; 51(13):37-9.
27. Calvino I. **Palomar**. São Paulo: Companhia das letras; 1994.
28. Campana CI. **Contribuição para o estudo de alguns dos riscos a que está submetida uma classe de motoristas profissionais**. Ribeirão Preto, 1973. [Tese de Doutorado - Faculdade de Farmácia e Odontologia].
29. Carrère S, Evans GW, Palsane MN, Rivas M. Job strain and occupational stress among urban public transit operators. **J Occup Psychol** 1991; 64:305-16.
30. Center for Disease Control & Prevention, World Health Organization. **Epi Info 6: A word processing, database and statistics program for public health**. [programa de computador]. Atlanta, Geneva. CDC/WHO; 1997.
31. Chaudron B, Knab A, Bortolameolli C, Dussausoy P, Lerner M. Le conducteur receveur d'autobus en milieu urbain région parisienne. **Cah Med Interprof** 1997; 4:459-72.
32. Checkoway H, Pearce N, Crawford-Brown D. **Research methods in occupational epidemiology**. New York. Oxford University Press. 1989.

33. Cluff GL. Is the five dB doubling rule na accurate basis for noise limits?
Occup health Safety 1984; 4:45-61.
34. Cocheo V, Valsecchi M, Peretti A, Coato F. Chariots de manutention –
pollution chimique, bruit et vibrations. **Cah Notes Doc** 1984; 115:159-
168.
35. Comité Européen de Normalisation. **CEN report – CEN/TC 231 WI 27.
Mechanical Vibration – Guide to the health effects of vibration on the
human body**, 1996.
36. Comunidade Econômica Européia. **Council Directive 86/188/EEC of 12
May 1986 on the protection of workers related to exposure to noise
at work**, Official Journal n° L 137 of 24.05.1986, p. 28-37; 1986. Available
from http://europa.eu.int/eur-lex/en/lif/dat/1986/en_386L0188.html. [2001 Fev 20]
37. Comunidade Econômica Européia. **Council Directive 86/188/EEC of 12
May 1986 on the protection of workers related to exposure to noise
at work**. Official Journal n.º L 137 of 24.05.1986, p. 28-37; 1986.
Available from http://europe.eu.int/eur-lex/en/lif/dat/1986/en_386L0188.html [2001 Jun 12].
38. Conselho Nacional de Saúde. Resolução N.º 196, de 10 de Outubro de
1996: Regulamenta pesquisas envolvendo seres humanos.
39. 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 Públi** 1994; 10(2): 210-221.
40. Council of the European Union (1994) Amended proposal for a council
directive on the minimum health and safety requirements regarding the
exposure of workers to the risks arising from physical agents – individual
directive in relation to Article 16 of the Directive 89/391/EEC. **Off J Eur
Communities** 94/C 230 03:C 230/3-29.
41. Cowan JP. **Handbook of environmental acoustics**. New York: Van
Nostrand Reinhold; 1994.

42. Crépeau G. Noise of transportation travelers. In: May DN, editor. **Handbook of noise assessment**. New York: Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series; 1978. P. 140-69.
43. Cruickshanks KJ, Klein R, Klein BE, Wiley TL, Nondahl DM, Tweed TS. Cigarette smoking and hearing loss: the epidemiology of hearing loss study. **JAMA** 1998; 279(21):1715-1719.
44. Crutchfield CD, Sparks CST. Effects of noise and vibration on farm workers. **Occup med: state art rev** 1991; 6(3): 355-369.
45. Damongeot A , Kusy A. Pertinence de l'échantillonnage "en aveugle" pour l'estimation des niveaux sonores en entreprises. **Cah Notes Doc** 1990; 139(2): 347-61.
46. Danière P, Boulanger, Donati P, Galmiche JP. Environnement acoustique et vibratoire aux postes de conduite des chariots élévateurs; **Cah Notes Doc** 1992; 148: 345-358.
47. Donati P, Boulanger P, Galmiche JP. Confort vibratoire dans les véhicules industriels et les engins de chantier. **Trav Sécurité** 1993; 92:150-58.
48. Duffy CA, McGoldrick AE. Stress and the bus driver in the UK transport industry. **Work and Stress** 1990; 4(1):17-27.
49. Dupuis H, Zerlett G. Whole-body vibration and disorders of the spine. **Int Arch Environ Health** 1987; 59: 323-336.
50. European Agency for Safety and Health at Work. Council Directive 86/188/EEC of 12 May 1986 on the protection of workers related to exposure to noise at work, **Official Journal** n° L 137 of 24.05.1986, p. 28.
51. European Agency for Safety And Health at Work. Machines, products and Apparatus. 1.2. Machines Directive - Directive 98/37/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998 on the approximation of the laws of the Member States relating to machinery, **Official Journal** L 207 , 23 Jul 1998 p. 0001-0046; 1998, Available from <<http://europe.osha.eu.int/legislation/directives/b1.php3>>. [2001 Jan 11].

52. Evans GW, Carrère S. Traffic congestion, perceived control, and psychophysiological stress among bus drivers. **J Appl Psychol** 1991; 76(5):658-63.
53. Evans GW, Working on the hot seat. **Accid Anal and Prev** 1994; 26(2): 181-93.
54. Fairley TE. Predicting the discomfort caused by tractor vibration. **Ergonomics** 1995; 38(10): 2091-2106.
55. Fernandes JC. **Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas e seus efeitos sobre o operador**. Botucatu, 1991. [Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP].
56. Fonseca JC, Nicótera FN, Gronchi CC, Pastorello NA, Alves LC. **Avaliação da exposição ao ruído dos motoristas e cobradores de ônibus urbanos de São Paulo**. São Paulo; 1993. (Fundacentro).
57. Fundacentro. **Norma para avaliação de exposição ocupacional ao ruído, NHO-01**. São Paulo, 1999.
58. Futatsuka M, Maeda S, Inaoka T, Nagano M, Shono M, Miyakita T. Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. **Ind Health** 1998; 36:123-32.
59. Gerges SNY. **Ruído: Fundamentos e controle**. Florianópolis: S.N.Y. Gerges; 1992.
60. Griffin MJ. **Handbook of human vibration**. London: Academic Press; 1990a.
61. Griffin MJ. Measurement and evaluation of whole-body vibration at work. **Int J Ind Ergonomics** 1990b; 6: 45-54.
62. Griffin MJ. Predicting the hazards of whole-body vibration – considerations of a standard. **Ind Health** 1998; 36:83-91.
63. Griffin MJ. The evaluation of vehicle vibration and seats. **Appl Ergonomics** 1978; 9:15-21.
64. Hamernik RP, Ahroon WA, Davis RI. Noise and vibration interactions: effects on hearing. **J Acoust Soc Am** 1989; 86(6):2129-2137.

65. Hamernik RP, Henderson D, Coling D, Salvi R. Influence of vibration on asymptotic threshold shift produced by ompulse noise. **Audiol** 1981; 20:259-69.
66. Hedlund U. Raynaud's phenomenon of fingers and toes of miners exposed to local and whole-body vibration and cold. **Int Arch. Occup Environ Health** 1989; 61: 457-461.
67. Helmkamp JC, Talbott EO, Marsh GM. Whole-body vibration – a critical review. **Am Ind Hyg Assoc J** 1984; 45(3):162-167.
68. Hosmer DW, Lemeshow S. **Applied logistic Regression**. New York, John Wiley & Sons, 1989.
69. HSE – Health & Safety Executive. In the driving seat [Leaflet on line]. 1996; Available from: <http://www.open.gov.uk/hse/pubns/indg242.htm> [1999 Feb 09]
70. Hulshof C, Van Zanten V. Whole-body vibration and low-back pain. **Int Arch Occup Environ Health** 1987; 59: 205-220.
71. Humes LE. Noise-induced hearing loss as influenced by other agents and by some physical characteristics of the individual. **J Acoust Soc Am** 1984; 76(5): 1318-1329.
72. International Electrotechnical Commission. **IEC 804: Integrating sound level meters**. Geneva; 1985.
73. International Labour Organisation. **C153 Hours of work and rest periods (road transport) convention, 1979**. [Convention on line]. Geneva: International Labour Organisation; 1979. Available from <URL:<http://www.ilolex.ch>> [2001 Mar 10].
74. 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.
75. International Organisation for Standardization. **ISO-2631-1: Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements**. Geneva; 1997.

76. International Organisation for Standardization. **ISO-389: Acoustic standard reference zero for the calibration of pure tone audiometers.** Geneva; 1975.
77. International Organization for Standardization. **ISO-1999: Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.** Geneva; 1990.
78. Ishii EK, Talbott EO, Findlay RC, D'Antonio JÁ, Kuller LH. Is NIDDM a risk factor for noise-induced hearing loss in na occupationally noise exposed cohort? **Sci Total Environ** 1992; 127: 155-65.
79. Jackson RA, Behar A. Noise exposure – sample size and confidence limit calculation. **Am Ind Hyg Assoc J** 1985; 46(7): 387-90.
80. Jauhiainen T, Kohonen A, Tarkkanen J, Kaimio M. The effect of whole-body vibration on the cochlea. **Laryngos** 1969; 79:1950-55.
81. Johanning E, Wilder DG, Landrigan PJ, Pope M. Whole-body vibration exposure in subway cars and review of adverse health effects. **J Occup Medicine** 1991a; 33(5): 605-612.
82. Johanning E. Back disorders and health problems among subway train operators exposed to whole-body vibration. **Scand J Work Environ Health** 1991b; 17: 414-419.
83. Kaimio M, Jauhiainen T, Kohonen A, Tarkkanen J. Whole – body infrasonic vibration effects on the cochlea. **Environ Res** 1970 1970; 425-29.
84. Kelsey J, Hardy RJ. Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. **Am J Epidemiol** 1975; 102(1): 63-73.
85. Kelsey JL, Thompson WD, Evans AS. **Methods in observational epidemiology.** New York: Oxford University Press; 1986
86. Kirby RH, Coates GD, Mikulka PJ, Winne PS, Cempsey TK, Leatherwood JD. Effect of whole-body vibration in combined axes and with noise on subjective evaluation of ride quality. **Am Ind Hyg Assoc J** 1977; 38(3):125-133.

87. Kleinbaum DG, Kupper LL, Morgenstern H. **Epidemiologic research - principles and quantitative methods**. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 1982.
88. Köhl U. Les dangers encourus par les conducteurs de tracteurs – une enquête dans le canton de Vaud. **Arch Malad Prof Méd Trav Séc Sociale** 1975; 36(3): 145-162.
89. Kompier MAJ. **Bus drivers: occupational stress and stress prevention**. Geneva; 1996. (ILO – working paper CONDI/TWP.2)
90. Kühlmann TM. Coping with occupational stress among urban bus and tram drivers. **J Occup Psychol** 1990; 63:89-96.
91. Landström U, Kjellberg A, Lundström R. Combined effects of exposure to noise and whole-body vibration in dumpers, helicopters and railway engines. **J low frequency noise vib** 1993; 12(3): 75-85.
92. Lawton BW, Robinson DW. **The effects upon hearing of noise in combination with other agents: a critical review of the literature**. Southampton; 1989. (The Institute of Sound and Vibration Research – University of Southampton – HSE Contract Research Report N.º 14/1989).
93. Leidel NA, Busch KA, Lynch JR. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati, 1977. (National Institute for Occupational Safety and Health - Publication n.º 77-173).
94. Lewis CH, Griffin MJ. A comparison of evaluations and assessments obtained using alternative standards for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. **J Sound Vibration** 1998; 215(4):915-26.
95. Lôbo R, da Costa EA. Classificação das perdas auditivas induzidas por ruído. In: Nudelmann AA et al., organizadores. **PAIR -- Perda auditiva induzida por ruído**. Porto Alegre: Bagagem Comunicação; 1997. p. 209-21.
96. Malchaire J, Piette A. Relation between vibration levels and perceptive and appreciative judgements of overhead crane operators. **Ann Occup Hyg**. 1991; 35(6):613-618.

97. 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.
98. Manninen O. Changes in hearing, cardiovascular functions, haemodynamics, upright body sway, urinary catecholamines and their correlates after prolonged successive exposures to complex environmental conditions. **Int Arch Occup Environ Health** 1988; 60: 249-272.
99. Manninen O. Further studies on changes in subjective stressfulness under various combinations of noise, vibration, temperature and work tasks. **Arch Complex Environ Studies** 1990; 2(2):31-39.
100. Manninen O. Simultaneous effects of sinusoidal whole-body vibration and broadband noise on TTS₂'s and R-wave amplitudes in men at two different dry bulb temperatures. **Int Arch. Occup Environ Health** 1983a; 51: 289-297.
101. 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** 1983b; 51: 273-288.
102. Marques SR. **Os efeitos do ruído em motoristas de ônibus urbano no município de São Paulo**. São Paulo; 1998. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Fonoaudiologia da PUC-SP].
103. 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(4):695-712.
104. Morata TC, Dunn DE, Kretschmer LW, Lemasters GK, Keith RW. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing. **Scand J Work Environ Health** 1993; 19: 245-54.
105. Morioka I, MiYashita K, Takeda S. Noise-induced hearing loss in working environment and its background. **J Occup Health** 1997; 39:5-17.
106. Moura C, Cardoso MRA. Urban noise measurements in the city of São Paulo, Brazil: an important problem of public health. In: **NOPHER 2001 - An International Symposium on Noise Pollution & Health** -

- Programme & Abstract Book**; 2001 Abril 6-8; Cambridge, UK. London: University College London; 2001. p. 73.
107. MULTLR. A microcomputer program for multiple regression by conditional and unconditional maximum likelihood methods. **Am J Epidemiol** 1989; 129: 439-44.
 108. **National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a Recommended Standard - Occupational Noise Exposure – Revised Criteria. Cincinnati (OH); 1998. (DHHS-NIOSH Publication No. 98-126)**
 109. National Institute for Working Life – Technical Risk Factors - Whole-body vibration database Available from <URL:<http://umetech.niwl.se/Vibration/WBVHome.html>>. [2001 Jan 07].
 110. NF S 31-084 – Acoustique. Méthode de mesurage des niveaux sonores en milieu de travail en vue de l'évaluation du niveau quotidienne des travailleurs. Paris – La Défense, AFNOR, avril 1985.
 111. Okada A, Myake H, Yamamura K, Minami M. Temporary hearing loss induced by noise and vibration. **J Acoust Soc Am** 1971; 51(4):1240-48.
 112. Özkaya N, Goldsheyder D, Willems B. Effect of subway car design on vibration exposure. **Int J Ind Ergonomics** 1997; 19:377-85.
 113. Özkaya N, Goldsheyder D, Willems B.. Effect of operator seat design on vibration exposure. **Am Ind Hyg Assoc J** 1996; 57:837-842,.
 114. Palmer KT, Griffin MJ, Bendall H, Pannett B, Coggon D. Prevalence and pattern of occupational exposure to whole-body vibration in Great Britain: findings from a national survey. **Occup Environ Med** 2000a; 57:229-36.
 115. Patwardhan MS, Kolate MM, More TA. To assess effect of noise on hearing ability of bus drivers by audiometry. **Indian J Physiol Pharmacol**. 1991; 35(1): 35-38.
 116. Pearson JD, Morrell CH, Gordon-Salant S, Brant LJ, Metter EJ, Klein LL, Fozard JL. Gender differences in a longitudinal study of age-associated hearing loss. **J Acoust Soc Am** 1995; 97(2): 1196-1205.

117. Pelmeur P. Noise and vibration. In: McDonald, C. **Epidemiology of work related diseases**. London: BMJ Publishing Group; 1995. p. 185-205.
118. Phaneuf R, Hétié R. An epidemiological perspective of the causes of hearing loss among industrial workers. **J. Otolaryngology** 1990; 19:31-40.
119. Piette A, Malchaire J. Exposition aux vibrations dans les ponts roulants. **Cah Notes Doc** 1992; 149: 497-504.
120. Ragland DR, Winkleby MA, Schwalbe J, Holman BL, Morse L, Syme SL, Fisher JM. Prevalence of hypertension in bus drivers. **Int J Epidemiol** 1987; 16(2):208-14.
121. Robin P. Trator agrícola e vibrações. **Rev Bras Saúde Ocup** 1987; 59(15): 44-50.
122. Rosengren A, Anderson K, Wilhelmsen L. Risk of coronary heart disease in middle-aged male bus and tram drivers compared to men in other occupations; a prospective study. **Int J Epidemiol** 1991; 20(1):82-87.
123. Rothman KJ. **Modern epidemiology**. Boston/Toronto: Little, Brown and company; 1986.
124. Santana VS, Barberino JL. Exposição ocupacional ao ruído e hipertensão arterial. **Rev Saúde Pública** 1995; 29(6):478-87.
125. Santos Júnior EA, Mendes R. Estudo das condições de trabalho e saúde de motoristas de ônibus urbanos de Belo Horizonte – MG. **Rev Bras Saúde Ocup** 1999; 25(95/96):131-42.
126. Sato L. **Abordagem do trabalho penoso: estudo de caso de motoristas de ônibus urbano**. São Paulo, 1991. [Dissertação de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo].
127. Seidel H, Harazin B, Pavlas K, Sroka C, Richter J, Blüthner R, Erdmann U, Grzesik J, Hinz B, Rothe R. Isolated and combined effects of prolonged exposures to noise and whole-body vibration on hearing, vision and strain. **Int Arch Occup Environ Health**. 1988; 61:95-106.

128. Seidel H, Heide R. Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature. **Int Arch Occup Environ Health** 1986; 58: 1-26.
129. Seidel H. Selected Health risks caused by long-term, whole-body vibration. **Am J Ind Med** 1993; 23:589-604.
130. Seshagiri B. Occupational noise exposure of operators of heavy trucks. **Am Ind Hyg Assoc J** 1998; 29:205-213.
131. Sherwood N, Griffin MJ. Evidence of impaired learning during whole-body vibration. **J Sound Vibration** 1992; 152(2): 219-225.
132. Silva AA, da Costa EA. Avaliação da surdez ocupacional. **Rev Ass Med Brasil** 1998; 44(1):65-8.
133. Simonin, C. **Médecine du travail**. 2^{me} ed. Paris: Librairie Maloine; 1956.
134. Sulkowski WJ, Kowalska S, Lipowczan A. Hearing loss in weavers and drop-forge hammermen: comparative study on the effects of steady-state and impulse noise. In: **Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem**; 1983; Milan (IT). Centro Ricerche e Studi Amplifon; 1983. P. 171-84.
135. Van Den Heever DJ, Roets FJ. Noise exposure of truck drivers: a comparative study. **Am Ind Hyg Assoc J** 1996; 57:564-566.
136. Walsh K, Vatnes N, Osmond C, Styles R, Coggon D. Occupational Causes Of low-back pain. **Scand J Work Environ Health** 1989; 15:54-59.
137. Wasseman DE, Wilder DG, Pope MH, Magnusson M, Aleksiev AR, Wasserman JF. Whole-body vibration exposure and occupational work-hardening. [editorial] **J Occup Environ Med** 1997; 39(5):403-7.
138. Wikström B-O, Kjellberg A, Landström U. Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration; a review. **Int J Ind Ergonomics** 1994; 14: 273-292.
139. Yiming Z. Shuzheng Z, Selvin S, Spear RC. A dose response relation for noise induced hypertension. **Br J Ind Medicine** 1991; 48: 179-184.

140. Yokoyama T, Osako S, Yamamoto K. Temporary threshold shifts produced by exposure to vibration, noise, and vibration-plus-noise. **Acta Otolaryng** 1974; 78:207-212.

PROJETO: EXPOSIÇÃO COMBINADA ENTRE RUÍDO E VIBRAÇÃO DE CORPO-TODO

DATA: ____/____/2000

ID: _____

NOME: _____

IDADE: _____ anos Data de nascimento ____/____/____

Há quanto tempo você trabalha como motorista ? _____ anos

Tempo de empresa como motorista anos meses

1. IMPRESSÃO SOBRE A PRÓPRIA AUDIÇÃO:

Direito	1. boa	<input type="text"/>	Esquerdo	1. boa	<input type="text"/>
	2. regular	<input type="text"/>		2. regular	<input type="text"/>
	3. ruim	<input type="text"/>		3. ruim	<input type="text"/>
	4. não sabe	<input type="text"/>		4. não sabe	<input type="text"/>

Tempo: _____ meses (somente para as alternativas "regular" e "ruim"; considerar o pior ouvido)

2. ANTECEDENTES PESSOAIS

2.1 INFECÇÃO OU DOR NA ORELHA:

1. sim	<input type="text"/>
2. não	<input type="text"/>
3. não sabe	<input type="text"/>

2.2 SE SIM, QUAL A FREQUÊNCIA DESSES EPISÓDIOS?

2.3 DOENÇAS

sarampo	1. sim	<input type="text"/>	2. não	<input type="text"/>	3. não sabe	<input type="text"/>
caxumba	1. sim	<input type="text"/>	2. não	<input type="text"/>	3. não sabe	<input type="text"/>
meningite	1. sim	<input type="text"/>	2. não	<input type="text"/>	3. não sabe	<input type="text"/>
prob. cardiovasc.	1. sim	<input type="text"/>	2. não	<input type="text"/>	3. não sabe	<input type="text"/>
outros	1. sim	<input type="text"/>	2. não	<input type="text"/>	3. não sabe	<input type="text"/>

Obs.: _____

2.4 HIPERTENSÃO:

Tem recebido tratamento para pressão alta ? 1. sim 2. não

2.5 DIABETES

Tem recebido tratamento para diabetes ? 1. sim 2. não

2.6 CIRURGIA DE ORELHA

1. não	☐
2. sim, bilateral	☐
3. sim, OD	☐
4. sim, OE	☐
5. sim, não sabe referir o lado	☐

Tempo _____ Meses Obs.: _____

3. TRAUMA CRANIANO

1. sim	☐
2. não	☐
3. não sabe	☐

Tempo _____ Meses Obs.: _____

4 TRAUMA ACÚSTICO

1. sim	☐
2. não	☐
3. não sabe	☐

Tempo _____ Meses Obs.: _____

5 ANTECEDENTES AUDIOLÓGICOS
FAMILIARES SIGNIFICATIVOS

1. sim	☐
2. não	☐
3. não sabe	☐

6 ZUMBIDO

1. sim	☐
2. não	☐

Tempo _____ Meses Obs.: _____

6.1 LOCALIZAÇÃO

1. OD	☐
2. OE	☐
3. bilateral	☐
4. não sabe	☐

7 TABAGISMO

1. Fumante	☐
2. Não fumante	☐
3. Ex-fumante	☐

8. Tem tomado qualquer medicamento, pelo menos três vezes ao dia, por mais de duas semanas, o qual você acha que afetou a sua audição ou causou sons de campainha em seus ouvidos?

1. Sim ☐

2. Não ☐

9. SERVIÇO MILITAR

1. sim

☐

2. não

☐

10. DADOS OCUPACIONAIS

Que tipo de ônibus você dirige ou dirigiu em seu atual emprego?

Tipo ou linha de ônibus	Tempo de utilização		Horas/dia	Viagens/ dia	Dias/ semana
	Anos	Meses			
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐

11. EXPOSIÇÃO ANTERIOR À VIBRAÇÃO DE CORPO-TODO:

1. Sem histórico

☐

2. Com histórico

☐

Se a resposta for negativa , salte para a questão nº 12

Empresa	Função	Tempo (meses)	VCT >, =, <

12. EXPOSIÇÃO ANTERIOR A RUÍDO OCUPACIONAL:

1. Sem histórico ☐
2. Com histórico ☐

Empresa	Função	Tempo (meses)	Ruído >, =, <

Fonoaudióloga responsável:

Lista de símbolos:

a_{eq}	Aceleração equivalente (m/s^2)
a_{wt}	Somatória vetorial ponderada das acelerações (m/s^2)
a_{xw}	Aceleração ponderada na direção ortogonal x (m/s^2)
a_{yw}	Aceleração ponderada na direção ortogonal y (m/s^2)
a_{zw}	Aceleração ponderada na direção ortogonal z (m/s^2)
E_a	Nível de imissão sonora [dB(A)]
L_{Aeq}	Nível equivalente ponderado na escala A [dB(A)]
$L_{EP,w}$	Nível de exposição semanal [dB(A)]
L_{ex}	Nível de exposição [dB(A)]
T	Tempo de exposição
T_0	Tempo de referência

Lista de abreviaturas:

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AFNOR	Association Française de Normalisation
ANSI	American National Standard Institute
BS	British Standard
CEN	Comité Européen de Normalisation
CEREST-SP	Centro de Referência em Saúde do trabalhador do Estado de São Paulo
ISO	International Organization for Standardization
MPL	Mudança permanente de limiar
MTL	Mudança temporária de limiar
MTL2	Mudança temporária de limiar após 2 min
NA	Nível de audição
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
PAIR	Perda auditiva induzida pelo ruído
r.m.s.	Root-mean-square
SEAT	Seat effective amplitude transmissibility
VCI	Vibração de corpo inteiro
VDV	Vibration dose value

Resultados dos exames audiométricos

Limiares auditivos, em dB, segundo frequência, do grupo com tempo de exposição superior ou igual a 5 anos - "Grupo Exposto":

ID	Frequência em Hz															
	Orelha direita								Orelha esquerda							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
1	25	15	15	25	15	25	15	10	25	20	15	20	35	45	35	15
2	5	0	5	5	10	20	0	0	5	0	0	5	15	15	20	5
3	25	25	5	0	0	0	65	40	20	15	5	0	0	0	55	25
4	25	20	15	20	25	25	25	5	25	25	20	30	35	35	45	15
5	15	15	5	0	10	20	20	25	10	5	0	0	0	10	10	5
6	5	0	0	0	5	10	15	10	0	0	5	0	10	5	20	5
7	15	15	25	25	25	25	35	50	15	20	25	20	25	45	50	50
8	5	15	25	10	5	15	20	15	0	10	20	15	5	15	25	25
9	10	5	10	15	0	0	20	25	10	5	10	0	0	10	15	15
10	15	20	15	10	15	20	30	25	15	20	20	15	15	20	25	20
11	10	0	5	0	0	20	10	0	5	0	5	0	0	10	0	5
12	15	10	5	0	20	25	5	0	10	5	0	0	0	25	0	0
13	15	15	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	10
14	5	10	5	10	0	20	25	15	10	10	5	10	10	20	25	20
15	5	5	15	15	20	25	35	30	10	5	5	0	20	25	10	20
16	5	5	0	15	45	40	15	25	5	5	5	20	50	50	50	45
17	0	0	0	0	0	15	0	20	0	5	0	0	0	5	0	15
18	10	5	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
19	10	15	10	10	15	10	5	5	10	10	0	15	20	30	15	15
20	15	15	10	15	10	15	20	20	10	10	5	5	15	15	25	15
21	15	10	10	15	45	40	25	25	10	10	15	25	50	55	50	35
22	5	5	5	0	0	0	5	10	0	0	0	0	10	10	0	0

ID	Frequência em Hz															
	Orelha direita								Orelha esquerda							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
23	20	10	10	10	25	35	35	15	15	5	10	10	15	35	15	10
24	15	15	15	5	0	20	20	25	15	10	10	5	0	10	15	5
25	15	5	0	15	25	25	25	5	15	5	0	10	25	45	45	15
26	5	5	10	15	10	5	10	20	5	5	10	20	25	20	35	10
27	15	10	5	0	0	0	25	0	15	10	10	0	10	10	0	0
28	10	15	25	15	25	40	35	35	15	10	15	10	10	35	35	30
29	5	10	5	0	0	0	0	10	10	5	0	10	10	0	15	10
30	10	5	5	5	15	50	40	40	5	5	5	0	30	45	35	45
31	15	10	5	5	5	25	25	20	10	5	0	0	0	0	0	5
32	10	10	5	10	20	15	25	20	5	5	5	10	10	10	0	10
33	5	10	15	0	0	15	5	10	5	10	15	0	0	15	25	10
34	15	10	25	35	40	45	30	5	10	20	30	35	35	30	15	15
35	10	5	5	0	0	0	0	10	5	5	0	0	0	0	15	5
36	5	10	10	0	0	0	25	15	10	10	5	5	15	15	10	5
37	5	5	5	0	10	15	0	5	5	10	5	5	10	10	0	10
38	10	5	0	10	10	15	25	10	10	5	10	10	15	20	30	40
39	20	20	5	10	10	20	40	20	15	15	0	0	15	20	25	15
40	10	20	15	20	10	0	25	0	10	15	15	20	0	10	15	0
41	15	15	5	10	40	30	25	15	10	10	5	20	55	75	35	30
42	5	5	10	10	0	0	0	20	5	5	10	0	0	10	10	5
43	10	10	10	5	0	0	30	0	15	20	20	10	10	15	25	30
44	10	5	0	0	10	0	0	10	5	10	0	0	0	0	10	10
45	15	10	5	0	5	15	10	10	10	5	0	0	10	20	20	15
46	5	5	10	5	10	30	35	5	5	5	10	15	35	55	35	20
47	5	5	0	0	0	0	0	15	10	10	5	10	5	0	5	5
48	15	20	20	15	0	5	10	20	15	20	20	15	0	15	10	25
49	15	20	25	25	15	20	25	15	25	20	25	20	5	15	35	15

ID	Frequência em Hz															
	Orelha direita								Orelha esquerda							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
50	5	10	5	5	0	30	15	15	5	10	5	5	35	25	25	5
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	15
52	10	20	25	25	30	35	25	25	15	20	25	20	25	40	35	25
53	0	5	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	10	0	10
54	5	10	10	15	0	0	0	0	5	5	10	10	10	20	25	5
55	15	10	15	10	15	15	35	25	15	15	15	25	30	75	65	40
56	20	15	10	15	25	40	40	20	10	5	15	10	30	40	35	20
57	5	0	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	5	15	20	15
58	5	15	15	10	10	25	20	25	10	15	15	15	20	35	30	15
59	0	0	0	0	15	0	0	10	0	5	0	0	25	20	30	55
60	5	5	5	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	5	0	0
61	20	10	0	0	0	15	35	5	10	0	5	0	0	15	55	0
62	5	5	0	0	0	5	35	25	10	5	0	0	10	25	45	35
63	10	10	10	5	15	25	25	10	5	5	5	0	0	0	25	15
64	5	5	5	15	25	25	30	25	10	10	10	25	25	25	30	25
65	5	0	15	0	0	20	20	5	0	0	0	10	35	35	40	5
66	10	5	5	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	0
67	20	20	15	5	10	10	15	20	15	20	10	5	15	10	20	20

Limiares auditivos, em dB, segundo frequência do grupo com tempo de exposição inferior ou igual a 3 anos - "Grupo não exposto":

ID	Frequência em Hz															
	Orelha direita								Orelha esquerda							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
1	15	10	0	10	15	30	0	10	0	0	0	0	20	35	0	5
2	5	5	0	0	5	15	15	0	10	5	0	10	15	25	20	15
3	15	15	10	15	40	45	40	50	20	10	15	15	25	35	5	0
4	5	0	5	0	0	0	0	10	0	5	0	0	0	5	0	5
5	5	15	5	20	10	0	20	10	10	15	5	10	0	0	25	15
6	5	15	5	0	15	25	10	10	10	10	10	5	20	10	20	15
7	10	5	10	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	55	100	75
8	5	10	15	15	10	0	35	15	5	10	15	10	5	15	25	5
9	15	10	5	0	0	0	5	5	10	5	0	0	0	0	25	10
10	0	5	0	0	10	15	20	0	0	0	0	0	0	20	10	5
11	0	5	5	0	20	25	20	5	5	5	5	0	0	25	20	15
12	5	5	5	5	0	0	0	5	15	10	0	0	0	0	0	5
13	5	5	0	5	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	20	15
14	5	5	0	10	5	0	0	10	5	5	0	0	15	10	25	15
15	0	0	0	0	0	0	0	10	15	0	0	0	5	15	20	5
16	5	0	5	5	0	35	25	25	5	0	0	0	5	15	20	25
17	15	10	10	5	0	30	25	15	15	15	5	5	10	15	30	15
18	10	10	10	0	0	0	0	0	10	5	5	0	0	0	0	0
19	5	5	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0
20	0	5	5	5	10	30	0	10	5	5	10	0	5	10	20	10
21	10	5	25	20	15	15	5	25	5	5	5	25	25	25	25	25
22	0	0	0	0	15	20	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
23	5	15	15	15	20	25	25	10	5	10	10	15	35	40	30	15
24	10	15	20	15	15	35	20	10	10	20	15	15	20	35	25	15

ID	Frequência em Hz															
	Orelha direita								Orelha esquerda							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
25	15	15	5	0	0	15	5	15	5	5	0	0	5	15	15	15
26	10	10	10	5	35	25	0	10	5	5	0	0	20	20	5	10
27	5	5	5	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5
28	10	5	5	10	0	0	0	10	5	0	5	0	0	0	10	0
29	5	5	5	0	5	15	10	5	0	5	5	0	0	0	20	5
30	10	15	10	0	15	10	0	0	5	10	5	0	0	0	0	0
31	15	10	0	15	25	40	35	35	5	10	0	10	25	50	40	40
32	25	15	5	0	0	0	25	20	20	20	10	0	20	15	10	25
33	10	10	0	0	0	0	0	0	5	10	5	0	0	15	0	0
34	15	15	15	20	20	5	25	5	25	15	10	25	30	35	20	10
35	5	10	15	15	0	15	15	20	10	15	15	10	0	15	0	5
36	10			20	30	40	30	35	5	5	10	15	20	20	25	15
37	5	10	15	10	0	0	0	0	5	10	10	10	0	0	5	5
38	0	5	0	10	0	0	0	10	0	5	0	0	0	0	0	5
39	10	10	5	10	5	5	0	5	5	5	10	5	0	0	0	5
40	0	5	0	10	10	0	0	0	0	0	0	15	20	20	0	5
41	5	0	5	0	10	25	30	35	0	0	0	0	0	0	35	20
42	10	10	15	20	20	20	25	25	15	10	10	20	15	25	40	30
43	5	10	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	10
44	10	5	5	5	0	0	0	5	10	5	0	5	15	15	10	10
45	5	5	5	5	0	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	10
46	0	5	5	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	5
47	5	10	5	15	20	20	25	25	25	25	15	15	25	40	15	15
48	0	10	5	5	15	20	0	0	0	0	0	0	10	10	15	0
49	10	15	10	10	10	20	5	0	15	15	5	0	5	25	5	0
50	10	15	10	5	5	0	0	5	10	15	10	0	5	0	10	5
51	10	15	10	10	15	15	15	15	10	10	5	10	10	15	15	10

ID	Frequência em Hz															
	Orelha direita								Orelha esquerda							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
52	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
53	10	5	5	0	0	0	20	10	15	5	5	0	0	0	5	0
54	10	5	5	0	5	10	25	20	10	5	5	0	0	25	15	15
55	10	10	15	15	0	0	20	5	15	10	15	10	5	0	15	0
56	20	15	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
57	10	5	5	0	0	0	15	0	5	5	0	0	10	10	15	15
58	5	10	0	0	0	0	10	15	0	5	0	0	0	0	40	5
59	10	5	0	15	15	5	0	10	15	5	0	15	10	0	15	10
60	0	0	5	0	0	15	0	0	0	5	0	0	10	20	10	5
61	0	0	5	10	10	15	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
62	5	5	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	20	20	15	20
63	10	20	25	15	15	15	25	15	10	20	20	15	15	10	0	20
64	10	10	5	0	0	0	0	5	5	10	5	0	0	0	0	0
65	10	5	0	0	20	45	25	25	10	5	5	10	50	50	50	35
66	15	10	0	0	20	20	25	25	20	15	5	5	25	25	15	25
67	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	5
68	15	5	10	0	5	0	0	15	5	5	0	0	0	0	0	10
69	15	10	5	0	0	0	0	10	10	10	0	0	0	15	0	0
70	10	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	10	0	0
72	5	0	0	0	0	20	20	5	5	0	0	0	0	15	15	5
73	25	25	25	10	0	15	0	0	15	25	20	10	0	15	15	15
74	5	5	0	0	0	0	15	5	5	5	5	0	0	0	20	5