

NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM ÔNIBUS URBANOS COM DIFERENTES LOCALIZAÇÕES DE MOTOR

Bruno Sergio Portela, bruno_sergio_por@yahoo.com.br¹

Paulo Henrique Trombetta Zannin, paulo.zannin@pesquisador.cnpq.br²

¹Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Bairro Jardim das Américas, CEP: 81531-980 – Curitiba, PR – Brasil – Caixa-Postal: 19011 – Curitiba, PR – Brasil.

²Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA. Bairro Jardim das Américas, CEP: 81531-990, – Curitiba, PR – Brasil.

Resumo: *O presente estudo teve por objetivo estabelecer os níveis de pressão sonora em diferentes modelos de ônibus urbano na cidade de Curitiba – PR. Para tanto, foram realizadas medições do nível de pressão sonora equivalente LA_{eq} , nível máximo de pressão sonora LA_{max} e nível mínimo de pressão sonora LA_{min} , em 23 veículos com motor dianteiro e 23 veículos com motor traseiro. As análises das medições envolveram a estatística descritiva com média, desvio padrão, mínimo e máximo e estatística inferencial com a aplicação do teste t para variáveis independentes, com nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados obtidos demonstraram diferenças significativas entre os dois modelos (LA_{eq} médio de motor dianteiro = 81,1 dB e LA_{eq} médio de motor traseiro = 74,9 dB) caracterizando dessa maneira, o modelo de motor dianteiro com maior imissão de ruído. Portanto, foi considerado que os modelos de ônibus que possuem motor dianteiro oferecem mais risco a saúde em indivíduos que permanecem por tempo prolongado em seus interiores.*

Palavras-chave: *Ruído, ônibus urbano e nível de pressão sonora*

1. INTRODUÇÃO

O transporte coletivo urbano realizado por ônibus constitui uma prestação de serviços essencial para a sociedade. O Brasil com seu imenso território e grande população apresenta uma densa malha viária, tanto para o transporte urbano quanto para o intermunicipal.

A cidade de Curitiba no estado do Paraná, nos últimos anos tem recebido vários prêmios internacionais, devido ao seu moderno e eficiente sistema de transporte coletivo (MACLEOD, 2009). Na frota de ônibus curitibanos encontramos diversos modelos de veículos como o modelo convencional, o micro ônibus, os ônibus articuladores, os ônibus bi-articulados e os modelos “ligeirinhos”. Cada tipo de ônibus possui características distintas que podem influenciar em diversos tipos de emissões de gases, níveis de vibração e emissão de ruído.

Estudos anteriores tiveram a preocupação de verificar a ocorrência de maiores níveis de ruído em ônibus com a localização do motor próximo ao motorista (FREITAS e NAKAMURA, 2003; SILVA e MENDES, 2005; ZANNIN, 2006). De acordo com Freitas e Nakamura (2003), a localização do motor no ônibus contribui para maiores emissões de níveis de pressão sonora que chegam ao condutor do veículo, promovendo um ambiente de trabalho mais insalubre e danoso à saúde.

Apesar de toda a eficiência e modernidade no transporte coletivo atual, toda a responsabilidade da condução de uma viagem ainda recai sobre uma única pessoa, o motorista. De acordo com Santos Junior (2003), fatores como condições gerais de vida (origem, grau de instrução, moradia, alimentação), condições gerais de trabalho (assistência médica, características dos ônibus, duração da jornada de trabalho), ambiente de trabalho (ruído, vibração, temperatura elevada, poluentes químicos) e outros, vão determinar situações adversas na saúde desses trabalhadores, podendo muitas vezes influenciar negativamente.

Analisando a situação de trabalho do motorista encontramos um fator invisível que pode colaborar para um estado de desconforto, bem como ser danoso para a saúde, o ruído. O ruído é definido como um som indesejável, sendo que sua percepção pode ser diferente dependendo do ouvinte e do seu interesse. Um mesmo estímulo sonoro pode ser considerado agradável ou desagradável, o que para algumas pessoas pode ser apreciado como uma fonte sonora agradável para outros pode não passar de um ruído insuportável (ALEXANDRY, 1985).

Os motoristas estão sujeitos a elevados níveis de pressão sonora, devido à jornada de trabalho em média de 8h por dia, direção de veículos velhos (na maioria dos casos com defeitos mecânicos e a localização do motor na frente do

ônibus), estradas e ruas com pavimentação inadequada e também a grande movimentação de passageiros. Esta exposição diária e prolongada pode acarretar manifestações patológicas não-auditivas, tais como alguns transtornos digestivos, alterações do sono, transtornos comportamentais, entre outros (BABISCH, 1998; CORREA FILHO et al., 2002). A Organização Mundial da Saúde reconheceu o ruído como um dos fatores de risco para a hipertensão arterial (POWASKA et al., 2002).

A preocupação em relação ao ruído não é somente com a diminuição da audição. Ele pode induzir respostas reflexas, estresse, e pode afetar atitudes no trabalho e no comportamento, de acordo com a quantidade da exposição. Segundo Ising e Kruppa (2005), é evidenciado que existem alguns efeitos produzidos pelo ruído nos sistemas extra-auditivos, tais como: aceleração da pulsação, aumento da pressão sanguínea, dilatação de pupilas, aumento da produção de hormônios da tireóide, contração estomacal e abdominal. Esses fenômenos fisiológicos aparecem sob forma de alterações de comportamento: nervosismo, fadiga mental, frustração, prejuízos no desempenho do trabalho, aumentando o número de ausências e conflitos sociais entre os operários expostos ao ruído.

Dessa maneira, foi traçado o objetivo neste estudo de avaliar as emissões de ruído em ônibus urbanos com diferentes localizações de motor, verificando com isso, o modelo que menos prejudica a saúde dos trabalhadores. Com isso, promovendo informações importantes para o desempenho da profissão de motorista.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para início da pesquisa foi selecionada uma empresa de transporte coletivo urbano, na cidade de Curitiba – PR. No início do estudo foi requisitada a permissão da Empresa de Urbanização de Curitiba (URBS), que controla o fluxo do transporte coletivo na cidade, bem como dos responsáveis pela empresa onde foram feitas as medições.

Com a finalidade de avaliar o nível de pressão sonora equivalente (LA_{eq}) dentro dos ônibus, foram selecionados 46 ônibus dentre 145 veículos com características diversas que operam na empresa. A empresa possuía no momento das medições: 66 ônibus convencionais, 26 ônibus de linha direta “ligeirinhos”, 31 micro-ônibus e 22 ônibus articulados. Para propiciar uma melhor comparação entre os modelos foram selecionados aleatoriamente 23 que apresentavam o motor na parte dianteira (modelos convencionais, micro-ônibus e articulados) e 23 veículos que possuíam o motor na parte traseira do ônibus (modelos ligeirinhos e articulados).

2.1 Medição do Nível de Pressão Sonora Equivalente LA_{eq}

O objetivo do estudo foi levantar o nível de ruído emitido por ônibus urbanos, para tanto, procedeu-se a medição do nível de pressão sonora equivalente (LA_{eq}) no interior dos veículos. Esta mensuração representa a quantidade de ruído que é transmitido em um determinado intervalo de tempo. O aparelho usado também tem a capacidade de avaliar o máximo e o mínimo ruídos medidos dentro deste intervalo de tempo, LAF_{max} e LAF_{min} , respectivamente. Para tanto, foi utilizado o medidor de pressão sonora tipo 2238, marca Brüel & Kjaer classe 1, precisão +/- 0,41 dB.

Para efetuar a medição, o aparelho foi colocado a 10 cm da zona auditiva direita do motorista, em acordo com a norma ISO (1999), sendo todas as medições feitas pelo proponente da pesquisa. Depois de realizadas as medições nos ônibus, os dados foram descarregados no software Protector 7825 da Brüel & Kjaer, para posterior análise. Este software foi especialmente desenvolvido para avaliação de ruído ocupacional.

2.2 Análise Estatística

Com a finalidade de atender aos objetivos propostos do presente estudo, adotou-se a estatística descritiva com média, desvio padrão, mínimo e máximo. Para análise das medições foi utilizada a estatística inferencial por meio do teste t de student para variáveis independentes com nível de significância de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram conduzidas no pacote SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 15.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o ruído produzido por ônibus urbanos com diferentes posicionamentos do motor. Para tanto, foram realizadas medições em 46 veículos, com modelos apresentando motor dianteiro e modelos com traseiro, em uma empresa de transporte coletivo urbano na cidade de Curitiba – PR.

Os ônibus convencionais são veículos comuns que param em terminais de fibra de vidro, possuem uma porta de entrada e duas de descarga de passageiros. Estes veículos recebem três designações diferentes: ônibus amarelo – convencional; ônibus alaranjado – alimentador e ônibus verde – interbairros. Entretanto, estes veículos possuem as mesmas características mecânicas e neste estudo caracterizamos estes tipos de ônibus como convencionais. Nestes carros são utilizados os serviços de dois trabalhadores, um motorista e um cobrador. Percorrem rotas fixas juntamente com o tráfego normal, trafegam por piso de asfalto e cascalho. Todos os veículos deste modelo apresentavam motor dianteiro, variando o ano de fabricação de 1989 a 2006.

Tabela 1. Resultados obtidos para as medições do ruído no interior dos ônibus com motor dianteiro.

Ano	LA _{eq} dB	LAF _{max} dB	LAF _{min} dB
1998	83,4	94,2	71,9
1998	80,1	88,4	69,7
2004	80,1	89,5	66,1
1998	80,8	92,0	71,0
1998	81,9	92,0	70,7
2004	80,9	94,9	70,4
2002	82,3	90,8	70,2
1998	79,8	88,1	70,0
2002	82,8	91,6	69,5
1998	80,5	89,9	67,7
1998	82,4	91,8	68,1
2004	79,9	91,2	60,6
2002	84,5	90,2	75,9
2004	78,2	92,1	66,3
1991	83,4	97,7	65,4
2001	79,3	92,0	66,0
2002	82,0	98,3	62,5
2005	80,4	92,1	68,1
2002	81,9	91,3	69,9
1994	82,1	91,6	67,5
2003	80,0	89,7	62,9
2001	78,7	87,9	63,7
1996	80,3	92,3	68,6
Média	81,1	91,7	67,9
Desvio Padrão	1,6	2,6	3,5
Mínimo	78,2	87,9	60,6
Máximo	84,5	98,3	75,9

Os ônibus de linha direta “ligeirinhos” são veículos que não possuem cobradores em seu interior, pois os mesmos trabalham dentro das estações-tubo destinadas ao embarque e desembarque de passageiros e têm as portas de entrada no lado esquerdo do ônibus. Percorrem rotas nas ruas comuns, mas em geral, a distância entre as paradas é bem maior do que no caso dos alimentadores ou bi-articulados. Todos os modelos deste veículo são com motor traseiro, e variam o ano de fabricação de 1992 a 2001. Em sua maioria são carros fabricados nos anos de 2000 e 2001. Os micro-ônibus são modelos com características semelhantes aos convencionais, porém em tamanho reduzido e não possuem cobrador e todos na cor amarela. Todos os carros apresentavam motor dianteiro e variação do ano de fabricação de 1991 a 2006.

Os ônibus articulados são veículos com duas composições, separados por uma articulação móvel, desta forma, propiciando o transporte de um número maior de pessoas. Possuem duas designações iguais às dos veículos convencionais: ônibus verde – interbairros e ônibus alaranjado - alimentador. Em sua maioria são carros com o motor posicionado no meio do primeiro carro, variando o ano de fabricação de 1994 a 2003. Entretanto foram medidos 3 modelos novos fabricados em 2007, com motor traseiro.

Os resultados médios do LA_{eq} apresentados para a amostra de ônibus foram considerados normais em comparação com a legislação nacional brasileira (Norma Regulamentadora NR-15) e com a norma elaborada pela Fundacentro (Norma de Higiene Ocupacional NHO-01), em ambos os modelos de ônibus. Estes valores se encontram em um patamar inferior a 85 dB(A) de exposição em uma jornada de trabalho de 8 horas diárias. Porém, a NR-17 dispõe que um nível de exposição acima de 65 dB(A) em oito horas trabalhadas é considerado como “desconfortável”. Desta forma, os valores encontrados não devem ser considerados como ótimos para a saúde, tendo a necessidade de serem reduzidos a fim de proporcionar um melhor ambiente de trabalho para estes funcionários que estão sujeitos a estes níveis de pressão sonora.

Tabela 2. Resultados obtidos para as medições do ruído no interior dos ônibus com motor traseiro.

Ano	LA _{eq} dB	LAF _{max} dB	LAF _{min} dB
2000	73,9	88,9	67,2
2000	76,4	86,9	68,7
2000	76,3	87,8	66,0
2000	76,1	89,9	65,3
2000	75,8	88,3	65,5
2000	71,3	83,2	64,2
1993	78,4	88,0	68,1
2001	76,1	90,8	66,0
2000	70,8	82,3	66,0
2000	73,3	89,5	65,9
2000	74,0	86,8	66,5
2000	77,8	90,7	67,3
2000	74,3	86,2	67,0
2001	73,3	80,9	67,8
2000	75,7	92,1	66,8
1992	78,0	84,3	65,5
2000	73,8	87,0	66,0
2000	75,8	89,5	64,1
2000	75,5	85,4	65,7
2000	73,1	88,4	66,3
2007	72,7	90,3	57,2
2007	70,5	85,4	56,2
2007	74,0	92,8	59,1
Média	74,9	87,6	65,1
Desvio Padrão	2,2	3,1	3,3
Mínimo	70,5	80,9	56,2
Máximo	78,4	92,8	68,7

Tabela 3. Resultados da estatística descritiva e do teste t para variáveis independentes entre os dois modelos de ônibus.

Tipo de Ônibus	Motor Dianteiro (Média)	Motor Traseiro (Média)	p
LA _{eq} dB	81,1	74,9	0,000
LAF _{max} dB	91,7	87,6	0,000
LAF _{min} dB	67,9	65,1	0,005

p<0,05

A comparação entre os dois modelos de ônibus demonstrou que os veículos com motor dianteiro tiveram em média seus valores de LA_{eq}, LAF_{min} e LAF_{Max} maiores que os modelos com motor traseiro. A análise estatística realizada revelou uma diferença significativa (p<0,05) entre os dois modelos de ônibus. Dessa forma, percebe-se claramente a influência da localização do motor na emissão de ruído do veículo, definido os ônibus com motor traseiro como modelos que promovem menor quantidade de poluição sonora e melhores condições de trabalho para os funcionários que trabalham continuamente com estes veículos.

A diferença na emissão de ruído entre modelos de ônibus com motor dianteiro e traseiro foi medida por Silva e Mendes (2005), encontrando valores de 83,6 dB(A) para os modelos com motor dianteiro e 77 dB(A) para os veículos com motor traseiro. FREITAS E NAKAMURA (2003), destacam que a localização do motor próximo ao motorista pode induzir a doenças no aparelho auditivo como a PAIR (perda auditiva induzida pelo ruído), além de outros agravos à saúde como doenças cardiovasculares, estresse, distúrbios no sistema endócrino (ISING e KRUPPA, 2004)

Encontramos na literatura outros estudos que avaliam o nível de pressão sonora em ônibus. Na cidade de São Paulo foi avaliada a relação entre os níveis de pressão sonora com o ônibus parado e andando, Fonseca et al., (1993). O autor obteve resultados que variaram entre 60 a 70 dB(A) para a primeira situação e, quando o ônibus estava em movimento, os valores variaram entre 80 a 92 dB(A). Quando o movimento de usuário foi maior, o nível de pressão sonora apresentou-se menor, o autor justifica este resultado atribuindo ao tempo em que o veículo permanece parado e também por andar com baixa velocidade. Salientou o pesquisador que o itinerário não interferiu no resultado final.

Estudos anteriores realizados na cidade de Curitiba, realizaram a avaliação do LA_{eq} em três tipos de ônibus durante o transcorrer de suas linhas (ZANNIN et al., 2003; ZANNIN, 2006;). Estes estudos avaliaram o nível de pressão sonora nos modelos bi-articulados, ligeirinhos e convencionais, foram encontrados valores próximos dos que encontramos em nossa amostra de ônibus.

Um estudo na cidade de Belo Horizonte, avaliando os níveis de pressão sonora presentes em cinco ônibus urbanos, foi realizado por Carvalho (1997) que, posicionou o medidor no centro do ônibus para observar a exposição dos usuários. Obteve resultados entre 65 a 97 dB(A) e concluiu que a exposição a níveis elevados altera o desempenho das atividades dos motoristas, podendo contribuir para o grande número de acidentes ocorridos na cidade envolvendo ônibus.

A quantidade de energia acústica a que está sujeito o motorista de ônibus da cidade de São Paulo, durante toda a sua jornada de trabalho foi avaliada por Latance (2001) que através da dosimetria, encontrou como resultado uma variação dos níveis de ruído de 78 a 95 dB(A). Os resultados da pesquisa foi realizada, com uma amostragem de 40 avaliações levando em consideração a jornada de trabalho, a vida útil do ônibus, localização do motor, apresentou mediana geral das amostras de 81,9 dB(A).

Estudos internacionais também têm colaborado para estimar o nível de pressão sonora a que estão sujeitos os motoristas. Em uma pesquisa feita no Kuwait por Koushki et al., (2002), foram avaliados 115 ônibus urbanos, sendo que o nível de pressão sonora médio foi de 79 dB(A). Porém, a amplitude da amostra foi de 68,2 a 106,7 dB(A), demonstrando que existiam ônibus com níveis críticos de ruído, com alto risco potencial à saúde. Contando, com uma avaliação junto aos usuários acerca do incômodo com o ruído, 65% do público referiu que o ambiente do ônibus era altamente ruidoso. Dessa forma, podemos perceber que o nível sonoro imitado pelo veículo pode causar transtornos não apenas para os sujeitos que ali exercem suas profissões, mas também para aqueles que usufruem do serviço de transporte coletivo.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo objetivou analisar emissão de ruído em ônibus urbanos na cidade de Curitiba – PR. Os resultados para as medições revelaram que os veículos estavam de acordo com nas normas NR-15 e NHO-01, com relação a emissão de ruído ocupacional dentro dos ônibus para uma exposição de 8 horas. Porém, alguns veículos apresentaram níveis de ruído muito próximos do limite das normas e acima de 65 dB(A), o que pode tornar o ambiente de trabalho desconfortável e também propiciar o início de distúrbios na saúde relacionados à exposição ao ruído.

Os modelos de ônibus com motor diante apresentaram maiores níveis de ruído comparados aos modelos com motor traseiro. Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os diferentes tipos de ônibus. Dessa forma, destaca-se a importância da utilização de veículos que possuam motor traseiro melhorando as condições de trabalhos de seus operadores.

5. REFERÊNCIAS

- Alexandry, F. G., 1985. *O problema do ruído industrial e seu controle*. Ed. Fundacentro, São Paulo, Brazil.
- Babisch, W., 1998, "Epidemiological studies of the cardiovascular effects of occupational noise – a critical appraisal", *Noise & Health*, Vol. 1, pp. 24-39.
- Carvalho, M. J. M., 1997, "Poluição sonora no trânsito e no interior dos ônibus de Belo Horizonte", *ANAIS - Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular*, Vol. 4.
- Correa Filho, H. R., Costa, L. S., Hoehne, E. L., Nascimento, L. C. R., Moura, E. C., Perez, M. A. G., 2002, "Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em condutores de ônibus", *Revista de Saúde Pública*, Vol. 36, No. 6, pp. 693-701.
- Fonseca, C. J., Nicótera, F. N.; Gronchi, C. C., Pastorello, N. A, Alves, L. C., 1993, *Avaliação da Exposição ao Ruído dos Motoristas e Cobradores de Ônibus de São Paulo*. Ed. Fundacentro, São Paulo, Brazil.
- Freitas, R. G. F. and Nakamura, H. Y., 2003, "Perda auditiva induzida por ruído em motoristas de ônibus com motor dianteiro", *Saúde em Revista*, Vol. 5, No. 10, pp. 13-19.
- Ising, H. and Kruppa, B., 2004, "Health Effects caused by Noise: Evidence in the Literature From the Past Last 25 Years", *Noise & Health*, Vol. 6, No. 22, pp. 5-13.
- ISO 1999, 1990, "Acoustics determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment", International Organization for Standardization.
- Koushki, P. A., Ali, M. A., Chandrasekhar, B. P., Al-Sarawi, M., 2002, "Exposure to noise inside buses in Kuwait: measurements and passenger attitudes", *Transport Reviews*, Vol. 22, No. 3, 295-298.
- Latance, J., 2001, Desmistificando o tabu do ruído nos motoristas de ônibus de São Paulo, *Revista CIPA*, Vol. 260, pp. 48-54.
- Macleod, K, 2009, "Orienting Urban Planning to Sustainability in Curitiba, Brazil", 30 Jan. 2009<<http://www3.iclei.org/localstrategies/summary/port/curitiba.html>>.
- Mendes, R. and Silva, L. F., 2003, "Exposição Combinada entre Ruído e Vibração e seus Efeitos sobre a Audição de Trabalhadores", *Revista de Saúde Pública*, Vol. 39, No. 1, pp. 9-17.
- Powazka, E., Pawlas, K., Markiewicz, B. Z., Zedja, J. E., 2002, "A cross-sectional study of occupational noise exposure and blood pressure in steelworker", *Noise & Health*, Vol. 5, No. 17, pp. 15-22.

- Santos Junior, E. A., 2003, "De que adoecem e morrem os motoristas de ônibus?", *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, Vol. 1, No. 2, pp. 138-147.
- Zannin, P.H.T., Diniz, F. B., Giovanini, C. R., Ferreira, J. A. C., 2003, "Interior noise profiles of buses in Curitiba", *Transportation Research Part D*, Vol .8, pp. 243-247.
- Zannin, P. H. T., 2006, "Occupational noise in urban buses", *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 36, pp. 901-905.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

SOUND PRESSURE LEVELS IN URBAN BUSES WITH DIFFERENT LOCATIONS OF ENGINE

Bruno Sergio Portela, bruno_serpio_por@yahoo.com.br¹

Paulo Henrique Trombetta Zannin, paulo.zannin@pesquisador.cnpq.br²

¹Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Bairro Jardim das Américas, CEP: 81531-980 – Curitiba, PR – Brasil – Caixa-Postal: 19011 – Curitiba, PR – Brasil.

²Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA. Bairro Jardim das Américas, CEP: 81531-990, – Curitiba, PR – Brasil.

Abstract. *This study aimed to establish the sound pressure levels in different models of urban buses in the city of Curitiba-PR. For this, the measurements of equivalent sound pressure level (LA_{eq}), maximum sound level (LAF_{max}) and minimum sound level (LAF_{min}) were carried out, in 23 vehicles with front engine and 23 vehicles with rear engine. The analysis of the measurements involved descriptive statistics with mean, standard deviation, minimum and maximum and inferential statistics with the application of test t for independent variables, with significance level of $p < 0.05$. The results showed significant differences between the two models (average LA_{eq} for front engine vehicles = 81,1 dB and average LA_{eq} for rear engine vehicles = 74,9 dB), which characterized more noise imission in front engine vehicles. Therefore, it is notices that front engine buses offer more health risk in individuals who remain for a long time inside them.*

Keywords: *Noise, urban buses and sound pressure level.*