

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO DE PASSAGEM.

WILLIAN RODRIGO XAVIER DUARTE^{1*}, KEY FONSECA DE LIMA²; VINÍCIUS VALENCIA GONÇALVES³.

¹Esp. Engenharia Automotiva, UTFPR, Curitiba-PR, willianrx@gmail.com

²Doutor em Engenharia Mecânica, PUCPR, Curitiba-PR, keyflima@gmail.com

³Engenheiro Mecânico, Curitiba-PR, viniciusgoncalves@outlook.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Os níveis de ruídos emitidos pelos veículos automotores têm sido uma das principais fontes de poluição sonora nas grandes cidades. Por este motivo, os órgãos regulamentares, tem se preocupado em limitar cada vez mais os níveis tolerados. Atentas a isso, as montadoras de veículos automotores têm buscado soluções para se adequar a este cenário. Este artigo tem por objetivo apresentar uma metodologia simples, confiável e eficaz na medição do ensaio regulamentado de Ruído de Passagem Desta forma, compararam-se dois tipos de ensaios de ruído de passagem padrão conforme a norma brasileira ABNT NBR 15145:2004 para veículos automotores de categoria M1. A metodologia proposta visa à realização de um ensaio prévio que também se baseia na norma ABNT NBR 15145:2004, mas não apresenta as condições para ser validado pelos órgãos governamentais por não seguir todos os requisitos exigidos, mas é de grande valia na fase de projeto e desenvolvimento do veículo. Os resultados indicaram que a metodologia simplificada foi capaz de garantir a eficácia do ensaio e poupar custos relativos à locação de pistas e empresas terceiras para realização de ensaios prévios.

PALAVRAS-CHAVE: Ruído de Passagem, testes veiculares, testes de homologação.

COMPARATIVE STUDY PASS-BY-NOISE BETWEEN TWO METHODOLOGIES

ABSTRACT: The noise levels emitted by motor vehicles have been one of the main sources of noise pollution in large cities. For this reason, regulatory agencies, has been concerned to limit increasingly tolerated levels. Mindful of this, motor vehicle manufacturers have sought solutions to fit this scenario. This article aims to present a simple, reliable and effective methodology in measuring the regulated test Pass-by-noise. Were compared two types of standard pass-by noise testing according to Brazilian standard NBR 15145: 2004 for motor vehicles of category M1. The proposed methodology aims at carrying out a preliminary test that is also based on standard NBR 15145: 2004, but does not have the conditions to be validated by government agencies for not following all the requirements, but it is of great value in the project phase and development of the vehicle. The results indicated that the simplified methodology was able to ensure the effectiveness of testing and save costs for the leasing tracks and companies to carry out preliminary tests.

KEYWORDS: Pass-by-noise, vehicle test, homologation test.

INTRODUÇÃO

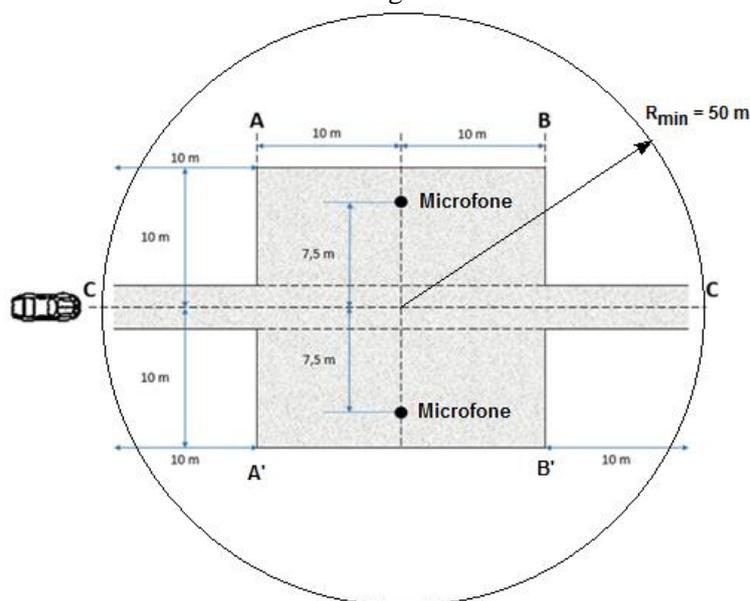
Segundo a ANFAVEA (2014) a frota brasileira é estimada em 38,2 milhões de veículos automotores sendo os automóveis a maior parte deste número. Com isso, há necessidade de ter um maior cuidado com a poluição ambiental e sonora nos grandes centros urbano. Os ruídos indesejáveis provocam grandes males a saúde do ser humano como: irritabilidade, depressão, surdez, distúrbios do sono, hipertensão, arritmia cardíaca entre outros, (Gerges, 2000; Frei et al., 2013; Babish et al., 2014).

Existem muitos trabalhos na literatura que retratam a importância da atenuação dos ruídos indesejáveis emitidos pelos veículos automotores como por exemplo: Asabe and Hujare, 2014; Yasuda et al., 2014; Lima et al., 2015-2016. A redução dos níveis de ruído externo emitidos por veículos automotores tem-se tornado fator de importância cada vez maior por parte das montadoras. A Norma

NBR 15145:2004 tem por objetivo regulamentar os níveis de emissões sonoras dos veículos. O procedimento para medição de ruído de passagem, realizado conforme descrito norma citada, reproduz uma condição de uso do veículo em aceleração. (ABNT, 2004)

De acordo com esta norma, o ruído emitido pelo veículo é medido com os microfones posicionados nos lados direito e esquerdo a 1,2 m de altura do solo e 7,5 m de distância do centro da pista de testes, conforme a Figura 1. O veículo aproxima-se da linha inicial **A** a uma velocidade constante correspondente a $\frac{3}{4}$ da velocidade angular de potência máxima do motor limitada de 50 km/h. No momento em que a extremidade dianteira do veículo atinge a linha **A**, aciona-se completamente o pedal do acelerador mantendo o veículo a plena aceleração durante todo o percurso **CC** de 20 metros de comprimento, até que a extremidade traseira ultrapasse a linha final **B** da pista de testes. Neste momento interrompe-se totalmente a aceleração. O ensaio é realizado sucessivamente na segunda e terceira marcha, quando aplicado em veículos de uso misto, veículos de carga ou tração de quatro rodas, dotados de caixa de mudança mecânica com mais de quatro marchas, excluindo a marcha ré, e com Peso Bruto Total (PBT) até 3.500 kg. O nível sonoro máximo expresso em dB(A) deve ser medido durante a passagem do veículo entre as linhas **A** e **B**. O resultado final é obtido pela média entre os valores máximos medidos em segunda e terceira marchas, consecutivamente. (ABNT, 2004).

Figura 1 - Layout Pista de Ensaio de Ruído de Passagem



Para os veículos automotores as principais fontes de ruído são derivadas do sistema de admissão, do sistema motopropulsor, do sistema de exaustão e do ruído proveniente dos pneus. O conjunto destas fontes de ruído irá caracterizar o ruído externo global emitido pelo veículo, transmitido via aérea.

Este artigo busca mostrar que é possível utilizar uma metodologia simples, mas confiável e eficaz, na medição do ruído de passagem. Com este objetivo, comparou-se dois tipos de ensaios de ruído de passagem padrão conforme a norma brasileira ABNT NBR 15145:2004 para veículos automotores de categoria M1. A metodologia proposta visa à realização de um ensaio preliminar com base na norma citada, mas não apresenta as condições para ser validado pelos órgãos governamentais por não seguir todos os requisitos exigidos, mas é de grande valia na fase de projeto e desenvolvimento do veículo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como objetivo de conhecer os níveis de ruídos externos reais de um veículo de projeto, foi solicitado um ensaio preliminar de ruído de passagem. Para isso reuniu-se os equipamentos disponíveis e as condições para realizar o ensaio.

Dois ensaios de ruído de passagem foram desenvolvidos com base na norma. Porém, para o ensaio preliminar desenvolveu-se uma metodologia mais simples. A pista utilizada não obedecia às condições da norma (por exemplo, raio de 50 metros para obstáculos) a distância utilizada é de aproximadamente 25 metros de raio livre e localizava-se nas dependências de um estacionamento de

uma montadora do estado do Paraná. O ensaio que obedeceu rigorosamente a norma NBR 15145:2004 foi realizado em uma pista de testes reconhecida e regulamentada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Nos dois ensaios foi utilizado o mesmo veículo, com a mesma configuração, para ambos os ensaios.

Para a realização do ensaio preliminar, a marcação da pista e o posicionamento dos microfones são realizados no momento do ensaio com auxílio de uma fita e com uma trena de 50 metros. Durante o ensaio utilizou-se cones para sinalizar os momentos exatos de acelerar e de desacelerar, ao invés da utilização de sensores óticos de precisão. Para controle da velocidade de entrada e rotação utilizou-se o aplicativo comercial DDT2000 que realiza a leitura das informações disponíveis na porta CAN do veículo. Através desta ferramenta, realiza-se o monitoramento e gravação dos dados em tempo real de todos os sensores do veículo como se fosse uma telemetria, os quais posteriormente são exportados para o Excel. Esse software é de uso exclusivo da montadora, mas é possível coletar os mesmos dados com qualquer equipamento de leitura de diagnóstico. Alguns são muito simples onde é preciso apenas realizar o download de um aplicativo e fazer uso do próprio aparelho celular via Bluetooth e coletar as informações. Dessa forma, elimina-se o uso do radar de velocidade, indispensável no ensaio normalizado. Para realizar as aquisições utilizou-se o analisador de sinais LMS SCADAS de 40 canais e o software LMS Test. Lab - v13A. Para a calibração dos microfones utilizou-se o calibrador da marca B&K. Nos ensaios a grandeza avaliada foi o nível de pressão sonora (NPS) na escala dB(A). A Tabela 1 mostra os equipamentos utilizados no ensaio normalizado e no preliminar. A Tabela 2 mostra as condições climáticas durante os dois ensaios. As características do veículo testado em ambos os ensaios são mostradas na Tabela 3.

Tabela 1 – Equipamentos utilizados.

Equipamento	Ensaio Normalizado		Ensaio Preliminar	
	Tipo	Fabricante	Tipo	Fabricante
Analisador de Sinais	Pulse de 8 canais	Bruel &Kjaer	LMS Scadas de 40 canais	Siemens LMS
Microfones	Pré-amplificados de campo livre ½” Quant. 2	Bruel &Kjaer	Pré-amplificados de campo livre ½” Quant. 2 Sensibilidade de 44,3589 mV/Pa e 47,2913 mV/Pa	Bruel &Kjaer
Calibrador de Microfones	Type 4231	Bruel &Kjaer	Type 4231	Bruel &Kjaer
Protetor de Vento dos microfones	Type UA0237	Bruel &Kjaer	Type UA0237	Bruel &Kjaer
Conjunto o início de aceleração e desaceleração	Sensor ótico e foto elétrico	Festo / Sick	Cones demarcatórios	-
Radar de Velocidade	ST009691	Stalker	Sistema DDT	-
Controle de velocidade do veículo	Manual	-	Manual	-
Marcação do início e fim do percurso	Sensor fotoelétrico	Sick	Fita crepe e cones demarcatórios	3M
Medidor de condições atmosféricas	Model 4000	Kestrel	Model 4000	Kestrel
Termometro	MT350	Minipa	-	-
Medição do Percurso	Trena	Lufkin	Trena	Lufkin

Tabela 2. Condição climática do ensaio realizado.

Condição climática	Ensaio Normalizado	Ensaio Preliminar
Temperatura Ambiente	33 °C	26 °C
Velocidade do vento	2 m/s	4,5 m/s
Pressão barométrica	929 hPa	912 hPa

Tabela 3 – Característica do veículo.

Categoria	Hatch
Motorização	Dianteiro, transversal, 4 cil. em linha, 16V, flex com injeção eletrônica
Cilindrada	1.998 cm ³
Potência	150 CV
Combustível	E100
Rotação de máxima potência	5.750 rpm
Rotação de torque máximo	20,9 kgfm
Torque máximo	4.000 rpm
Dimensão dos pneus	205/45R17
Transmissão	Manual – 6 velocidades
Massa bruta	1.161 kg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados dos ensaios obtidos em 4 medições para cada condição. O ruído de fundo no momento do ensaio normalizado e preliminar foram 45,2 dB(A) e 45,0 dB(A), respectivamente.

Tabela 4- Resultado do ensaio normalizado.

Ruído de Passagem (Valores em dB(A))								
	Velocidade	50,0		Velocidade	Velocidade	50,0		Velocidade
	rpm	3830		rpm	rpm	~3000		rpm
	Entrada km/h / rpm	2ª Marcha		Saída	Entrada km/h / rpm	3ª Marcha		Saída km/h / rpm
		Direito	Esquerdo	km/h / rpm		Direito	Esquerdo	
Medição 1	50/3830	74,60	75,00	63-4870	50-3000	72,00	73,40	63-3800
Medição 2	50/3830	74,40	75,60	63-4870	50-3000	72,30	73,60	63-3800
Medição 3	50/3830	74,50	75,90	63-4870	50-3000	72,10	73,00	63-3800
Medição 4	50/3830	74,30	75,00	63-4870	50-3000	72,30	73,50	63-3800
Média		74,45	75,38			72,18	73,38	
Res. Inter+ alto		75,38				73,38		
NPS Final		74,38						
NPS Final - 1		73,38						

Tabela 5 - Resultado do ensaio preliminar.

Ruído de Passagem (Valores em dB(A))								
	Velocidade	50,0		Velocidade	Velocidade	50,0		Velocidade
	rpm	3850		rpm	rpm	3100		rpm
	Entrada km/h / rpm	2ª Marcha		Saída	Entrada km/h / rpm	3ª Marcha		Saída km/h / rpm
		Direito	Esquerdo	km/h / rpm		Direito	Esquerdo	
Medição 1	50/3855	75,49	76,01	63/4870	50/3000	73,08	74,01	63/3800
Medição 2	50/3850	75,16	75,52	63/4870	50/3000	72,68	73,29	63/3800
Medição 3	51/3858	75,66	75,67	63/4870	50/3000	72,69	73,45	63/3800
Medição 4	49/3846	75,06	75,67	63/4870	50/3000	72,84	73,37	63/3800
Média		75,34	75,72			72,82	73,53	
Res. Inter+ alto		75,72				73,53		
NPS Final		74,62						
NPS Final - 1		73,62						

No ensaio normalizado o resultado foi de 73,38 dB(A), enquanto que o ensaio dito preliminar, proposto por esse artigo, obteve-se o valor de 73,62 dB(A) diferindo um do outro em de 0,44 dB(A). A norma determina que seja reduzido 1 (um) dB(A) dos valores medidos. Nota-se também que as velocidades de entrada em 2ª marcha e 3ª marcha para os dois ensaios estão de acordo com o exigido pela norma que é de 50 ± 1 km/h não excedendo o rotação de máxima potência que é de 5.750 rpm (Ver Tabela 2), (ABNT NBR 15145:2004).

Os resultados do NPS médio em 2ª marcha para dois ensaios (normalizado e preliminar) foram **75,38 dB(A)** e 75,72 dB(A) e em terceira marcha, de **73,38 dB(A)** e 73,53 dB(A)). Em negrito estão os resultados dos ensaios realizados pela norma. As diferenças encontradas foram +0,45 % e +0,20. Com base nos resultados conclui-se que a técnica sugerida é válida para avaliações do ruído de passagem para veículos automotores.

Como apresentado os resultados dos ensaios são similares e a metodologia usada é mais simples e com base na norma. Pode-se considerar que os resultados obtidos são excelentes uma vez que se utilizou uma pista que não é homologada e as acelerações e desacelerações foram controladas visualmente, o que resulta em um investimento menor por parte da empresa gerando uma grande economia, pois cada ensaio oficial tem um custo aproximado 16 mil reais. Além disso, o ensaio preliminar é de fundamental importância para conhecer os valores de ruído externo reais, antes de um ensaio de homologação.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a metodologia usada é vantajosa para montadoras, pois os gastos com transporte do veículo, aluguel de pista homologada e contratação de uma empresa de engenharia terceirizada para realizar o ensaio, é de aproximadamente 16 mil reais, enquanto que o gasto com a metodologia apresentada para realização do ensaio preliminar é apenas com mão de obra qualificada da própria empresa.

Diante dos resultados apresentados, destacam-se as seguintes conclusões:

- a) O ensaio preliminar apresentou um resultado muito próximo ao resultado normalizado, sendo comprovada a sua eficácia com o objetivo de conhecer previamente os valores de pressão sonora produzida por determinado veículo;
- b) A metodologia simplificada utilizada no ensaio preliminar apresentou-se como suficiente e eficaz para o objetivo definido;

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15145:2004 Acústica – Medição de ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração – Método de engenharia. São Paulo, SP, 2004.
- ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. São Paulo, 156p, 2014.
- Gerges, S. Ruído: Fundamentos e Controle. 2ª Edição, NR Editora, Florianópolis, 2000.
- Frei, P., Mohler, E., Roosli, M. Effect of nocturnal road traffic noise exposure and annoyance on objective and subjective sleep quality. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. v.217, p.188-195, 2013.
- Babisch, W., Wolke, G., Heinrich, J., Straff, W., Road traffic noise and hypertension – Accounting for the location of rooms. *Environmental Research*. v.133, p.380-387, 2014.
- Yasuda, T., Wu, C., Nakagawa, N., Nagamura K. Studies on an automobile muffler with the acoustic characteristic of low-pass filter and Helmholtz resonator. *Applied Acoustics*, v. 74 (1), 49-57, 2013.
- Asabel, A. M., Hujare, P. P. Performance Enhancement of Automotive Silencer Using Finite Element Analysis. *International Journal of Engineering Science Invention*. v. 3 (8), pp 14-22, 2014.
- Lima, K. F., Barbieri, N., Terashima, F., J., Rosa, V. P., Barbieri, R. Preliminary evaluation of the sound absorption coefficient of a thin coconut coir fiber panel for automotive applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 138, p. 1887-1887, 2015.
- Lima, K. F., Barbieri, N., Barbieri, R. Alternative method for acoustical characterization of absorbent materials based on the assessment of the acoustical efficiency of dissipative silencers. *Noise Control Engineering Journal*. v. 64, p. 195-207, 2016.