

ENSAIO DE RUÍDO E VIBRAÇÕES, NO INTERIOR DO HABITÁCULO DE UM VEÍCULO LIGEIRO DE PASSAGEIROS

PACS: 43.50.Lj

Mário Mateus; João A. Dias Carrilho; Manuel C. Gameiro da Silva
ADAI, LAETA – Departamento de Engenharia Mecânica
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (Pólo II)
3030-201 Coimbra, Portugal
Tel./fax:(351)239 708 580/89.
E-mail: mario.mateus@adai.pt, joao.carrilho@dem.uc.pt, manuel.gameiro@dem.uc.pt

ABSTRACT

In the proposed work we present the results of road tests where sound level and vibration level measurements were performed inside the cabin of a passenger motor vehicle, obtained in three separate campaigns at mileage: 0 km; 35,000 km; and 72,000 km. Different types of road were considered, as well as various circulation speeds and engine operating regimes.

At the end of the three campaigns it was found that noise levels are within an uncertainty band of ± 2 dB range with a 95% confidence level.

The vibration values approximately doubled at the third campaign. This result may be associated with degradation of the suspension and vehicle damping system.

RESUMO

No trabalho proposto apresentam-se os resultados das medições de nível sonoro e de vibração efetuadas no interior do habitáculo de uma viatura ligeira de passageiros, obtidos em três campanhas distintas de quilometragem: 0 km; 35.000 km; e 72.000 km.

Consideraram-se várias tipologias de ensaio que conjugaram distintos tipos de vias, de revestimento de pisos, de velocidade de circulação e de regimes de funcionamento do motor.

No final das três campanhas verificou-se que os níveis sonoros encontram-se dentro de um intervalo de incerteza de ± 2 dB, com um nível de confiança de 95%.

Na terceira campanha, os valores de vibração aumentaram, aproximadamente, para o dobro. Este resultado poderá estar associado à degradação do sistema de suspensão e amortecimento do veículo.

INTRODUÇÃO

No trabalho proposto apresentam-se os resultados das medições de nível sonoro e de vibração efetuadas no interior do habitáculo de uma viatura ligeira de passageiros, obtidos em três campanhas distintas de quilometragem: 0 km; 35.000 km; e 72.000 km.

Consideraram-se várias tipologias de ensaio que conjugaram distintos tipos de vias, de revestimento de pisos, de velocidade de circulação e de regimes de funcionamento do motor.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pressão acústica no interior do habitáculo foi adquirida utilizando um simulador cabeça/torso da Brüel & Kjær modelo 4100, instalado no lugar do passageiro da frente. Este simulador contém microfones de medição localizados na zona correspondente à entrada do canal auditivo. O sinal de cada um dos microfones foi condicionado por um amplificador NEXUS 2690-A-OF2, também da Brüel & Kjær, e convertido para formato digital de 24 bits a 48 kHz, utilizando uma interface UA-55 da Roland. O sinal digital foi gravado no disco de um computador portátil utilizando o *software* de gravação e edição áudio AUDACITY.

Para o registo do sinal correspondente à vibração foi utilizado um medidor da marca Svantek, modelo SVAN 958 e um acelerómetro triaxial modelo SV39A. Este acelerómetro foi instalado no banco traseiro, no qual se encontrava sentado o operador do sistema áudio.

Optou-se por realizar a aquisição dos dados em modo de gravação contínua, durante todo o ensaio, tendo sido assinalado o início de cada teste com uma pequena descrição verbal seguido de um sinal de “marca”. Cada teste teve uma duração nominal de 30 segundos.

Inicialmente, com o veículo ainda parado, foi dado início simultâneo à gravação áudio e de vibração, para maior facilidade de sincronização durante a fase de processamento dos dados. Procedeu-se à medição do ruído do motor a diferentes rotações por minuto, atuando o pedal do acelerador até se obter um regime de rotações fixo e estável durante a duração de cada teste.

De seguida, com o veículo em andamento e seguindo a mesma metodologia de sinalização do início de cada teste, foram realizados vários testes em condições estáveis de velocidade, rotação do motor e qualidade do piso.

O percurso e locais de medição foram os mesmos utilizados durante as três campanhas.

PROCESSAMENTO DOS DADOS

Uma vez terminado o ensaio, procedeu-se à segmentação da gravação áudio em ficheiros WAV individuais correspondentes a cada teste. Estes foram então carregados num *software* de análise, desenvolvido em LabVIEW, que calcula a densidade espectral de potência, em frequência, e grava o resultado num ficheiro CSV. A média agrupada da densidade espectral de potência foi calculada em blocos de 48000 amostras, o que se traduz numa resolução de 1 Hz. Os ficheiros CSV foram importados para o EXCEL, onde foi calculado o espectro de terço de oitava por agregação em bandas e por fim, o nível sonoro com ponderação A.

Os valores da aceleração eficaz, obtidos em cada um dos eixos, foram ponderados em frequência pelas curvas w_d (eixos x e y) e w_k (eixo z). Os dados resultantes da aquisição do sinal de aceleração foram processados pelo *software* SVAN PC++ (ver. 2.0.3). Com estes valores foi calculado o valor da vibração total, sendo este o que resulta da combinação daquelas três componentes multiplicadas pelos fatores $k_x = k_y = 1,4$ e $k_z = 1$, cujos valores correspondem aos que se encontram definidos para a condição de conforto pela norma ISO 2631-1:1997 [1].

MATRIZ DE TESTES

Ponto de teste	Descrição
TP1	Ruído do motor a 750rpm (veículo parado)
TP2	Ruído do motor a 1500rpm (veículo parado)
TP3	Ruído do motor a 2500rpm (veículo parado)
TP4	Ruído do motor a 3000rpm (veículo parado)
TP5	Ruído do motor a 3500rpm (veículo parado)
TP6	Ruído do motor a 2250rpm (veículo parado)
TP7	Ruído do motor a 3800rpm (veículo parado)
TP8	Empedrado a cerca de 35km/h – 1
TP9	Empedrado a cerca de 35km/h – 2
TP10	Estrada nacional 50km/h em 4ª velocidade
TP11	Estrada nacional 60km/h em 4ª velocidade
TP12	Estrada nacional 80km/h em 5ª velocidade
TP13	Estrada nacional 50km/h em 5ª velocidade
TP14	Estrada nacional 60km/h em 5ª velocidade
TP15	Estrada nacional 80km/h em 6ª velocidade
TP16	Estrada nacional 90km/h em 5ª velocidade
TP17	Estrada nacional 90km/h em 6ª velocidade
TP18	Estrada nacional 70km/h em 6ª velocidade
TP19	Estrada nacional 70km/h em 5ª velocidade
TP20	Estrada secundária 60km/h em 6ª velocidade
TP21	Auto-estrada 90km/h em 6ª velocidade
TP22	Auto-estrada 120km/h em 6ª velocidade
TP23	Auto-estrada 140km/h em 6ª velocidade

RESUMO DOS RESULTADOS DE RUÍDO

Ruído do motor: A linha azul mostra o nível sonoro, em função da rotação do motor, obtido durante a primeira campanha. A linha vermelha mostra o nível sonoro obtido durante a segunda campanha. Em toda a gama de rotações, nestas duas primeiras campanhas a diferença entre as duas curvas é sempre menor que 2 dB. Relativamente à terceira campanha verifica-se uma tendência geral para o aumento do nível sonoro, excetuando, nos regimes de rotação mais elevada, a 2250 r.p.m. e 3500 r.p.m.

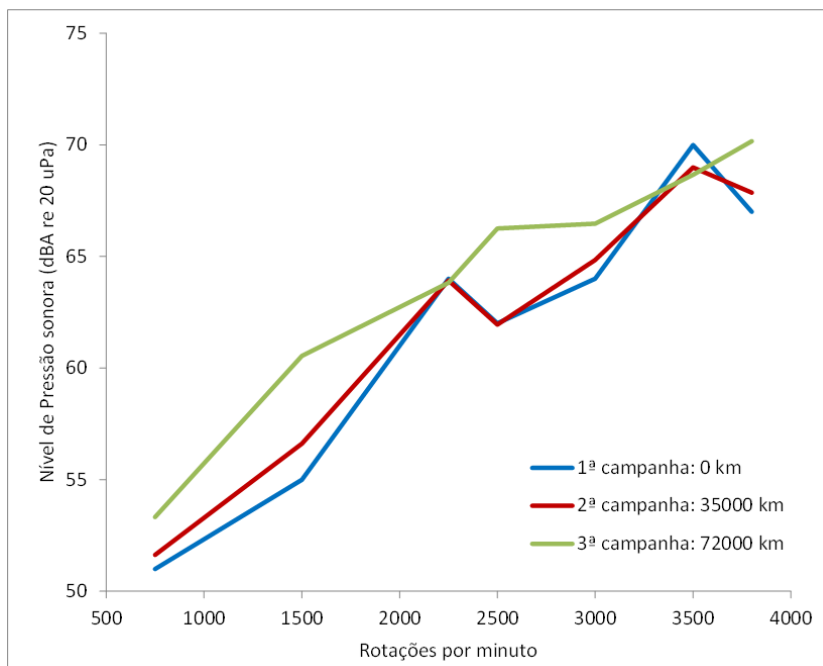


Figura 1 – Nível sonoro do motor medido no interior do veículo estacionário, em função da velocidade de rotação do motor, para cada uma das três campanhas.

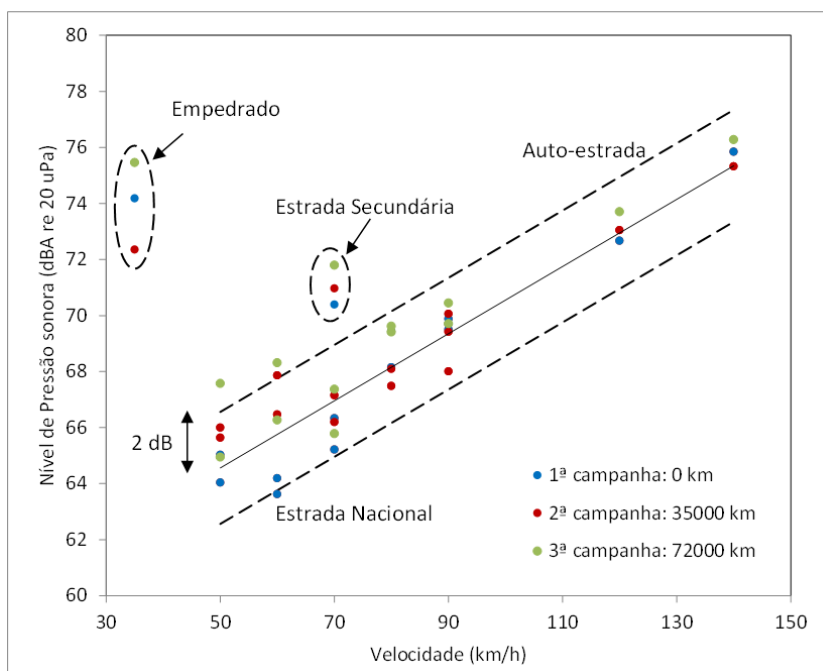


Figura 2 – Níveis sonoros obtidos nos testes em estrada para várias tipos de estrada, velocidade e regime do motor, para cada uma das três campanhas.

Ruído em andamento: Os pontos a azul correspondem às medições efetuadas durante a primeira campanha; os pontos a vermelho correspondem à segunda campanha. Na terceira campanha os pontos foram sobrepostos no gráfico com a cor verde. A linha solida representa um ajuste linear aos resultados de ambas as campanhas, em estrada nacional e autoestrada, e as linhas o tracejado mostram o correspondente intervalo de incerteza expandida de ± 2 dB com nível de confiança de 95%. Estão também assinalados os resultados de medições pontuais efetuadas numa estrada de empedrado e numa estrada secundária.

RESUMO DOS RESULTADOS DE VIBRAÇÃO E COMPARAÇÃO COM AS CAMPANHAS ANTERIORES

Vibração em andamento: Os pontos a azul correspondem às medições efetuadas durante a primeira campanha; os pontos a vermelho correspondem à segunda campanha e os verdes à terceira campanha. Estão também assinalados os resultados de medições pontuais efetuadas numa estrada de empedrado.

Para todas as condições de ensaio incluídas na matriz de testes, excetuando as referências TP1 a TP7 que não foram incluídas, os valores médios de vibração obtidos nas duas campanhas foram iguais a $0,47 \text{ m.s}^{-2}$. Os valores do desvio padrão correspondentes às leituras efetuadas durante a primeira e a segunda campanha foram, respetivamente, de $0,08 \text{ m.s}^{-2}$ e de $0,09 \text{ m.s}^{-2}$.

Todos os níveis de vibração relativos aos ensaios efetuados, em estrada de asfalto, encontram-se contidos numa faixa entre $0,33 \text{ m.s}^{-2}$ e $0,67 \text{ m.s}^{-2}$.

Considerando agora os resultados obtidos na terceira campanha, e considerando exclusivamente os ensaios efetuados em estrada de asfalto, o valor médio de vibração obtido foi igual a $0,83 \text{ m.s}^{-2}$, com um desvio padrão de $0,14 \text{ m.s}^{-2}$. Os níveis de vibração relativos aos ensaios efetuados, em estrada de asfalto, encontram-se contidos numa faixa entre $0,63 \text{ m.s}^{-2}$ e $1,08 \text{ m.s}^{-2}$.

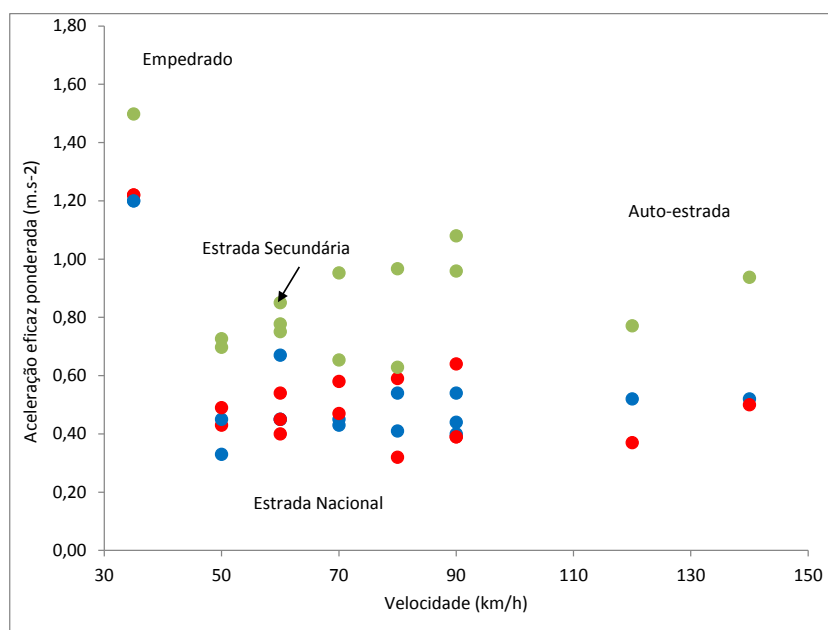


Figura 3 – Níveis de vibração obtidos nos testes em estrada para várias tipos de estrada, velocidade e regime do motor, para cada uma das três campanhas.

CONCLUSÃO

No que respeita ao ruído, na generalidade os resultados obtidos durante as três campanhas de medição encontram-se dentro de um intervalo de incerteza de $\pm 2 \text{ dB}$, com um nível de confiança de 95%. Dado que a maioria das pessoas dificilmente consegue distinguir diferenças no nível sonoro inferiores a 3 dB, concluímos que não existe diferença significativa entre os níveis sonoros registados durante as várias campanhas. Contudo, durante a terceira campanha verificou-se uma tendência para o aumento dos níveis sonoros registados.



**46º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA
EUROPEAN SYMPOSIUM ON VIRTUAL ACOUSTICS
AND AMBISONICS**

Relativamente às vibrações, e tendo em conta os resultados obtidos nas duas primeiras campanhas, na terceira campanha foi evidenciado que os valores médios de vibração aumentaram significativamente. Verificou-se um aumento dos valores médios para, aproximadamente, o dobro, ou seja de $0,47 \text{ m.s}^{-2}$ para $0,83 \text{ m.s}^{-2}$). Este fato poderá estar associado à degradação do sistema de suspensão e amortecimento do veículo.