



**QUERCUS – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
NÚCLEO REGIONAL DE AVEIRO**

**RELATÓRIO DA MEDIÇÃO E DESCRIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE
ASSOCIADO AO RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO
NA EN109 - CACIA**



Aveiro, 30 de Agosto de 2013.



Índice

1. OBJECTIVOS	3
2. DEFINIÇÕES.....	4
3. ENQUADRAMENTO.....	6
4. PROCEDIMENTO DE MEDIDA	7
5. RESULTADOS.....	10
6. CONCLUSÃO.....	15
7. ANEXOS.....	17

Anexo A - Comparação dos Valores Obtidos com o Mapa de Ruído do Município de Aveiro.

Anexo B - Estimativa do Número de Passagens de Veículos/Ano.

Anexo C - Os Efeitos do Ruído na Saúde e os Indicadores de Ruído.

Anexo D - Controlo do Ruído de Tráfego Rodoviário.

Anexo E - O Tráfego Rodoviário e as Vibrações.

Referências.



1. OBJECTIVOS

Na sequência da introdução de portagens no troço da autoestrada IC1/A25 entre Aveiro e Angeja em Outubro de 2010 e da conseqüente procura de alternativas por parte dos utilizadores daquela via, assistiu-se a um aumento da intensidade do tráfego rodoviário no troço da EN109 que atravessa a Vila de Cacia, o que, entre outros, teve como efeito o acréscimo do ruído nas zonas adjacentes àquela via.

Embora no Mapa de Ruído do Município de Aveiro (1998) já esteja previsto o nível de ruído para as zonas adjacentes à EN109, a Quercus-Aveiro a Quercus-Aveiro avançou com um estudo preliminar no qual procedeu à caracterização dos níveis de pressão sonora num ponto localizado junto à EN 109 em Cacia, procedendo ainda à sua comparação com os limites estabelecidos no regime jurídico sobre poluição sonora (aprovado pelo Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 de Janeiro).

Para esse efeito, realizaram-se medições dos níveis de pressão sonora no interior da Vila de Cacia junto a uma habitação adjacente à EN109.

Realizaram-se medições nos três períodos de referência (diurno, entardecer e nocturno) com vista à determinação dos indicadores de ruído L_{den} e L_{nr} , parâmetros utilizados como indicadores no controlo e gestão do ruído ambiente.

Durante as medições e na apresentação dos resultados procurou-se seguir os procedimentos estabelecidos na legislação, normas e guias aplicáveis.

Não havendo, contudo limitações quanto à interpretação dos resultados finais e propostas de medidas correctivas, estas são também referidas e, como complemento ao relatório propriamente dito, acrescentam-se anexos nos quais se faz uma análise mais alargada da situação referida ao início e um enquadramento do ruído ambiente enquanto factor de risco para a saúde pública.



2. DEFINIÇÕES

Ruído ambiente (Som total): Ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado.

Fonte de ruído: A acção, actividade permanente ou temporária, equipamento, estrutura ou infra-estrutura que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se faça sentir o seu efeito.

Zonas sensíveis: A área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período nocturno.

Zonas mistas: Zonas existentes ou previstas em instrumentos de planeamento territorial eficazes, cuja ocupação seja afectada a outras utilizações, para além das referidas na definição de zonas sensíveis, nomeadamente a comércio e serviços.

Zona urbana consolidada: A zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação.

Receptor sensível: O edifício habitacional, escolar, hospitalar ou similar ou espaço de lazer, com utilização humana.

Actividade ruidosa permanente: A actividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços.

Condições meteorológicas favoráveis: Condições que conduzem a valores mais estáveis da propagação sonora, com uma componente significativa do vento no sentido da fonte para as posições de medição.

Correcção meteorológica, C_{met} : Correcção a adicionar aos valores de $L_{Aeq,LT}$ obtidos em condições meteorológicas favoráveis.

C_{met} pode desprezar-se quando é verificada a equação 2 da NP ISO 1996-2, ou seja:

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0.1$$



onde:

hs = altura da fonte (m);

hr = altura do receptor (m);

r = distância entre a fonte e o receptor, projetada no plano horizontal (m)

Amostra: Intervalo de tempo de observação que pode conter uma ou mais medições.

Nível Sonoro Contínuo Equivalente, ponderado A, $L_{Aeq,T}$: Valor do nível de pressão sonora ponderado A de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo T, tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído cujo nível varia em função do tempo.

Indicador de ruído: Parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com um efeito prejudicial na saúde ou no bem-estar humano.

Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno (L_{den}): Indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo geral, dado pela expressão:

$$L_{den} = 10 \cdot \text{Log}_{10} \left[\frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right]$$

em que:

L_d é o indicador de ruído diurno;

L_e é o indicador de ruído do entardecer;

L_n é o indicador de ruído nocturno.

Com L_d , L_e e L_n representado os níveis sonoros médios de longa duração, determinados durante uma série de períodos diurno, de entardecer e nocturno, respectivamente, representativos de um ano e determinados pela expressão:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \cdot \text{Log}_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_1^n 10^{\frac{(L_{Aeq,T})_i}{10}} \right]$$

em que:

N é o número total de amostras no período de referência em causa;

$(L_{Aeq,T})_i$ é nível sonoro contínuo equivalente, expresso em dB(A), obtido na amostra i .

Intervalo de tempo de observação: Intervalo de tempo escolhido, dentro do intervalo de referência, para efectuar as medições.

Períodos de Referência: Intervalo de tempo a que se refere um indicador de ruído.

Período diurno:	das 07 às 20 horas
Período do entardecer:	das 20 às 23 horas
Período nocturno:	das 23 às 07 horas



Grande infra-estrutura de transporte (GIT): O troço ou conjunto de troços de uma estrada municipal, regional, nacional ou internacional identificada como tal pela Estradas de Portugal, E. P. E., onde se verifique mais de três milhões de passagens de veículos por ano.

3. ENQUADRAMENTO

O Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 de Janeiro, que aprova o Regulamento Geral de Ruído (RGR) e que resultou da transposição da Directiva nº 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações.

Posteriormente rectificado e alterado pelos seguintes diplomas: Declaração de Rectificação nº 18/2007, de 16 de Março; Decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

Nos termos do nº1, artigo 19º do Decreto-Lei 9/2007, as infra-estruturas de transporte, novas ou em exploração à data da entrada em vigor do presente Regulamento, estão sujeitas aos valores limite fixados no artigo 11º.

No artigo 11º do mesmo diploma são estabelecidos os valores-limite de exposição a serem respeitados em função da classificação de uma zona como mista ou sensível.

Quadro 1: Valores-limite (Art. 11º do DL 9/2007)

Zonas	L_{den} [dB(A)]	L_n [dB(A)]
Zona sensível	≤ 55	≤ 45
Zona mista	≤ 65	≤ 55
Zona sensível na proximidade de GIT existente	≤ 65	≤ 55
Zona não classificada	≤ 63	≤ 53



4. PROCEDIMENTO DE MEDIDA

Procurou-se cumprir com os procedimentos estabelecidos na legislação, normas e guias aplicáveis:

- Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 de Janeiro (Regulamento Geral do Ruído).
- NP ISO 1996-1 (2011): Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Grandezas fundamentais e métodos de avaliação.
- NP ISO 1996-2 (2011): Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente.
- Guia prático para medições de ruído ambiente, APA (Agência Portuguesa do Ambiente), 2011.

Local e ponto de medição

As medições foram efectuadas no interior da Vila de Cacia, junto à EN109.

Apenas se efectuaram medições em um ponto, o assinalado nas figuras 1 e 2 (nº 157 da Rua 31 de Janeiro - coordenadas: 40°40'46.79"N, 8°35'28.89"O).

O referido ponto de medição foi seleccionado porque permitia efectuar as medições sem causar transtornos na circulação de veículos ou de pessoas e por estar localizado em um troço típico da EN109 no que respeita à variação da velocidade de circulação dos veículos e ao estado do pavimento da via.



Fig. 1 – Local da medição.



Fig. 2 – Ponto de medição.

Data do ensaio

O período de observação e de medições decorreu entre os dias 21/06/2013 (sexta-feira) e 25/06/2013 (terça-feira).

Recolha de dados acústicos

Procedeu-se à recolha dos dados acústicos pelo processo de amostragem.

Critérios de amostragem

Não existe marcada sazonalidade no que respeita ao volume do tráfego rodoviário ao longo do ano, embora ocorram diferenças entre o fim-de-semana e os dias úteis.

As medições foram realizadas em dias úteis e de fim-de-semana.

Procedeu-se a um número de amostras que permitisse a representatividade de um ano, período a que respeitam os indicadores L_n e L_{den} .

Localização do microfone

O aparelho de medição foi colocado a 5.5 metros do limite exterior da faixa de rodagem mais próxima do ponto de medição e com o microfone a 1.5 m de altura em relação ao solo.

Embora no ponto de medição existam edifícios habitacionais de 2 pisos (R/C e 1º andar), entendeu-se por bem efectuar as medições com o microfone a 1.5 m uma vez que parte significativa dos edifícios à face da EN109, sobretudo os de construção mais antiga, são de apenas um piso, à mesma cota que a da estrada.

**Condições meteorológicas**

Procedeu-se ao registo contínuo dos parâmetros: temperatura seca, velocidade do ar e humidade relativa, com a sonda colocada a três metros de altura.

Equipamento de Medição

No quadro seguinte apresenta-se a relação do equipamento utilizado e os respectivos números de certificado de verificação/calibração. (O equipamento gentilmente cedido pela empresa Laborsegur – Trabalho em Segurança. Lda.)

O equipamento utilizado para a medição dos níveis sonoros encontrava-se calibrado e foi sujeito a verificação acústica antes e após cada sessão de medições.

Quadro 2: Equipamento de Medição

Aparelho	Marca	Modelo	Nº série	Rastreabilidade
Analizador de Ruído	Brüel & Kjær	2250	2600447	CACV974/12 ¹⁾ 245.70 / 12.464 ²⁾
Calibrador	Brüel & Kjær	4231	2229531	CACV282/12
Termo-anemómetro	Testo	435	2287939	T38887; F17360; S10201 (Testo)

¹⁾ Boletim de verificação (I.S.Q.). ²⁾ Certificado de calibração.



5. RESULTADOS

Faz-se a caracterização do local e das condições observadas no decorrer dos períodos de observação e apresenta-se os resultados das medições realizadas.

Envolvente

Zona urbana consolidada.

Receptores sensíveis: Edifícios de habitação com um ou dois pisos (R/C e 1º andar). Edifícios de construção recente e antiga.

Estado do pavimento

O pavimento apresentava-se em bom estado geral mas com várias irregularidades, essencialmente devido a diferenças de nivelamento da superfície:

- Deficiente pavimentação na envolvente das caixas de visitas (telecomunicações).
- Existência de rasgos efectuados para puxadas de água, nos quais foi recolocado o pavimento original mas sem que se tivesse feito qualquer regularização da superfície.
- Zonas com deficiente repavimentação após a realização de aberturas, apresentando depressões e/ou lombas.

Caracterização das fontes de ruído

No local em causa regista-se dois tipos de fontes de ruído:

- Infra-estruturas de transporte:
 - rodoviário: EN109;
 - ferroviário: Linha do norte.
- Actividades ruidosas permanentes: Fábrica de papel da Portucel.

A fonte de ruído predominante é o tráfego rodoviário.

O ruído com origem na linha do norte e na fábrica de papel apenas assumiam relevância durante o período nocturno e no caso de o vento soprar de Norte/Nordeste.

Quanto ao tráfego na EN109, os veículos são maioritariamente de dois tipos:

- Ligeiros de passageiros e de mercadorias.
- Pesados: de dois mas, sobretudo, de três ou mais eixos.

O número de passagens de veículos de duas rodas não assumiu relevância.



Caracterização do troço da EN109 na zona onde se procedeu às medições:

- Uma faixa de rodagem em cada sentido, sem declive significativo.
- Existência de semáforo de controlo de trânsito no cruzamento entre a Rua Luís de Camões e a EN109, a cerca de 140 metros do ponto de medição.

Aquando das medições, a circulação de veículos caracterizou-se da seguinte forma:

- Volume de tráfego: Procedeu-se à contagem do número de passagens de veículos ligeiros e pesados. Os valores registados apresentam-se no quadro 3.
- Velocidade: Variava conforme o período do dia e a intensidade do tráfego. Não se procedeu à medição da velocidade média dos veículos, mas, empiricamente, pode dizer-se que a velocidade média de circulação era:
 - Reduzida (< 30 km/h) nas horas de ponta; acima dos 80 – 90 km/h, nas horas de menos trânsito (entre o fim do período de entardece e o início do período diurno).
 - De 50 km/h, em média ou tendencialmente superior.
- O modo de circulação variava com a hora do dia: nas horas de tráfego mais intenso, em que se formavam filas devido ao semáforo, havia um acréscimo de desacelerações e acelerações.

Quanto às várias componentes do ruído com origem do trânsito, observou-se que:

- A principal causa era o ruído do contacto dos pneus com o piso, sobretudo nas velocidades mais elevadas e no caso particular dos veículos pesados.
- Mesmo em situações de trânsito médio em que a velocidade de circulação não ultrapassasse os 50 km/h, e desde que os veículos circulassem isolados, ou seja, quando se mantinham distantes uns dos outros, a principal causa do ruído era o contacto pneu/piso.

**Quadro 3: Contagem do número de passagens de veículos**

Data	Hora Início	Tempo decorrido	Nº de veículos		
			Ligeiros	Pesados ¹⁾	% Pesados
22-06-2013	08:30	20 minutos	257	11	4.1
22-06-2013	10:20		282	8	2.8
22-06-2013	16:40		305	3	1.0
22-06-2013	18:30		312	1	0.3
24-06-2013	08:30		375	24	6.0
24-06-2013	10:30		315	25	7.4
24-06-2013	16:40		343	20	5.5
24-06-2013	18:30		429	12	2.7
22-06-2013	20:45		235	0	0.0
22-06-2013	21:30		220	2	0.9
22-06-2013	22:25		179	0	0.0
24-06-2013	20:45		213	16	7.0
24-06-2013	21:30		151	17	10.1
24-06-2013	22:25		140	7	4.8
21-06-2013	23:30		180	2	1.1
22-06-2013	00:40		97	4	4.0
22-06-2013	04:30		26	3	10.3
22-06-2013	06:15		52	6	10.3
24-06-2013	23:30		63	1	1.6
25-06-2013	00:40		40	1	2.4
25-06-2013	05:05	50	3	5.7	
25-06-2013	06:15	60	9	13.0	

¹⁾ Veículos de peso bruto superior a 3500 kg.

Condições meteorológicas

No quadro 4 apresenta-se os valores dos vários parâmetros monitorizados e a direcção predominante do vento.

As condições meteorológicas não assumem relevância tendo em conta a proximidade da fonte ao receptor. É verificada a equação 2 da NP ISO 1996-2, ou seja, $\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0.1$, em que:

hs = altura da fonte (0.3 m e 0.75 m para veículos ligeiros e pesados, respectivamente);

hr = altura do receptor (1.5 m);

r = distância entre a fonte e o receptor, projetada no plano horizontal (5.5 m).

A correcção C_{met} assume o valor zero.

**Quadro 4: Condições meteorológicas observadas no decorrer do período de observação**

Data	Hora Início	Estado Geral	Temp. [°C]	H.R. [%]	Vel Ar [m/s]	Direcção predominante do vento
21-06-2013	23:30	Céu limpo	14.2	86.0	1.52	Norte
22-06-2013	00:40	Céu limpo	13.8	89.3	0.71	Norte
22-06-2013	04:30	Céu limpo	12.1	90.8	0.36	Norte
22-06-2013	06:15	Céu limpo	13.5	82.7	0.26	Norte
22-06-2013	08:30	Céu limpo	18.0	71.9	1.23	Este
22-06-2013	10:20	Céu limpo	22.1	64.3	1.04	Este
22-06-2013	16:40	Céu limpo	20.9	65.9	2.95	Noroeste
22-06-2013	18:30	Céu limpo	21.2	70.3	2.84	Noroeste
22-06-2013	20:45	Céu encoberto	16.0	90.6	1.94	Oeste
22-06-2013	21:30	Céu parcial/ encoberto	15.3	90.6	1.80	Oeste
22-06-2013	22:25	Céu limpo	15.2	90.9	2.02	Oeste
24-06-2013	08:30	Céu limpo	24.8	29.3	2.60	Este
24-06-2013	10:30	Céu limpo	28.6	22.1	2.41	Este
24-06-2013	16:40	Céu limpo	27.8	40.7	2.46	Noroeste
24-06-2013	18:30	Céu limpo	28.9	42.0	1.28	Oeste
24-06-2013	20:45	Céu limpo	23.4	59.1	0.55	Oeste
24-06-2013	21:30	Céu limpo	20.7	67.8	0.85	Oeste
24-06-2013	22:25	Céu limpo	20.0	70.8	0.81	Oeste
24-06-2013	23:30	Céu limpo	18.0	78.6	0.73	Nordeste
25-06-2013	00:40	Céu limpo	16.9	81.5	0.44	Nordeste
25-06-2013	05:05	Céu limpo	23.4	21.8	0.83	Nordeste
25-06-2013	06:15	Céu limpo	25.1	20.2	1.07	Nordeste



Quadro 5: Resultados das medições efectuadas.

Período Ref. ^a	Dia	Data	Hora Início	Tempo decorrido	Medição	L _{Aeq,T} [dB(A)]	L _{Aeq,T} médio ¹⁾ [dB(A)]	L _{Aeq,LT} ²⁾ [dB(A)]
Diurno	1	22-06-2013	08:30	20 minutos	PD1_1	67.8	66.8	67.3
		22-06-2013	10:20		PD1_2	66.8		
		22-06-2013	16:40		PD1_3	65.6		
		22-06-2013	18:30		PD1_4	66.6		
	2	24-06-2013	08:30		PD2_1	67.8	67.8	
		24-06-2013	10:30		PD2_2	67.6		
		24-06-2013	16:40		PD2_3	67.6		
		24-06-2013	18:30		PD2_4	68.1		
Entardecer	1	22-06-2013	20:45	20 minutos	PE1_1	66.3	66.1	66.8
		22-06-2013	21:30		PE1_2	66.1		
		22-06-2013	22:25		PE1_3	66.0		
	2	24-06-2013	20:45		PE2_1	67.6	67.0	
		24-06-2013	21:30		PE2_2	66.8		
		24-06-2013	22:25		PE2_3	66.4		
Nocturno	1	21-06-2013	23:30	20 minutos	PN1_1	66.7	65.2	65.3
		22-06-2013	00:40		PN1_2	65.3		
		22-06-2013	04:30		PN1_3	60.6		
		22-06-2013	06:15		PN1_4	65.2		
	2	24-06-2013	23:30		PN2_1	65.3	65.3	
		25-06-2013	00:40		PN2_2	63.6		
		25-06-2013	05:05		PN2_3	64.3		
		25-06-2013	06:15		PN2_4	67.2		

Notas: PD – Período Diurno PE – Período de Entardecer PN – Período Nocturno.

¹⁾ Média logarítmica dos valores obtidos nas várias medições.

²⁾ Níveis sonoros médios de longa duração, resultantes da média logarítmica dos valores obtidos nas várias amostras.



6. CONCLUSÃO

Nos quadros seguintes apresenta-se os resultados finais assim como a sua confrontação com os valores limite aplicáveis.

Quadro 6: Resultados Finais

Níveis Sonoros de Longa Duração [dB(A)]		Indicadores de Ruído [dB(A)]	
		L_n	L_{den}
L_d	67		72
L_e	67		
L_n	65	65	

Quadro 7: Comparação dos valores obtidos com os valores-limite

Valores Obtidos [dB(A)]		Valores-Limite [dB(A)] ¹⁾ Zona Não Classificada ²⁾	São respeitados os VL? ³⁾
L_{den}	72	≤ 63	Não
L_n	65	≤ 53	Não

¹⁾ Valores-limite estabelecidos no n.º 1, art.º 11.º do DL 9/2007.

²⁾ De acordo com informação da Câmara Municipal de Aveiro, ainda não foi elaborada a carta de ruído para a Vila de Cacia.

³⁾ Não foi tida em conta a incerteza de medição associada aos resultados finais.

Nos termos do n.º 1 do artigo 19.º do Decreto-Lei 9/2007, *as infra-estruturas de transporte, novas ou em exploração à data da entrada em vigor do presente Regulamento, estão sujeitas aos valores limite fixados no artigo 11.º* (ver quadro 1).

Por outro lado, é referido no n.º 1 do artigo 8.º do mesmo diploma que *as zonas sensíveis ou mistas com ocupação expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores limite fixados no artigo 11.º devem ser objecto de planos municipais de redução de ruído, cuja elaboração é da responsabilidade das câmaras municipais.*

Acréscimo que, nos termos do n.º 2 do artigo 19.º acima referido: *os planos municipais de redução de ruído devem ser executados num prazo máximo de dois anos contados a partir da data de entrada em vigor do presente Regulamento, podendo contemplar o faseamento de medidas, considerando prioritárias as referentes a zonas sensíveis ou mistas expostas a ruído ambiente exterior que exceda em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11.º.*

Face à situação caracterizada e aos resultados obtidos, e embora esteja em falta o instrumento de planeamento no qual se devem enquadrar as normas acima referidas uma vez que ainda não foi



elaborada a Carta de Ruído para a Vila de Cacia e não estejam, por conseguinte, definidas as zonas sensíveis e mistas, considera-se prioritário a adopção de medidas correctivas com vista a salvaguardar a saúde e o bem-estar dos habitantes daquela vila com residência na envolvente à EN109.

Tais medidas terão necessariamente de passar por uma adequada gestão de tráfego naquela via, nomeadamente, pelo desvio dos veículos pesados e por um mais eficaz controlo da velocidade.

Aveiro, 25 de Julho de 2013.

Abel Barreto

(P'la Direcção do Núcleo Regional de Aveiro
da Quercus - A.N.C.N.)



7. ANEXOS

ANEXO A - Comparação dos Valores Obtidos com o Mapa de Ruído do Município de Aveiro.

ANEXO B - Estimativa do Número de Passagens de Veículos/Ano.

ANEXO C - Os Efeitos do Ruído na Saúde e os Indicadores de Ruído.

Os Efeitos do Ruído na Saúde

Os Indicadores de Ruído

Indicador de Nível de Pressão Máxima (L_{Amax})

O caso da EN109

ANEXO D - Controlo do Ruído de Tráfego Rodoviário.

O caso da EN109

Soluções propostas

ANEXO E - O Tráfego Rodoviário e as Vibrações.

Efeitos das vibrações transmitidas a edifícios

O caso da EN109

Referências.



ANEXO A

Comparação dos Valores Obtidos com o Mapa de Ruído do Município de Aveiro

Nota: Embora os valores obtidos e os apresentados no mapa de ruído não sejam, pelo menos sob o ponto de vista da acústica, comparáveis, visto que os primeiros foram registados com o microfone a 1.5 metros do solo e os segundos reportam-se a uma altura de 4 metros, entendeu-se por bem fazer a comparação que ora se apresenta.

Um mapa de ruído é uma representação geográfica do ruído ambiente exterior, onde se visualizam as áreas às quais correspondem determinadas classes de valores expressos em dB(A), reportando-se a uma situação existente ou prevista. [1]

No quadro A1 procede-se à comparação dos resultados obtidos com os valores previstos no Mapa de Ruído do Município de Aveiro para o local onde se realizaram as medições (Rua 31 de Janeiro). Ver figuras A2 e A3.

O mapa de ruído municipal de Aveiro (indicadores L_{den} e L_n), adaptado ao Decreto-Lei nº 9/2007, data de 2008 e pode ser consultado em <http://www.apambiente.pt/>.

Quadro A1: Comparação dos valores obtidos com os valores previstos na Carta de Ruído do Município de Aveiro

Valores Obtidos [dB(A)]	Valores Previstos [dB(A)]
$L_{den} = 72$	$60 < L_{den} \leq 65$
$L_n = 65$	$50 < L_n \leq 55$

Como se pode observar, os valores obtidos no presente estudo para ambos os indicadores são significativamente superiores aos valores previstos no Mapa de Ruído.

Faz-se notar que a elaboração do mapa de ruído é anterior à data de introdução de portagens no troço da A25 entre Aveiro e Angeja, pelo que o valor do TMDA para o troço da EN109 que atravessa a Vila de Cacia seria inferior ao verificado actualmente (ver anexo B), o que naturalmente teve repercussões nos níveis de ruído previstos à altura.

Não obstante o referido na nota inicial, e tendo em consideração que [1] *um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planeamento e ordenamento do território que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico devendo,*



portanto, ser adoptado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação, e que um mapa de ruído deverá fornecer informação para atingir os seguintes objectivos:

- preservar zonas sensíveis e mistas com níveis sonoros regulamentares;*
- corrigir zonas sensíveis e mistas com níveis sonoros não regulamentares;*
- criar novas zonas sensíveis e mistas com níveis sonoros compatíveis,*

pode-se afirmar que os valores previstos no Mapa de Ruído do Município de Aveiro, para o troço da EN109 constituído pela Rua 31 de Janeiro (e Rua da República), apresenta-se desactualizado face à situação observada actualmente.



Fig. A1 –
Vista aérea

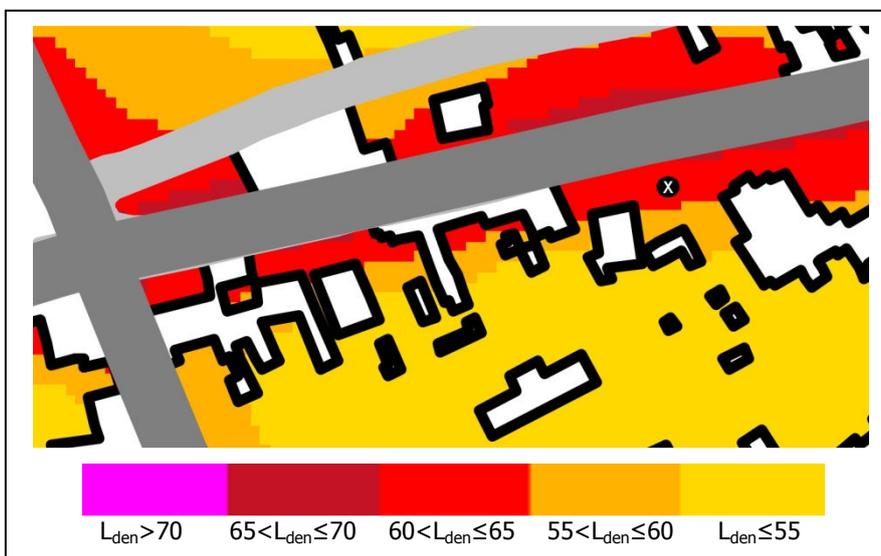


Fig. A2 – Extracto
mapa de ruído (L_{den})

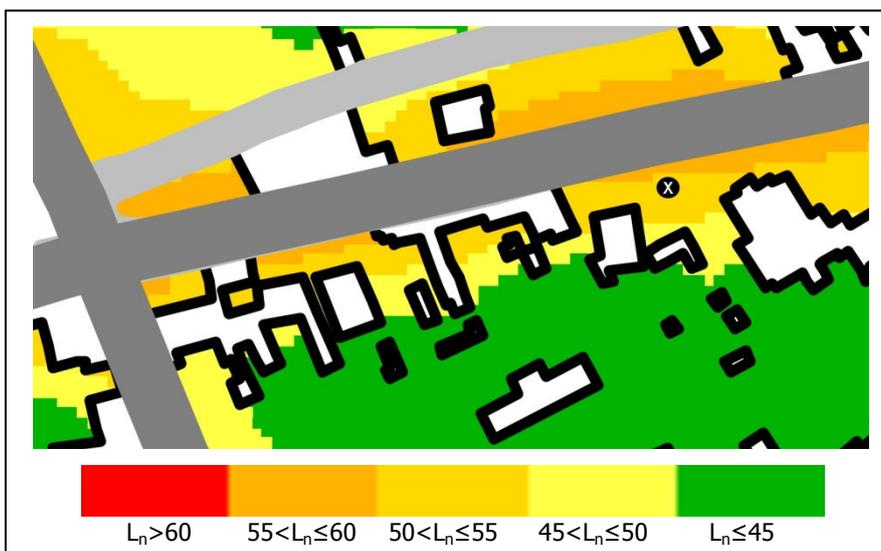


Fig. A3 – Extracto
mapa de ruído (L_n)



ANEXO B

Estimativa do Número de Passagens de Veículos/Ano

Na falta de dados que permitissem a determinação de uma estimativa do TMDA (tráfego médio diário anual) com mais rigor, procedeu-se ao cálculo de um valor médio para o número de passagens de veículos por ano na EN109, no local onde se realizaram as medições (Rua 31 de Janeiro), com base no número de passagens de veículos registadas durante os períodos de observação.

O resultado é apresentado no quadro B1.

Tendo em conta o valor determinado (6 143 224 passagens/ano), e mesmo assumindo que o mesmo possa estar afectado de um erro de 50%, conclui-se que o troço da EN109 em causa deveria ser classificado como uma *GIT - grande infra-estrutura de transporte rodoviário* (com mais de 3 000 000 passagens/ano).

Na pesquisa de informação realizada não se descobriu qualquer referência àquele troço da EN109 como sendo uma infra-estrutura classificada como uma GIT.

Tomando como exemplo o documento "Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído" [1], na tabela A.1 do seu anexo, o referido troço da EN109 não consta da listagem das infra-estruturas de transporte classificadas como GIT.



Quadro B1: Estimativa do nº passagens veículos/ano

Período da semana	P. Ref. ^a	Data	Hora	Nº de passagens observadas				Nº médio passagens por dia e por P. Ref. ^a	Total de passagens em um ano			
				VL/ 20 min	VP/ 20 min	Total/ 20 min	Total/ hora					
DU	PD	24-Jun	08:30	375	24	399	1197	13270	6143224			
		24-Jun	10:30	315	25	340	1020					
		24-Jun	14:40	343	20	363	1089					
24-Jun		18:30	429	12	441	1323						
FS		22-Jun	08:30	257	11	268	804					
		22-Jun	10:20	282	8	290	870					
		22-Jun	16:40	305	3	308	924					
DU		PE	22-Jun	18:30	312	1	313			939	1770	6143224
			24-Jun	20:45	213	16	229			687		
	24-Jun		21:30	151	17	168	504					
24-Jun	22:25		140	7	147	441						
FS	22-Jun		20:45	235	0	235	705					
	22-Jun		21:30	220	2	222	666					
DU	PN	22-Jun	22:25	179	0	179	537	1791	6143224			
		24-Jun	23:30	63	1	64	192					
		25-Jun	00:40	40	1	41	123					
25-Jun		05:05	50	3	53	159						
FS		25-Jun	06:15	60	9	69	207					
		21-Jun	23:30	180	2	182	546					
		22-Jun	00:40	97	4	101	303					
		22-Jun	04:30	26	3	29	87					
FS	22-Jun	06:15	52	6	58	174						

Notas:

- DU – Dia útil; FS – Fim-de-sabana.
- PD – Período de ref.^a diurno; PE - Período de ref.^a de entardecer; PN - Período de ref.^a nocturno
- VL – Veículos ligeiros; VP – Veículos pesados
- "Total/hora": "Nº passagens/20min" x 3
- "Nº médio passagens por P. ref.^a": PD: Média ("Total/hora") x 13 horas; PE: Média ("Total/hora") x 3 horas; PN: Média ("Total/hora") x 8 horas
- "Total de passagens em um ano": Somatório ("Nº médio passagens por P. ref.^a") x "Nº dias/ano"



ANEXO C

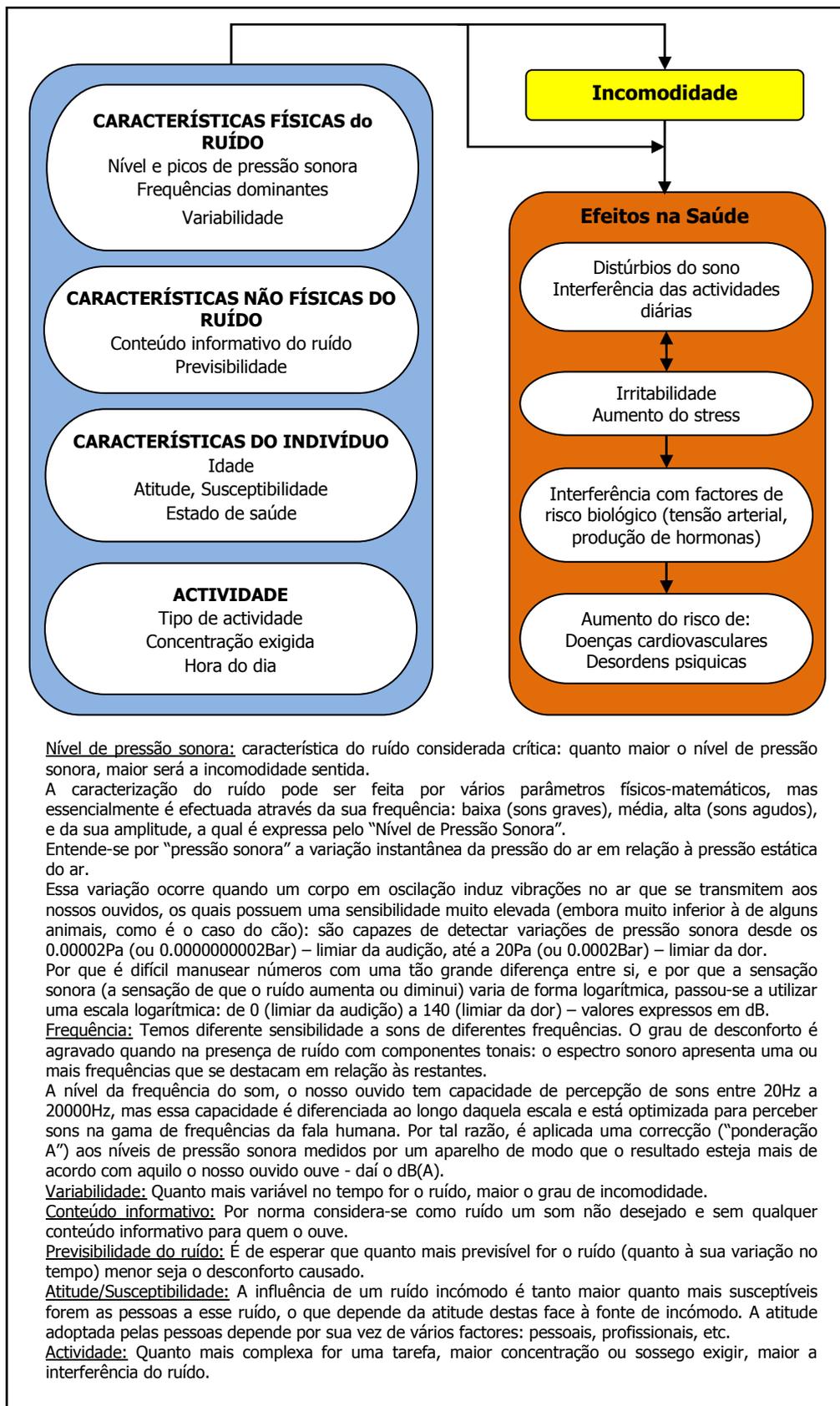
Os Efeitos do Ruído na Saúde e os Indicadores de Ruído

Os Efeitos do Ruído na Saúde

O que é o ruído?
Genericamente é um som que é desagradável ou indesejável para quem o ouve.

Quando em excesso, fala-se em poluição sonora.

Os efeitos do ruído na saúde dependem de vários factores, nomeadamente das características físicas do ruído e do próprio indivíduo e das condições em que ocorre a exposição. Podem limitar-se a simples incómodo ou, em casos extremos, levar à perda temporária ou permanente da capacidade auditiva, ocorrendo esta em situações de exposição profissional ao ruído (existe legislação específica que estabelece as prescrições mínimas de segurança a observar quando os trabalhadores estão expostos a determinados níveis de pressão sonora – Decreto-Lei 182/2006).





A incomodidade acústica devida à exposição ao ruído ambiente, entendendo-se este como o ruído global observado em determinado local e em determinado momento, com origem nas fontes sonoras próximas ou afastadas, ocorre em contextos variados: no trabalho (em actividades que requeiram concentração e sossego), em casa, em actividades de lazer, etc.

O grau de desconforto, de incomodidade e de possíveis efeitos indirectos na saúde causados pela exposição repetida e/ou continuada ao ruído ambiente depende de vários factores conforme se esquematiza de seguida.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS): *O ruído ambiente afecta a saúde e o bem-estar físico, mental e social. Há amplas evidências que mostram que níveis de ruído elevados interferem com a fala e a comunicação, causam distúrbios do sono, diminuição da capacidade de aprendizagem e desempenho escolar, aumento das hormonas relacionadas com o stress, alterações de pressão arterial, doença cardíaca isquémica, bem como o uso de drogas psicotrópicas e medicamentos.* [2]

A altura do dia mais crítica, no que respeita à interferência do ruído ambiente e dos seus possíveis efeitos na saúde é o período nocturno e, em particular, o período de sono.

Os distúrbios de sono são o principal efeito da exposição ao ruído ambiente e as suas consequências podem ser directas (ocorrendo durante o sono) e secundárias (manifestam-se durante o dia após uma noite de exposição). [3]

Como grupos mais vulneráveis aos efeitos da exposição ao ruído durante o sono [4], apontam-se os seguintes:

- Crianças: embora muitas vezes vistas como sendo menos sensíveis ao ruído durante a noite devido ao seu mais difícil acordar, para outros efeitos, no entanto, parecem ser tão ou mais reativas que os adultos.
- Pessoas idosas: Com a idade a estrutura do sono torna-se mais fragmentada, pelo que as pessoas idosas são mais susceptíveis a interferências durante o sono.
- Mulheres grávidas e pessoas com problemas de saúde: Devido à sua condição, são também mais afectadas por interferências durante o sono.
- Trabalhadores com horários de trabalho por turnos: estão em risco porque a sua estrutura de sono está sob *stress* devido às adaptações do seu ritmo circadiano.

Das várias fontes de ruído ambiente: tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, actividades ruidosas permanentes ou temporárias, o ruído do tráfego rodoviário é considerado o mais problemático, e é já reconhecido como um sério problema de saúde pública pela OMS. [5]



Os Indicadores de Ruído

Face às evidências existentes sobre o efeito da exposição ao ruído ambiente na saúde e bem-estar durante os períodos de repouso ou durante o exercício de determinadas actividades, torna-se necessário estabelecer medidas de *prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações*. É esse o objecto do Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 de Janeiro, que aprova o Regulamento Geral do Ruído. [6]

No referido decreto são definidos valores-limite, expressos por indicadores de ruído e que são utilizados como instrumentos de regulação da produção e controlo do ruído ambiente.

Nesse sentido, o artigo 11º do mesmo diploma, estabelece os valores-limite dos níveis de ruído que não devem ser ultrapassados em função do tipo de ocupação do solo.

- a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_n ;
- b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador L_n .

A nível europeu, cabe a cada estado membro estabelecer os valores a atribuir a cada um dos indicadores. Os requisitos estabelecidos no Decreto-Lei 9/2007, não são os mais exigentes nem os menos exigentes dos vários membros da União Europeia. [7]

Quanto ao tipo de indicadores de ruído utilizados, os mais comuns são o L_{den} para avaliar a incomodidade, e o L_n (L_{night}), para avaliar as perturbações do sono. Cada país pode adoptar indicadores de ruído suplementares como é o caso do L_{Amax} (nível máximo de pressão sonora), usado como indicador para o período nocturno em caso de picos de ruído. [9]

Os indicadores como o L_n , permitem estabelecer uma melhor correlação entre o ruído e os seus efeitos na saúde quando estes se fazem sentir a longo prazo, de que são exemplo as doenças cardiovasculares.

De acordo com a OMS [4], não há evidências suficientes que relacionem os efeitos biológicos observados para valores de L_n abaixo de 40 dB(A).

No entanto, são já observados efeitos adversos para valores de L_n acima de 40 dB(A), tal como distúrbios do sono, insónia, e o aumento do consumo de medicamentos para dormir.

Para valores de L_n acima de 55 dB(A), os efeitos cardiovasculares assumem maior relevância.

Apresenta-se de seguida informação sobre recomendações da OMS para os níveis de ruído durante a noite para protecção da saúde pública. [4]



Quadro C1: Resumo dos efeitos na saúde observados na população devido à exposição ao ruído ambiente.¹⁾

L_n	Efeitos na saúde observados na população
Até 30 dB	Embora as sensibilidades individuais e circunstâncias possam diferir, parece que até este nível não são observados efeitos substanciais.
30 até 40dB	São observados vários efeitos no sono. A intensidade dos efeitos depende da natureza da fonte e do nº de eventos. Contudo, mesmo nos casos mais graves, os efeitos parecem ser modestos.
40 até 55 dB	São observados efeitos adversos na saúde. Muitas pessoas têm de adaptar a sua vida para lidar com o ruído nocturno. Os grupos mais vulneráveis são os mais severamente afectados.
Acima de 55 dB	A situação é considerada perigosas para a saúde pública. Ocorrem frequentemente efeitos adversos e uma considerável proporção da população é altamente incomodada e afectada durante o sono. Existem evidências de que o risco de acidentes cardiovasculares aumenta.

¹⁾ Com base na revisão sistemática de provas produzidas por estudos experimentais e epidemiológicos.

Quadro C2 – Valores recomendados

Valores recomendados para L_n ¹⁾	
Valor recomendado	$L_n = 40$ dB(A)
Valor proposto para os países em que por várias razões não possam garantir o valor recomendado a curto prazo.	$L_n = 55$ dB(A)

¹⁾ Valores estabelecidos com base na relação exposição/efeitos apresentados no quadro C1.

Entende-se L_n como sendo obtido a partir de medições efectuadas na fachada mais exposta ao ruído e a quatro metros de altura em relação ao solo.

Quadro C3: Sumário dos efeitos e limiares de exposição para os quais há suficientes evidências¹⁾

Efeitos		Indicador	Limiar de exposição [dB(A)]
Efeitos biológicos	Alteração da actividade cardiovascular	*	*
	Alterações na duração dos vários estágios do sono, na estrutura e fragmentação do sono	$L_{Amax, Interior}$	35
Qualidade do sono	Acordar durante a noite e/ou muito cedo pela manhã	$L_{Amax, Interior}$	42
	Fragmentação do sono, redução o tempo de sono	*	*
Bem-estar	Relato de distúrbios do sono ¹⁾	L_n	42
	Uso de psicofármacos indutores do sono	L_n	40
Condições médicas	Insónia ("environmental insomnia" ²⁾)	L_n	42

* Embora tenha sido demonstrado a ocorrência do efeito ou possa ser estabelecida uma plausível relação causa/efeito, não foi possível estabelecer um limiar de exposição.

¹⁾ Entende-se como "limiar", o valor acima do qual o efeito ocorre ou mostra-se dependente do nível de exposição.

Para estes efeitos, poderá também ser estabelecida uma relação dose-efeito para determinado intervalo de exposição.

²⁾ "Environmental insomnia" é o resultado de diagnóstico médico, enquanto "Relato de distúrbios do sono" é essencialmente o mesmo, mas relatado em contexto de pesquisa social.



Quadro C4: Sumário dos efeitos e limiares de exposição para os quais as evidências existentes são limitadas

Efeitos		Indicador	Estimativa do limiar de exposição [dB(A)]
Efeitos biológicos	Alterações nos níveis das hormonas relacionadas com o stress	*	*
Bem-estar	Sonolência / cansaço durante o dia e o entardecer	*	*
	Aumento da irritabilidade durante o dia	*	*
	Reclamações	L_n	35
	Diminuição das capacidades cognitivas	*	*
Condições médicas	Insónia	*	*
	Hipertensão	L_n	50
	Obesidade		
	Depressão (nas mulheres)	*	*
		*	*
	Redução da esperança de vida	*	*
	Desordens psíquicas	L_n	60
Acidentes de trabalho	*	*	

* Embora tenha sido demonstrado a ocorrência do efeito ou possa ser estabelecida uma plausível relação causa/efeito, não foi possível estabelecer um limiar de exposição.

Indicador de Nível de Pressão Máxima (L_{Amax})

Os efeitos instantâneos, como distúrbios do sono provocados por eventos acústicos individuais (tal como a passagem de um camião ou de um comboio), são melhor descritos por indicadores como o nível máximo, L_{Amax}

Embora ainda não suficientemente estudado, considera-se que a ocorrência de eventos acústicos (picos de ruído) constituam uma agravante dos efeitos na saúde do ruído ambiente. [4]

Os indicadores L_{den} e L_n são determinados com base no parâmetro $L_{Aeq,T}$ o qual representa o nível de pressão sonora equivalente, com ponderação A, no período de tempo de medição (T).

Tomando como exemplo a situação representada na Fig. C1, para um período de tempo de 60 segundos, o valor de $L_{Aeq,60s}$ é igual a 75 dB(A), significando este que o valor do nível "médio" de pressão sonora do ruído ambiente registado (som variável) durante aqueles 60 segundos, é *equivalente* ao nível de pressão sonora de um som uniforme de 75 dB(A). Sendo um valor *médio*, não fornece informação sobre os picos de ruído.

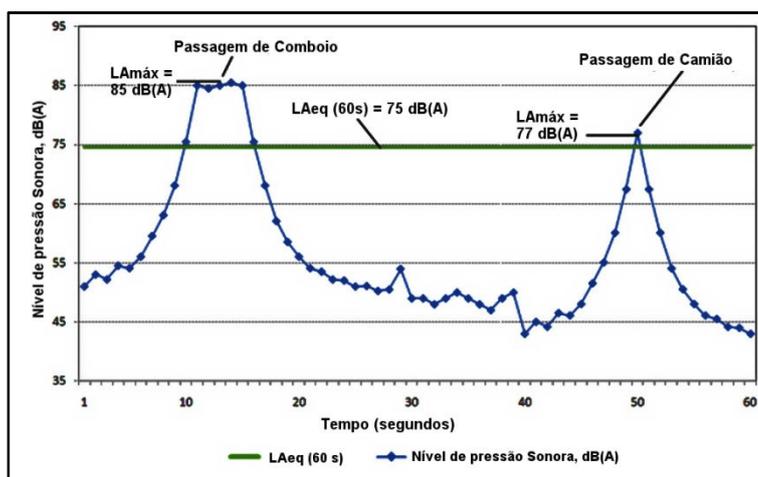


Fig. C1 – Exemplo de L_{Aeq} e de L_{Amax} (fonte: [8])

Tomando novamente como exemplo os

dados da Fig. C1, verifica-se que o nível de pressão sonora é bastante variável ao longo do período de 60 segundos e que há a ocorrência de dois eventos: a passagem de um comboio e a passagem de um camião. Nesses 60 segundos, os valores medidos são: $L_{Aeq,60s} = 75$ dB(A); $L_{Amax} = 85$ dB(A)



Como se pode verificar, existe uma diferença significativa entre os valores dos dois indicadores, daí o interesse do indicador L_{max} na caracterização do ruído ambiente.

Por norma não é utilizado o indicador L_{Amax} como valor-limite para controlo do ruído ambiente, existem contudo recomendações para o $L_{Amax,Interior}$ (ver quadro C3 e C5). Há dois países da EU que recorrem àquele indicador, sendo um deles a Suécia (ver quadro C6).

Quadro C5: Valores-guia para ruído comunitário ("community noise") (fonte: [3])

Ambiente	Efeito	Indicador	
		L_{Aeq} [dB(A)]	L_{Amax} [dB(A)]
Interior da habitação	Interferência na inteligibilidade da fala. incómodo moderado	35 ¹⁾	--
Interior dos quartos	Distúrbios do sono	30 ²⁾	45
Exterior dos quartos	Distúrbios do sono	45 ²⁾	60 ³⁾

¹⁾ Período de integração: 16 horas. ²⁾ Período de integração: 8 horas. ³⁾ Valor exterior. Janela quarto aberta.

Quadro C6: Limites de ruído ambiente - Suécia-2008 (fonte: [7], [16])

Fonte de ruído	Indicador	
	$L_{Aeq,Exterior}$ [dB(A)]	$L_{Amax,Exterior}$ [dB(A)]
Tráfego rodoviário	55	70

O caso da EN109

Para efeitos de comparação, apresenta-se no quadro C7 os valores de L_{Amax} registados nas várias medições efectuadas.

Quadro C7: Valores de L_{Amax}

Período	Dia	Data	Medição	Hora de início	Tempo decorrido	L_{Aeq} [dB(A)]	$L_{Amax,Exterior}$ ¹⁾ [dB(A)]
Diurno	1	22-06-2013	PD1_1	08:30	20 minutos	67.8	85.7
		22-06-2013	PD1_2	10:20		66.8	81.4
		22-06-2013	PD1_3	16:40		65.6	82.1
		22-06-2013	PD1_4	18:30		66.6	77.6
	2	24-06-2013	PD2_1	08:30		67.8	85.0
		24-06-2013	PD2_2	10:30		67.6	84.6
		24-06-2013	PD2_3	16:40		67.6	84.6
		24-06-2013	PD2_4	18:30		68.1	81.5
Entardecer	1	22-06-2013	PE1_1	20:45	66.3	80.4	
		22-06-2013	PE1_2	21:30	66.1	81.2	
		22-06-2013	PE1_3	22:25	66.0	80.7	
	2	24-06-2013	PE2_1	20:45	67.6	87.1	
		24-06-2013	PE2_2	21:30	66.8	84.0	
		24-06-2013	PE2_3	22:25	66.4	86.1	
Nocturno	1	21-06-2013	PN1_1	23:30	66.7	80.5	
		22-06-2013	PN1_2	00:40	65.3	83.9	
		22-06-2013	PN1_3	04:30	60.6	84.0	
		22-06-2013	PN1_4	06:15	65.2	84.6	
	2	24-06-2013	PN2_1	23:30	65.3	84.7	
		25-06-2013	PN2_2	00:40	63.6	83.6	
		25-06-2013	PN2_3	05:05	64.3	84.0	
		25-06-2013	PN2_4	06:15	67.2	83.7	



Constata-se que a diferença entre os valores de L_{Aeq} e L_{Amax} é, em todas as medições, bastante significativa. Na Fig. C2 apresenta graficamente os valores obtidos, por banda de frequência, de uma das medições.

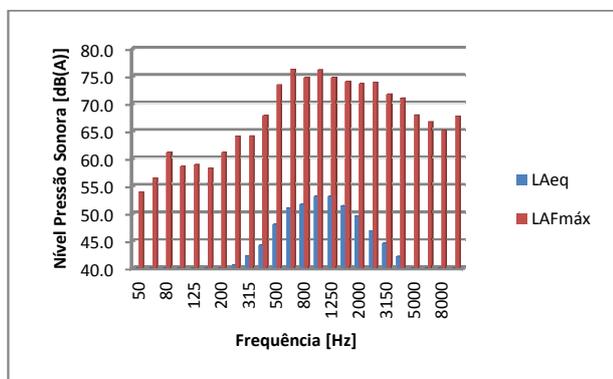


Fig. C2 – Medição PN1_3.

Quadro C8 – Comparação de valores

Fonte	Indicador	Valores-limite / Recomendados	Valores Obtidos [dB(A)]
OMS - <i>Guidelines for Community Noise</i> (quadro C2)	L_n	40	65
Decreto-Lei 9/2007 - Zonas Mistas ¹⁾		55	
OMS - <i>Night Noise Guidelines for Europe</i> (quadro C5)	$L_{Amax, Exterior}$	60	77.6; 87.1 ²⁾
Regulamentação sobre ruído ambiente – Suécia (quadro C6)		70	

¹⁾ Tendo em conta a classificação que provavelmente será atribuída à zona envolvente à EN 109.

²⁾ Valor mínimo e máximo registados nas várias medições efectuadas.

Verifica-se que os valores obtidos nas medições realizadas são significativamente superiores aos valores recomendados ou aos valores-limite estabelecidos.

Face aos valores obtidos no presente estudo para o indicador $L_{Amax, Exterior}$, é de prever que, nas habitações adjacentes à EN109, a incomodidade causada pelo ruído de tráfego rodoviário seja superior à esperada tendo em conta apenas o indicador L_n .



ANEXO D

Controlo do Ruído de Tráfego Rodoviário

Além dos custos de saúde associados ao ruído, podem-se identificar outras situações em que esse efeito adverso seja sentido, nomeadamente na eventual redução do valor dos imóveis a que ele estejam sujeitos sem qualquer tipo de contrapartida indirectamente compensatória, nos custos associados à perda de qualidade de vida e ao próprio custo das medidas de minimização necessárias para cumprir os limites legais. No entanto e apesar dos elevados custos globais associados ao ruído de transportes serem difíceis de determinar, é absolutamente claro que a magnitude dos benefícios retirados da minimização do ruído ambiente excedem largamente os custos de investimento e como tal são plenamente justificáveis. [10]

Nos termos do nº 3, artigo 19º do Decreto-Lei 9/2007 [6], para efeitos do controlo do ruído nas zonas envolventes das infra-estruturas de transporte *devem ser adoptadas as medidas necessárias, de acordo com a seguinte ordem decrescente:*

- a) Medidas de redução na fonte de ruído;*
- b) Medidas de redução no meio de propagação de ruído.*

No caso do tráfego rodoviário, as emissões sonoras provêm de várias origens:

- do motor;
- do ruído aerodinâmico;
- do rolamento resultante da interacção pneu/estrada.

É esta última a principal componente de ruído ambiente com origem no tráfego rodoviário.

O ruído com origem no contacto do pneu com o pavimento depende, por sua vez, de vários factores:

- Características do veículo: tipo e estado dos pneus, tipo e estado da suspensão.
- Tipo de veículo: pesado, ligeiro, com carga/sem carga.
- Condições de circulação: velocidade.
- Características do pavimento: rugosidade, características de absorção, etc.

Na implementação de medidas de controlo de ruído na fonte ter-se-á que ter em consideração aqueles factores.



Quadro D1: Soluções para redução do ruído rodoviário na fonte

Factor	Soluções
Características do veículo	Os construtores procuram continuamente melhorar os seus veículos por forma a minimizar a geração de ruído. Por outro lado existem mecanismos que contribuem para que os veículos em circulação se mantenham em condições adequadas (inspeções periódicas obrigatórias).
Tipo de veículo e volume de tráfego	Condicionamento da circulação de veículos em função do seu tipo ou da natureza da carga transportada e das características da via e da zona em que esta se localiza. Criação de vias alternativas ao trânsito de passagem nas zonas urbanas (vulgo variantes).
Condições de circulação	Alteração do traçado da via, construção de rotundas, sinalização, inclusão de dispositivos de controlo de velocidade (bandas sonoras, lombas, radares).
Características do pavimento	Alteração do tipo de pavimento. Utilização de materiais betuminosos na camada de desgaste que minimizem a geração de ruído ou maximizem a sua absorção. Manutenção do estado do pavimento em bom estado de conservação.

O caso da EN109

No quadro D2 faz-se uma caracterização da situação observada aquando das medições acústicas na EN109, Rua 31 de Janeiro.

Quadro D2: Caracterização da situação observada na EN109 (Rua 31 de Janeiro)

Factor	Caracterização
Tipo de veículo	Circulação de veículos ligeiros de passageiros e de mercadorias. Circulação veículos pesados de dois eixos, sobretudo, de três ou mais eixos, com carga e sem carga. Não existe limitação à circulação de veículos pesados, nem em função do seu tipo, nem em função do seu tipo ou natureza da carga transportada.
Condições de circulação	Limite e velocidade de circulação: 50 km. Existência de semáforos de controlo do fluxo de trânsito em cruzamentos e limitação de velocidade. A velocidade de circulação varia em função do período do dia e a intensidade do tráfego: reduzida (< 30 km/h) nas horas de ponta e acima dos 80 – 90 km/h, nas horas de menos trânsito. Nas horas de menos trânsito (circulação de veículos isolados) e em situações em que a passagem dos veículos coincide com os semáforos em sinal aberto, não ocorre abrandamento observando-se velocidades de circulação significativamente acima dos 90 km/h.
Características do pavimento	O piso apresenta-se, de uma forma geral, regular e em bom estado. Existência de várias irregularidades, essencialmente devido a diferenças de nivelamento de superfícies reparadas: deficiente pavimentação na envolvente das caixas de visitas (telecomunicações); existência de rasgos efectuados para puxadas de água; zonas com deficiente repavimentação após a realização de aberturas. Nas figuras apresenta-se as principais situações de irregularidades no pavimento existentes em uma extensão de 50 metros para ambos os lados do ponto de medição.



Fig. D1 – Piso desnivelado.

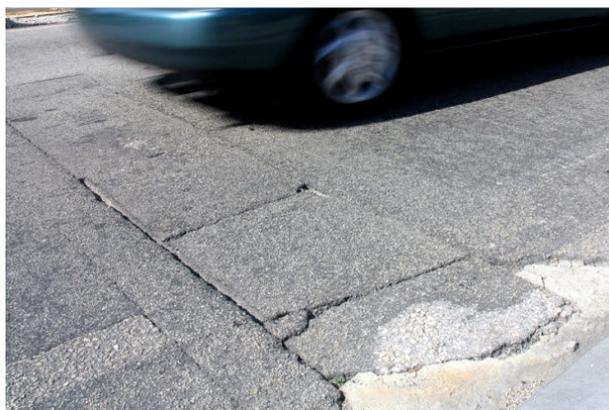


Fig. D1 – Rasgo para puxada de água, com reposição da camada de desgaste original mas sem regularização do nivelamento da superfície.



Fig. D2 – Caixas de visitas com juntas desniveladas em relação à superfície envolvente.



Fig. D3 – Irregularidades devido a emendas mal efectuadas (depressões e lombas)



As irregularidades existentes no piso no troço em avaliação da EN109 são a principal causa de incomodidade, quer pelo acréscimo do nível médio de ruído, quer pela ocorrência de ruídos de impacto quando as rodas dos veículos as atravessam.

O ruído faz-se notar mais durante o período de entardecer e nocturno e assume particular importância no caso dos veículos pesados sobretudo quando circulam sem carga ou com esta mal presa, circulam com atrelados ou ainda quando possuem elementos agregados à estrutura do atrelado ou à caixa de carga que se apresentem soltos e choquem entre si aquando de solavancos (exemplo das correntes).

Soluções propostas

De acordo com [10], *do conjunto de soluções de redução do ruído disponíveis, as medidas de gestão do tráfego são aquelas que se apresentam como as de aplicação "mais Simples" e com menor impacto económico.*

E é no campo das medidas de gestão de tráfego que reside a solução do problema do ruído de tráfego na Vila de Cacia.

No seguimento do apresentado no quadro D1, propõem-se as seguintes medidas, que são, de resto, meras questões de bom-senso:

1) Criação de alternativa à EN109 para o trânsito de passagem. Essa alternativa já existe, no entanto tem-se de criar condições (nomeadamente pela eliminação das portagens) para que a sua utilização seja preferível à da EN109.

As portagens foram instaladas como meio de obter recursos financeiros para fazer face aos custos da autoestrada, no entanto, não se cuidou de avaliar os efeitos que tal medida teria, nomeadamente na distribuição do tráfego rodoviário e das pressões que passariam a ser exercidas nas eventuais "alternativas" à autoestrada.

Tendo o troço da EN109 que atravessa a Vila de Cacia características marcadamente urbanas, não poderá ser considerado como alternativa à autoestrada. A introdução de portagens na A25 subverteu um dos princípios básicos de gestão de tráfego em zonas urbanas: em vez de o desviar, conduziu o trânsito para o interior da malha urbana.

2) Condicionamento do trânsito de passagem de veículos pesados: são estes que dão origem a níveis mais elevados de pressão sonora.

Esse condicionamento deverá fazer-se de forma discriminada, tendo em conta em particular o peso e volume, e o tipo da carga transportada (tipo de materiais ou substâncias).

Esta medida, além de levar a uma diminuição do ruído ambiente, tem ainda as seguintes vantagens:

- A diminuição da circulação de veículos com cargas demasiado pesadas evita a rápida degradação do piso da estrada, quer ao nível do desgaste da sua superfície, quer no aparecimento de fendas ou abertura de buracos.



- A inexistência de veículos de grande porte a circular naquele troço da EN109, torna-a mais segura, de mais fácil utilização por peões e velocistas e minimiza-se ou elimina-se o risco de acidentes graves associados a veículos de transporte de materiais perigosos (substâncias inflamáveis, substâncias cáusticas, entre outras).

- De uma forma geral, a melhoria da qualidade de vida dos habitantes da Vila de Cacia que moram junto ou nas imediações da EN 109 ou que a utilizam diariamente nas suas deslocações.

3) Limitação da velocidade de circulação, por meio de instalação de dispositivos dissuasores, nomeadamente radares de controlo de velocidade, de preferência associados a meios de aplicação de coimas por excesso de velocidade de forma a garantir a sua eficácia.

Esta medida, de fácil implementação, tem como consequência directa a diminuição do ruído com origem no tráfego, e, também, os efeitos indirectos acima referidos, nomeadamente mais segurança para quem utiliza aquela estrada.

4) Manutenção do pavimento: além da sua manutenção regular deverá pugnar-se para que após a realização de obras de instalação ou manutenção de equipamentos técnicos no subsolo do eixo da via (saneamento, abastecimento de água, telecomunicações, abastecimento de gás, etc.), o piso seja repostado de forma a garantir a sua adequada estabilidade (para evitar deformações) e as áreas corrigidas sejam correctamente niveladas com a superfície envolvente.

A reparação ou eliminação das irregularidades existentes no piso da EN109 assume-se como sendo uma medida premente e de implementação a mais breve termo.



ANEXO E

O Tráfego Rodoviário e as Vibrações

O som e as vibrações mecânicas são dois fenómenos vibratórios que normalmente têm a mesma origem, sendo comum os problemas de ruído estarem associados à transmissão de vibrações.

Tal como um som pode ser agradável ao ouvido (música) ou não (ruído de martelo pneumático), as vibrações também podem ser agradáveis (colchão vibratório), desagradáveis (veículo de suspensão dura em piso de paralelo) ou perigosas para a saúde (transmissão de vibrações à mão por um martelo pneumático).

As vibrações, tal como o som, propagam-se da fonte até ao receptor por movimentos oscilatórios do meio de propagação - o ar ou sólidos, para o receptor.

No caso das vibrações transmitidas ao corpo de uma pessoa, a sua via de entrada no corpo é a base de sustentação: os pés, quando de pé, uma cadeira ou sofá quando sentados ou a cama, quando deitados.

O contacto de um veículo com o piso de uma estrada induz cargas dinâmicas no pavimento que originam ondas vibratórias que se propagam através do solo e, eventualmente, até às fundações dos edifícios adjacentes.

As vibrações associadas ao tráfego rodoviário são sobretudo causadas pelos veículos pesados, como autocarros e camiões, quando passam sobre irregularidades na superfície do pavimento (buracos, lombas, desníveis).

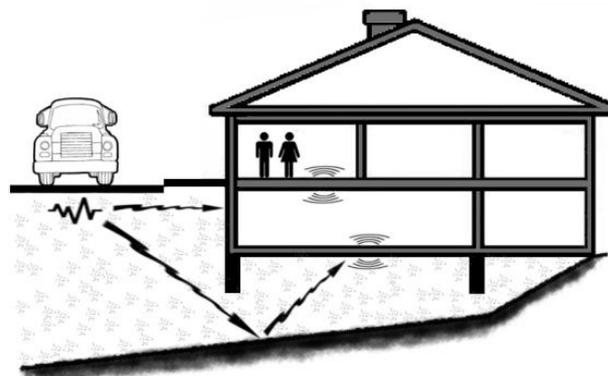


Fig. E1 – Transmissão das vibrações induzidas pelo tráfego rodoviário.

O tráfego rodoviário tende a produzir vibrações com frequências compreendidas entre 5 Hz e 25 Hz. [11]

A este propósito, salienta-se que na normalização em vigor as gamas de frequência adoptadas na determinação do nível de vibrações são as seguintes:

- Incomodidade devida à vibração: 1 Hz a 80 Hz.
- Danos em edifícios: 1 Hz a 500 Hz.

De acordo com [11], as frequências predominantes e a sua amplitude dependem de muitos factores incluindo o estado do pavimento da estrada; peso do veículo, velocidade e tipo de suspensão; o tipo de solo e a sua estratificação, distância entre a estrada e o edifício; e o tipo de edifício. Existe uma interdependência dos vários factores e é difícil estabelecer relações simples entre os mesmos.

O efeito da velocidade do veículo, por exemplo, depende do estado do pavimento da estrada. Geralmente, quanto mais rugosa ou degradada a superfície, maior influência tem a velocidade na amplitude das vibrações produzidas.

O tipo de suspensão do veículo, por outro lado, depende da velocidade da circulação e do estado do pavimento. Para velocidades reduzidas a influência do tipo de suspensão não é significativo, mas, para velocidades mais elevadas e estradas com piso irregular, o tipo de suspensão já assume como um factor de maior importância.

Na figura E2 [11] faz-se a comparação dos níveis de vibrações induzidas em um edifício pela passagem na estrada adjacente de um autocarro e de um camião. Verifica-se que, para as mesmas condições da superfície e de velocidade (50 km/h), o valor da magnitude das vibrações induzidas pelo autocarro é quase o dobro das induzidas pelo camião.

A causa daquele fenómeno foi atribuída às diferenças entre o tipo de suspensão dos dois veículos: suspensão pneumática no autocarro, e suspensão convencional – molas de lâminas -, no camião.

Foram obtidos resultados similares em outros estudos com camiões com um ou outro daqueles dois tipos de suspensão. [12]

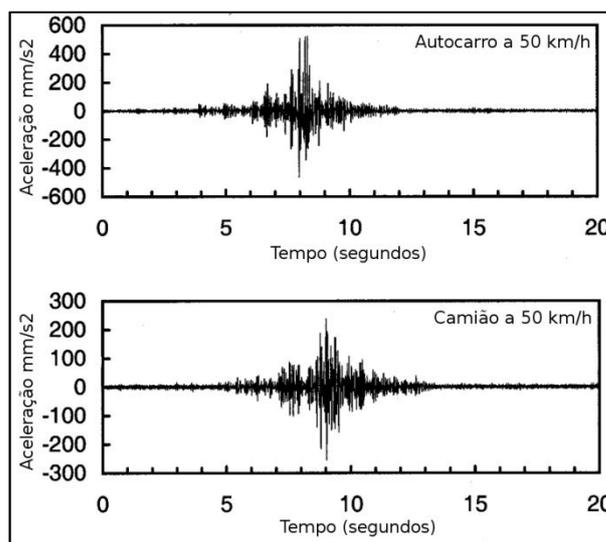


Fig. E2 – Comparação do nível de vibrações induzidas por um autocarro e um camião com sistemas de suspensão diferentes.

Nos veículos pesados são utilizados aqueles dois sistemas de suspensão: de um modo geral [13], os veículos com peso bruto inferior a 5000kg têm apenas o sistema convencional, enquanto que nos de peso bruto superior a 5000kg é uma combinação do sistema convencional e do pneumático: continuam a ter as molas, amortecedores e barras estabilizadoras mas têm também os foles pneumáticos.

Efeitos das vibrações transmitidas a edifícios

Não existe ainda consenso global quanto aos efeitos na saúde da exposição às vibrações em edifícios, encarando-se este problema mais como uma situação de incomodidade.

Os efeitos das vibrações podem agrupar-se nas seguintes categorias:

- Incómodo devido à sensação da vibração enquanto tal.
- Incómodo devido ao ruído estrutural produzido pela vibração.
- Danos nos edifícios.
- Interferência no funcionamento de equipamentos.



Já parece ser consensual que os principais problemas das vibrações induzidas pelo tráfego rodoviário, estão relacionados com os distúrbios causados nas populações expostas ou na perturbação de determinadas actividades que envolvem equipamentos altamente sensíveis e que, no que respeita ao potencial dano dos edifícios, não é usual a sua ocorrência, podendo no entanto contribuir para outros processos de deterioração ou de fadiga. [14]

A nível legislativo não existem valores-limite para as vibrações sentidas em edifícios (existe legislação específica para prevenção dos riscos associados à exposição às vibrações durante o trabalho – Decreto-Lei 46/2006).

Existem várias normas, emitidas por organismos internacionais de normalização, de que são exemplo as normas ISO 2631, que estabelecem limites de exposição em função do tipo de edifício e frequências dominantes. [15]

O caso da EN109

No troço que atravessa a Vila de Cacia, a existência de irregularidades no pavimento em conjugação com o elevado fluxo de trânsito de veículos pesados, a grande maioria de peso bruto acima de 5000kg, leva a que os impactos dos rodados na superfície da estrada sejam frequentes, gerando vibrações que facilmente são transmitidas aos edifícios da envolvente que, em alguns casos, estão mesmo à face da estrada.

Como é no período de descanso (entardecer e noite) que tais impactos se fazem mais sentir, devido à maior velocidade a que os veículos pesados circulam, as vibrações induzidas nos edifícios poderão ser particularmente incomodativas.

Por outro lado, além da percepção das vibrações, há ainda a registar um acréscimo do ruído ambiente devido ao ruído gerado pela vibração do edifício, nomeadamente das estruturas mais leves (janelas, portas), dos móveis, etc.

No que toca à eventual degradação dos edifícios, embora possa não ser possível estabelecer uma relação directa de causa/efeito entre as vibrações e a degradação dos edifícios, é de esperar que os mais expostos às vibrações por se encontrarem mesmo à face da estrada sofram uma aceleração no processo natural de degradação, nomeadamente a nível dos revestimentos de superfícies.



Referências:

- [1] Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído - Versão 3. Agência Portuguesa do Ambiente, Dezembro 2011.
- [2] WHO - World Health Organization. Press Release WHO/57, 31 Julho 1998.
- [3] Berglund, B., Lindvall, T. e Schwela, D. *Guidelines for Community Noise*. WHO - World Health Organization, 1999.
- [4] *Night Noise Guidelines for Europe*. WHO - World Health Organization, 2009.
- [5] Boer, L.C. e Schroten, A. *Traffic noise reduction in Europe - Health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise*. Brussels, 2007.
- [6] Diário da República, 1ª série — Nº 12, 17 de Janeiro de 2007.
- [7] Rosão, V. T., (Tese Doutoramento). *Desenvolvimentos sobre Métodos de Previsão, Medição, Limitação e Avaliação em Ruído e Vibração Ambiente*. Universidade do Algarve, 2011.
- [8] *Railway Noise Measurement and Reporting Methodology*. Canadian Transportation Agency. <http://www.cta-otc.gc.ca/> (atualizado em 23/07/2013).
- [9] Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002.
- [10] Oliveira de Carvalho, A. P., Rocha, C. *Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído*. APA, 2008.
- [11] Hunaidi, O. *Traffic Vibrations in Buildings*. Construction Technology Update Nº 39, National Research Council of Canada, Junho de 2000.
- [12] Hunaidi, O. Tremblay, M. *Traffic-induced building vibrations in Montréal*. National Research Council of Canada, 1997.
- [13] *Mecânica de Veículos Pesados para Inspectores I*. CEPRA - Centro de Formação Profissional da Reparação Automóvel. Lisboa, 2007.
- [14] Soares, S. M. (Dissertação de mestrado em Eng. Civil) *Vibrações induzidas em edifícios sensíveis devido ao tráfego rodoviário*. Universidade do Porto, 2009
- [15] ISO 2631-1:1997 -Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements; Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz).
- [16] <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/Buller/Buller-fran-vagar-och-jarnvagar/>