

AVALIAÇÃO DE RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA SITUAÇÃO EM PORTUGAL

PACS: 43.15.+s

Carlos Aroeira⁽¹⁾; Ana Bicker⁽¹⁾; Cristina Leão⁽¹⁾; Luís Conde⁽¹⁾; Carlos César Rodrigues⁽²⁾

⁽¹⁾ dBwave.i; ⁽²⁾ Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

⁽¹⁾ Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, 33; 2780-920 Porto Salvo; Portugal; Tel: (+351) 214228197; Fax: (+351) 214228120; e-mail: dbwave@dbwave.pt

⁽²⁾ Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1; 1959-007 Lisboa; Portugal; Tel:(+351) 218317000; Fax: (+351) 218317162; e-mail: crodrigues@adf.isel.pt

Palavras chave: Avaliação, Ruído, Baixa Frequência

ABSTRACT

Although situations related with low frequency noise discomfort regularly arise in Portugal, the applicable legislation does not establish adequate evaluation criteria for this particular type of noise.

This situation often presents a difficult challenge to the noise assessment technicians, especially when noise complaints arise, as they have to decide on the existence of possible discomfort, without defined low frequency noise legal limits and without international consensus on the best evaluation practices.

In this paper, the authors present a review of several evaluation low frequency noise discomfort criteria, suggesting a possible evaluation methodology that complements the existing portuguese noise regulations.

RESUMO

Apesar de em Portugal surgirem regularmente situações relacionadas com a incomodidade devida à propagação de ruído de baixa frequência, a regulamentação portuguesa aplicável não estabelece critérios adequados à respectiva avaliação.

Tal situação coloca aos técnicos responsáveis pelas avaliações de ruído, designadamente em situações de queixas por incomodidade, um desafio difícil de ultrapassar, já que têm de se pronunciar sobre a eventual existência desta, sem que se encontrem definidos limites legais específicos para ruído de baixa frequência e sem que exista consenso internacional sobre as melhores práticas de avaliação.

Neste artigo, os autores apresentam uma revisão de diversos critérios de avaliação de incomodidade devido a ruído de baixa frequência, sugerindo uma metodologia de avaliação que complemente a regulamentação portuguesa existente.

1. INTRODUÇÃO

A propagação de ruído de baixa frequência, tipicamente associada ao funcionamento de maquinaria industrial, é um fenómeno actualmente reconhecido pela comunidade internacional.

Os respectivos efeitos, observados em diferentes receptores, nomeadamente humanos, determinaram a procura crescente e sistemática de metodologias de medição e análise, já que a presença de ruído de baixa frequência passou a constituir-se como um problema para a sociedade de diferentes países¹.

No interior dos edifícios e a determinada distância da fonte geradora de ruído, as correspondentes emissões de média e alta frequência são, na maioria dos casos, atenuadas/dissipadas pelo solo e/ou pela fachada do edifício, sendo, também, absorvidas pelo ar que medeia entre a fonte e o receptor.

Nestes casos é, então, o ruído de baixa frequência, devido ao correspondente elevado comprimento de onda que o caracteriza, que é escutado/"sentido" no interior das habitações, gerando conseqüentes queixas por incomodidade. Estas queixas surgem sobretudo à noite, uma vez que o ruído residual local tem, normalmente, menor amplitude.

Como se pode observar pelas curvas de igual percepção auditiva, referidas na norma internacional ISO 226² (ver Figura 1), nas frequências mais baixas, entre 20 e 50 Hz, o crescimento da percepção auditiva humana é muito mais rápido do que nas frequências mais altas, por exemplo, acima de 1000 Hz.

De facto, quando o nível sonoro aumenta 20 dB na zona das baixas frequências, a percepção auditiva aumenta cerca de 40 fone, enquanto que o mesmo aumento do nível sonoro de 20 dB na zona dos 1000 Hz, corresponde a um crescimento da percepção auditiva de, apenas, 20 fone.

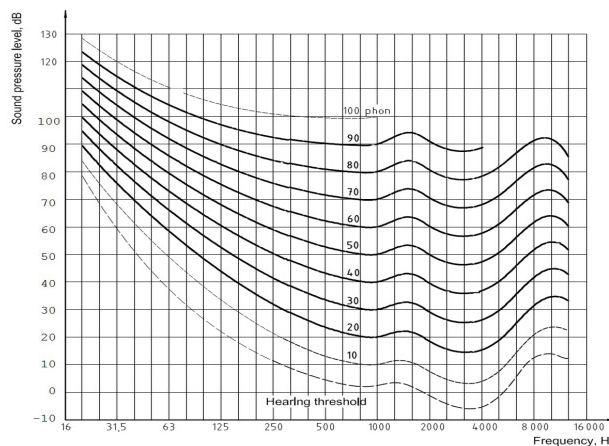


Figura 1 - Curvas de igual percepção auditiva

Esta simples observação permite, de imediato, concluir que as medições de ruído de baixa frequência não podem ser efectuadas com ponderação A, já que esta segue as curvas de igual percepção auditiva, podendo, conseqüentemente, levar a um mascaramento dos níveis recebidos a baixa frequência pelos medidos a mais altas frequências.

Esta situação de possível mascaramento é tanto mais provável quanto mais evidentes forem as características tonais exibidas pelo ruído emitido/recebido.

É por esta razão que, por diversas vezes, as medições efectuadas por queixas de incomodidade devida ao ruído, resultam em valores dB(A) que cumprem os limites legais aplicáveis, mas a incomodidade sentida pelos queixosos é manifestamente real.

Surge, assim, como evidente, a necessidade de se proceder à actualização dos critérios de avaliação de ruído actualmente existentes, de modo que seja possível evidenciar a incomodidade gerada/sentida pelos diversos tipos de emissões sonoras, em particular as de baixa frequência, mas sem que os responsáveis pela geração desse ruído sejam confrontados com medidas mitigadoras completamente desajustadas e muitas vezes injustamente penalizadoras.

2. NECESSIDADE DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

Em Portugal, são frequentes os processos judiciais devidos a queixas de incomodidade gerada por emissões de ruído. Na maioria destes casos, os tribunais têm vindo a decidir em favor dos queixosos, apesar de os valores obtidos na respectiva avaliação acústica evidenciarem que são cumpridos os limites legais aplicáveis.

Este facto tem como consequência uma crescente insegurança nos agentes económicos, uma vez que apesar de garantirem emissões sonoras em conformidade com a legislação em vigor, são surpreendidos com a solicitação de exigências suplementares por parte das entidades licenciadoras/fiscalizadoras, muitas das vezes de difícil e/ou muito onerosa implementação.

Os queixosos descrevem frequentemente que ouvem/"sentem" ruídos perturbadores, com intensidade apreciável, sendo que, em alguns destes casos, as medições efectuadas em conformidade com a regulamentação em vigor não evidenciam a ocorrência de situações de incomodidade.

A situação acima descrita, que é objecto de análise em diversos trabalhos de investigação³ tem, em alguns casos, origem na emissão de ruído de baixa frequência, cuja percepção auditiva pode ser identificada por indivíduos com maior sensibilidade, mas que, à data, os critérios de avaliação em vigor em Portugal não contemplam.

A resolução destes casos é normalmente difícil, podendo arrastar-se por um longo período de tempo, muitas vezes vários anos, conduzindo a situações de tensão entre os responsáveis pelas emissões sonoras e os queixosos das mesmas, com os técnicos de avaliação de ruído de permeio.

Mesmo recorrendo aos tribunais, entendido como recurso final, é notório que as soluções encontradas não satisfazem, totalmente, nenhuma das partes envolvidas.

O acima descrito, torna evidente a necessidade de serem definidos critérios legais de medição e análise de ruído que englobem as emissões/recepções de baixa frequência, de modo que todos os envolvidos na respectiva avaliação sejam beneficiados, nomeadamente:

- Os receptores, que serão melhor protegidos
- As entidades geradoras de ruído, que poderão agir em conformidade com a correcta identificação do problema e, assim, implementar soluções mitigadoras eficazes e atempadas
- Os tribunais, que decidirão em conformidade com regulamentação adequada, reduzindo situações de conflitualidade
- Os reguladores, que terão as respectivas decisões menos confrontadas pelo poder judicial
- Os técnicos de avaliação de ruído, que deixarão de estar envolvidos em situações em que os resultados dos ensaios acústicos efectuados não correspondem ao que os queixosos dizem ouvir/"sentir"

3. EXISTÊNCIA DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

Diversos países têm incorporado na respectiva legislação limites para as emissões de ruído de baixa frequência como, por exemplo, os que abaixo se seguem (considerados representativos).

Dinamarca⁴

Para a avaliação de ruído de baixa frequência, é utilizado o nível sonoro com ponderação A medido nas bandas de frequência de terços de oitava entre 10 Hz e 160 Hz.

As medições são efectuadas durante um período de referência de dez minutos em, pelo menos, três pontos da divisão da habitação onde os queixosos referem sentir maior incomodidade, com portas e janelas fechadas.

É escolhido um ponto de medição perto de um dos cantos da sala, afastado 0,5/1 m das paredes adjacentes e a 1/1,5 m acima do chão. Os restantes dois pontos de medição são escolhidos de modo a serem representativos de ocupações normais na sala, afastados de, pelo menos, 0,5 m das paredes e de mobiliário de grandes dimensões e a 1/1,5 m acima do chão.

As condições de funcionamento da presumível fonte de ruído perturbadora devem ser representativas da situação correspondente à reclamação em análise, procurando-se que as medições a efectuar ocorram em situações em que o ruído residual local seja o mais baixo possível.

Terminado o ensaio, é calculada a média energética dos níveis sonoros com ponderação A medidos nos três pontos da sala, sendo o resultado comparado com valores de referência indicados na Tabela 1, que serão reduzidos de 5 dB no caso de o ruído exibir características impulsivas.

Habitacões, entardecer e noite	20 dB
Habitacões, dia	25 dB
Salas de aulas e escritórios	30 dB
Outros locais em empresas	35 dB

Tabela 1 - Valores de referência (Dinamarca)

Alemanha⁵

De acordo com o método alemão de 1997 (menos severo que a nova versão de 2013⁶), a avaliação de ruído de baixa frequência é efectuada através de uma medição acústica preliminar cujo resultado permita evidenciar a pertinência da realização de medições em bandas de frequência de terços de oitava.

Assim, se nesta medição preliminar a diferença entre o valor medido com ponderação C e o valor medido com ponderação A for superior a 20 dB, são efectuadas medições nas bandas de frequência de terços de oitava, sendo os resultados obtidos comparados com os valores de referência indicados na Tabela 2.

Frequência	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
dB	95	87	79	71	63	55,5	48	40,5	33,5	33

Tabela 2 - Valores de referência (Alemanha)

Se, durante a noite, o ruído em avaliação exibir características tonais e exceder os valores de referência, então a incomodidade é considerada procedente. Durante o dia, é permitido que o ruído, mesmo com características tonais, exceda em 5 dB os valores de referência.

Se, durante o dia, o ruído em avaliação não exibir características tonais, deve ser cumprido o limite de 35 dB(A) nas referidas bandas de frequência de terços de oitava, utilizando-se apenas os resultados obtidos nas bandas em que os valores de referência são excedidos. Durante a noite aquele limite passa a ser 25 dB(A).

Suécia⁷

De acordo com o método sueco, na avaliação de ruído de baixa frequência devem ser efectuadas medições nas bandas de frequência de terços de oitava entre 31,5 Hz e 200 Hz, não podendo os resultados obtidos exceder os valores de referência indicados na Tabela 3.

Frequência	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
dB	56	49	43	41,5	40	38	36,0	34	32,0

Tabela 3 - Valores de referência (Suécia)

Espanha/Barcelona⁸

Tal como na legislação portuguesa, também a legislação em vigor em Barcelona refere o parâmetro L_{Ar} (nível de avaliação) como indicador do ruído ambiental.

Este indicador engloba três factores de correcção:

- K_t - para ruído tonal (como na legislação portuguesa)
- K_i - para ruído impulsivo (como na legislação portuguesa)
- K_f - para ruído de baixa frequência

sendo que a soma destes não pode exceder 9 dB.

Para a aplicação da correcção K_f , são efectuadas, nas bandas de frequência de terços de oitava entre 20 Hz e 160 Hz, três medições do nível sonoro contínuo equivalente com ponderação C e com ponderação A.

Se a diferença entre os valores obtidos for inferior a 20 dB, é considerado que o ruído em avaliação não exibe características significativas de baixa frequência.

A correcção K_f só é aplicável se as características de baixa frequência forem detectadas em, pelo menos, duas das três medições efectuadas. Nestes casos, ao valor medido sem ponderação e em cada uma das bandas de frequência de terços de oitava entre 20 Hz e 160 Hz, é subtraído o limiar de audição indicado na ISO 226 (ver Tabela 4).

Frequência	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
dB	78,5	68,7	59,5	51,1	44,0	37,5	31,5	26,5	22,1	17,9

Tabela 4 - Limiar de audição (ISO 226)

Em seguida é calculado o parâmetro L_B , resultante da soma energética dos valores positivos obtidos após a referida subtracção.

O valor do factor de correcção K_f é, então, obtido em conformidade com o indicado na Tabela 5.

L_B	Kf
$L_B < 25$ dB	0 dB
25 dB $< L_B < 35$ dB	3 dB
$L_B > 35$ dB	6 dB

Tabela 5 - Valores de referência (Espanha/Barcelona)

4. COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

No gráfico da Figura 2 ilustra-se a evolução dos valores de referência utilizados nos critérios de avaliação de ruído de baixa frequência atrás referidos.

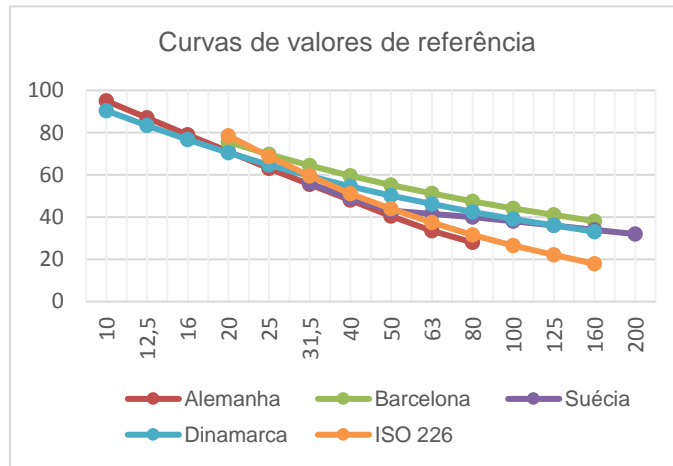


Figura 2 - Comparação de valores de referência

O método utilizado na Dinamarca não apresenta nenhuma curva de valores de referência, tendo sido efectuada a comparação com os outros métodos considerando que o ruído em avaliação se encontra concentrado numa banda de frequência. A mesma metodologia de comparação foi utilizada para o método de Barcelona.

Esta metodologia de comparação, que engloba toda a energia sonora numa só banda de frequência, não é estritamente correcta, tendo como efeito a majoração das correspondentes curvas de valores de referência.

A análise das curvas ilustradas na Figura 2 permite retirar as seguintes conclusões:

- Os critérios são bastante similares, tendo por base o limiar de sensibilidade humana
- Na zona dos 50 Hz e a frequências inferiores, o limite corresponde ao limiar de audição
- Existem diferenças na frequência mínima de avaliação (10, 20 e 31,5 Hz), bem como na frequência máxima de avaliação (80, 160 e 200 Hz)
- Para frequências superiores a 63 Hz, as curvas distanciam-se do limiar de audição assumindo valores superiores a este

Um estudo⁹ que procedeu à comparação dos resultados obtidos pela aplicação dos critérios Dinamarquês, Alemão e Sueco, mostra que os mesmos são bastante similares e bem ajustados à realidade observada.

Na Tabela 6 é apresentada, de modo resumido, a comparação entre os diferentes critérios.

	Alemanha	Barcelona	Suécia	Dinamarca
Nível	X	X	X	X
Impulsividade		X		X
Tonalidade	X	X		
Altura do dia	X	X		X
Frequência inferior (Hz)	10	20	31,5	10
Frequência superior (Hz)	80	160	200	160

Tabela 6 - Comparação de critérios

Observa-se que, apesar de metodologicamente diferenciados, os critérios de avaliação de ruído de baixa frequência apresentam alguma unanimidade no que à gama de frequências de análise diz respeito.

5. FONTES GERADORAS DE RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

Um estudo efectuado na Suécia¹⁰, que procedeu à análise de 1578 queixas de incomodidade devido ao ruído ocorridas durante catorze anos, concluiu que 44% das mesmas resultam da emissão/recepção de ruído de baixa frequência.

O mesmo estudo mostrou que as fontes geradoras de ruído de baixa frequência que originaram as referidas queixas de incomodidade se distribuíam conforme indicado na Figura 3.

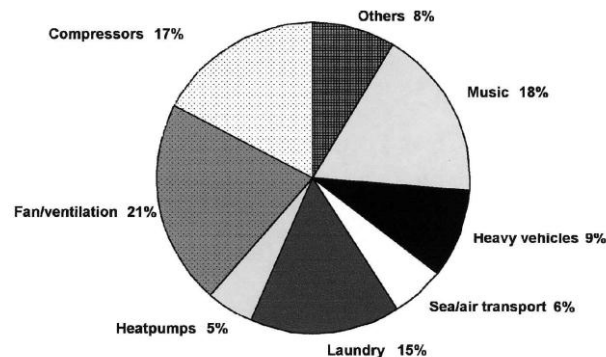


Figura 3 - Fontes sonoras associadas a queixas devidas a ruído de baixa frequência

6. SUGESTÃO DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

Com base no atrás descrito e tendo em conta a realidade portuguesa actual, considera-se que urge legislar de modo a ser possível e exequível a avaliação de ruído de baixa frequência.

Para tal, deverá ser estabelecido um critério que obedeça às premissas seguintes:

- Largamente experimentado, tendo sido verificado como adequado
- Conservador, não devendo pecar por excesso
- De fácil aplicação, recorrendo à instrumentação de medição e análise de ruído existente

Estão nestas condições os métodos utilizados na Dinamarca, na Suécia e na Alemanha (método de 1999). Relativamente ao método utilizado em Barcelona, por ser relativamente novo, não existem ainda resultados que comprovem a sua adequabilidade.

O critério sugerido deve ser apenas utilizado em medições a efectuar no interior das habitações e sempre que ocorram queixas de incomodidade devidas a ruído que possa ser identificado como ruído de baixa frequência.

7. CONCLUSÃO

A frequência com que os tribunais portugueses decidem em favor dos queixosos, apesar de serem cumpridos os limites legais estabelecidos na legislação nacional em vigor sobre poluição sonora, indicia que a mesma se encontra desajustada face à realidade actual, urgindo, deste modo, a sua alteração, em particular no que à emissão/recepção de ruído de baixa frequência diz respeito.

Os autores do presente artigo, com vasta e reconhecida experiência em avaliações de ruído, consideram que, tão breve quanto possível, deva ser a actual legislação complementada com critérios bem definidos e ajustados, que possibilitem a correcta análise de situações onde as emissões sonoras de baixa frequência se encontram manifestamente presentes.

8. REFERÊNCIAS

- [1] A review of published research on low frequency noise and its effects. Geoff Leventhall, assisted by Peter Pelmeare and Stephen Benton; Report for Defra, 2003
- [2] ISO 226:2003 - Acoustics. Normal equal-loudness-level contours
- [3] Experimental study of annoyance due to low frequency environmental noise. R. N. Vasudevan; Colin G. Gordon; Applied Acoustics, Volume 10, Issue 1, Pages 57-69, 1977
- [4] Information from the Danish Environmental Protection Agency no. 9/1997
- [5] DIN 45680:1997 - Messung und Bewertung Tieffrequenter Gerauschimmissionen in der Nachbarschaft. Beiblatt 1: Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen
- [6] Ist der Entwurf der DIN 45680 vom September 2013 das bessere Verfahren zur Beurteilung tieffrequenter Geräusche. Markus Gooßens; Nathalie Paris; Frankfurt, 2015
- [7] SOSFS 1996:7/E - Indoor Noise and High Sound-Levels. General Guidelines issued by the Swedish national Board of Health and Welfare. 1996
- [8] Butlletí Oficial de la Província de Barcelona, Dilluns, Exp. Núm. 13DJ078, 28 d'abril de 2014
- [9] Procedure for the assessment of low frequency noise complaints. Revision 1. Andy Moorhouse; David Waddington; Mags Adams; University of Salford; Prepared for Defra, 2011
- [10] Assessments of low frequency noise complaints among the local Environmental Health Authorities and a follow-up study 14 years later. Johanna Bengtsson; Kerstin Persson Waye; Department of Environmental Medicine, Göteborg University, Sweden, 2003