

Desempenho de Barreiras Acústicas – dois métodos de avaliação

Elisabete F. Freitas^{1,†}

*Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil
Azurém, P – 4800-058 Guimarães, Portugal*

Luís Trabulo²

*AENOR - Auto-estradas do Norte, S.A.
Freixeiro, P – 4455-586 Perafita, Portugal*

RESUMO

Em Portugal tem-se verificado um crescimento exponencial da colocação de barreiras acústicas, como meio de resposta às exigências de qualidade ambiental definidas pela Comunidade Europeia. Este facto tem como consequência a necessidade de verificação do desempenho destes dispositivos, particularmente do isolamento sonoro aéreo. Assim, no presente artigo apresentam-se as orientações da Norma Europeia CEN/TS 1793-5:2003, relativa ao método de ensaio para determinar o isolamento sonoro aéreo dos dispositivos de redução do ruído, e uma metodologia expedita, que poderá ser usada como indicativa do desempenho destes dispositivos. Para as duas metodologias apresenta-se o princípio e procedimento de ensaio, o equipamento e a forma de avaliação do desempenho. Apresenta-se ainda a avaliação do desempenho de 3 barreiras acústicas, constituídas por materiais diferentes, feita através do método expedito. Finalmente, são feitas algumas considerações quanto aos métodos apresentados, prevendo-se que a metodologia preconizada na norma europeia seja de difícil execução *in situ*, especialmente em zonas de relevo acidentado. A avaliação do desempenho das barreiras acústicas com o recurso a estas metodologias, em diferentes fases do seu ciclo de vida, poderá constituir uma solução vantajosa e fiável.

INTRODUÇÃO

Em 1995 a Comissão Europeia anunciou a introdução de um programa de redução do ruído ambiental. Deste programa resultou um primeiro documento, o qual apresenta as linhas gerais na futura política sobre o ruído, incluindo a redução da emissão de ruído pelo tráfego rodoviário.

No âmbito da quantificação e do controlo do ruído produzido pelo tráfego rodoviário, desde então, foram publicadas várias directivas, como as transpostas para os Decreto-Lei

¹ Professora Auxiliar

[†] efreitas@civil.uminho.pt

² Engenheiro Geólogo

n.º 72 C/2003 e n.º 146/2006, e elaboradas normas, como as normas EN 1793 partes 1, 2 e 3 e CEN/TS 1793 partes 4 e 5, na maioria ainda não publicadas na sua versão portuguesa. Estas normas preconizam um conjunto de procedimentos que visam a determinação das características intrínsecas dos dispositivos de redução do ruído (barreiras acústicas), quer em laboratório quer *in situ*. O seu desenvolvimento vem fazer face às necessidades das empresas construtoras demonstrarem a qualidade dos seus produtos e das administrações rodoviárias compararem e verificarem a qualidade dos produtos a adquirir, assim como de verificarem a conformidade às especificações de projecto e o desempenho ao longo do tempo dos dispositivos instalados.

Neste sentido, o presente artigo tem por objectivo apresentar as orientações da Comunidade Europeia quanto à metodologia de determinação do isolamento sonoro aéreo dos dispositivos de redução do ruído e uma metodologia expedita que tem por base os mesmos princípios dessa norma. Além disso, este artigo tem por objectivo informar e sensibilizar as administrações rodoviárias relativamente aos procedimentos técnicos e à importância de garantir um nível de ruído aceitável às populações vizinhas das estradas ao longo do período de exploração das estradas.

1. CARACTERÍSTICAS INSTRÍNSECAS DAS BARREIRAS ACÚSTICAS

A trajectória do som é interrompida com a colocação de um dispositivo de redução do ruído. Uma parte da energia sonora é reflectida ou dispersada em direcção à fonte, enquanto que outra parte é absorvida pelo material ou transmitida através da barreira, podendo ainda ser difractada pelo topo da barreira (Figura 1) (Harris, 1979). O ruído transmitido e reflectido depende das propriedades do material que constitui o dispositivo, enquanto que o ruído difractado depende da sua localização e dimensão. As partes da energia sonora que afectam directamente o receptor são a transmitida e a difractada.

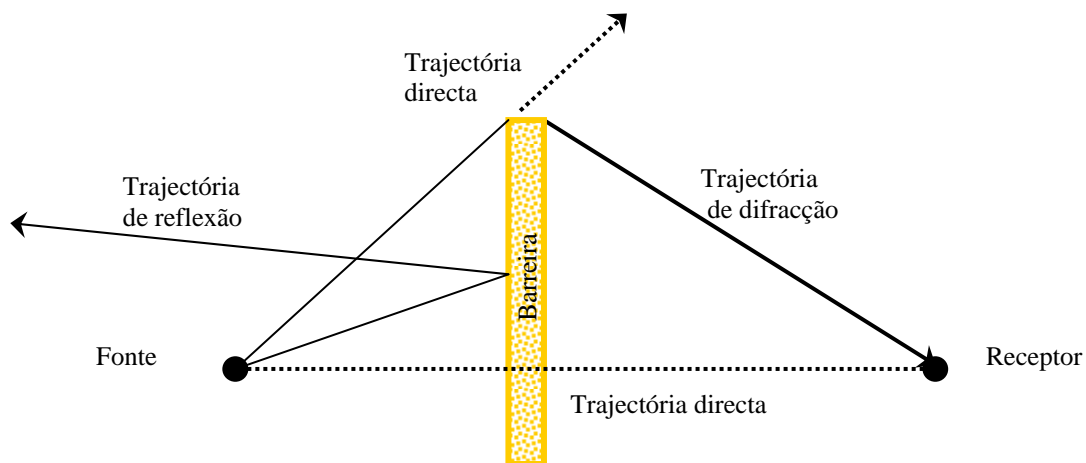


Figura 1 – Trajectórias de uma onda sonora emitida junto a um dispositivo de redução do ruído

Para que um dispositivo de redução do ruído fique completamente caracterizado quanto às suas características intrínsecas é necessário realizarem-se ensaios laboratoriais e *in situ* de determinação da absorção, do isolamento sonoro aéreo, de difracção e de reflexão.

Dada a inexistência de normalização específica a este domínio, o CEN (Comité Europeu de Normalização) desenvolveu o seguinte conjunto de normas, relativo aos

dispositivos de redução do ruído do tráfego rodoviário – método de ensaio para determinar o desempenho acústico:

- EN 1793-1 (1997): características intrínsecas da absorção acústica (publicada em Portugal em 2005);
- EN 1793-2 (1997): características intrínsecas de isolamento sonoro aéreo;
- EN 1793-3 (1997): espectro normalizado de tráfego;
- CEN/TS 1793-4 (2003): características intrínsecas: valores locais da difracção do som;
- CEN/TS 1793-5 (2003): características intrínsecas: valores de reflexão sonora e isolamento sonoro aéreo no local.

A metodologia relativa ao isolamento sonoro aéreo local, preconizada na última norma deste conjunto, é apresentada e analisada a seguir.

2. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO AÉREO

2.1. Metodologia de ensaio

A realização do ensaio consiste na emissão por uma fonte sonora de uma onda sonora transitória que se propaga em direcção ao dispositivo de redução de ruído em ensaio e na recepção da onda de pressão sonora por um microfone colocado do outro lado do dispositivo em ensaio, em 9 posições que constituem uma grelha ideal, como se indica na Figura 2.

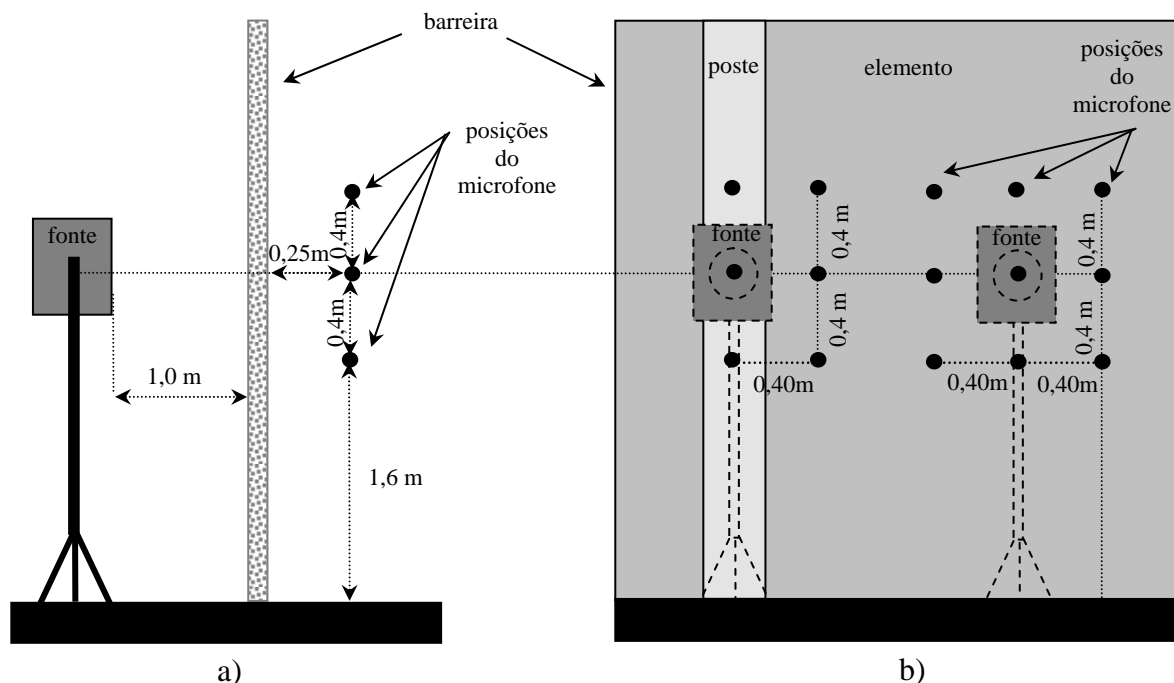


Figura 2 – Posicionamento da fonte sonora e do microfone para a medição do índice de isolamento sonoro aéreo: a) corte; b) alçado

A onda recebida pelo microfone inclui as partes transmitida e difractada pela barreira, sendo a última excluída posteriormente com a introdução da janela temporal de Adrienne (Adrienne, 1998). No entanto, para que o ensaio seja significativo, a difracção nos bordos laterais deverá ser suficientemente fraca e atrasada.

O ensaio deve ser realizado em postes (apenas em 6 posições), no centro do elemento e em campo aberto. A onda directa em campo aberto pode ser obtida se a medição for repetida

sem o dispositivo em ensaio entre o altifalante e o microfone. Os espectros de potência das componentes directa e transmitida, corrigidos para ter em conta a diferença de distância percorrida pelas duas componentes, fornecem a base para calcular o índice de isolamento sonoro.

Este procedimento pode ser aplicado em dispositivos de redução de ruído planos, não-planos, heterogêneos, curvos, inclinados e de espessura variável.

2.2. Expressão de cálculo do índice de isolamento sonoro

A expressão de cálculo do índice de isolamento sonoro apresentada na Equação 1 representa a média logarítmica da razão dos espectros de potência das componentes directa e transmitida na banda de frequência de um terço de oitava, considerando a respectiva janela temporal de Adrienne e a correcção geométrica correspondente a cada um dos nove pontos da na grelha ideal (Figura 2).

$$SI = -10 \log \left\{ \frac{\sum_{k=1}^n \int_{\Delta f_j} |F[h_{tk}(t)w_{tk}(t)]|^2 df \left(\frac{d_k}{d_i}\right)^2}{n \cdot \int_{\Delta f_j} |F[h_i(t)w_i(t)]|^2 df} \right\} \quad (1)$$

em que:

- SI = índice de isolamento sonoro aéreo (para postes e para painéis);
- $h_i(t)$ = componente de referência incidente da resposta a impulsos em campo aberto;
- $h_{tk}(t)$ = componente transmitida da resposta a impulsos, no ponto de verificação de ordem k (k=1,...,n);
- $d_i(t)$ = factor de correcção da dispersão geométrica, de referência, para a componente em campo aberto;
- $d_k(t)$ = factor de correcção da dispersão geométrica para a componente transmitida, no ponto de verificação de ordem k;
- $w_i(t)$ = janela temporal da componente em campo aberto, de referência (janela temporal de Adrienne);
- $w_{tk}(t)$ = janela temporal (janela temporal de Adrienne) para a componente transmitida, no ponto de verificação de ordem k;
- F = símbolo da transformada de Fourier;
- j = índice da banda de frequência de um terço de oitava de ordem j (entre 100 Hz e 5k Hz);
- Δf_j = largura da banda de frequência de um terço de oitava;
- n = quantidade de pontos de verificação (9).

Os factores de correcção da dispersão geométrica $d_i(t)$ e $d_k(t)$ são:

$$d_1 = d_5 = d_t = d_s + t_B + d_M = 1,25 + t_B \quad (2)$$

$$d_2 = d_4 = d_6 = d_8 = \sqrt{d_1^2 + s^2} \quad (3)$$

$$d_3 = d_7 = d_9 = \sqrt{d_1^2 + 2s^2} \quad (4)$$

em que:

- d_M = distância do microfone à barreira (m);
- t_B = espessura da barreira (m);
- s = passo da grelha de medição (0,40 m).

Em campo aberto a distância entre o painel frontal da fonte sonora e o microfone (d_T) deverá ser:

$$d_T = 1,25 + t_B \quad (5)$$

O índice de isolamento sonoro aéreo pode ainda ser definido por um número único (Equação 6), que permitirá classificar a qualidade e/ou o desempenho dos postes e dos elementos.

$$DL_{SI} = -10 \log \left[\frac{\sum_{i=m}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1SI_i}}{\sum_{i=m}^{18} 10^{0,1L_i}} \right] \quad (6)$$

em que:

- DL_{SI} = número único de isolamento sonoro aéreo (para postes e para painéis);
- SI = índice de isolamento sonoro aéreo (para postes e para painéis);
- m = número da banda de frequência de um terço de oitava ($f = 200$ Hz; $m = 4$);
- L_i = níveis de pressão sonora relativos (dB), de ponderação A, do espectro de ruído de tráfego normalizado definido em EN 1793-3, na banda de frequência de um terço de oitava, de ordem i .

3. EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO, SINAL E PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1. Equipamento de medição

O equipamento de medição é constituído por um sistema electro-acústico, composto por um gerador de sinal eléctrico, um amplificador de potência e um altifalante, um microfone com o seu próprio amplificador e um analisador de sinais capaz de realizar transformações entre o domínio tempo e o domínio frequência.

O equipamento é o preconizado nas normas EN 1793-2 (1997) e CEN/TS 1793-4 (2003), podendo ser utilizado noutras situações, como por exemplo, na determinação da absorção acústica da superfície dos pavimentos rodoviários (ISO 13472-1: 2002).

3.2. Sinal de ensaio

O sinal de ensaio gerado, que posteriormente será transmitido pela fonte electro-acústica (altifalante), consiste num sinal MLS (*maximum-length sequence*). Este sinal obtém-se alimentando a fonte sonora electro-acústica com uma sequência de comprimento máximo MLS, gerada electricamente e continuamente repetida.

Uma sequência de comprimento máximo (MLS) é uma sequência pseudo-aleatória de valores binários, por conveniência gerados recursivamente por um registo digital de atraso com N -níveis e retro-alimentação. Os parâmetros que a definem são a ordem (N), o comprimento da sequência binária (L) e o intervalo entre dois impulsos (Δt).

O recurso ao sinal MLS tem como vantagens: (i) a excelente imunidade ao ruído de fundo, uma vez que se correlaciona periodicamente com a resposta do microfone; (ii) representar aproximadamente a gama de frequências do ruído produzido pelo tráfego; (iii) adequar-se ao estudo de áreas superiores a 3 m^2 (Adrienne, 1998).

3.3. Processamento de dados

Antes da transformação do sinal entre o domínio tempo e o domínio frequência é necessário introduzir uma janela temporal denominada de janela de Adrienne, quer na componente directa (em campo aberto) quer na componente transmitida (Figura 3). A introdução dessa janela permite eliminar interferências que ocorrem a baixas frequências e eliminar a componente difractada do sinal, isolando a componente transmitida.

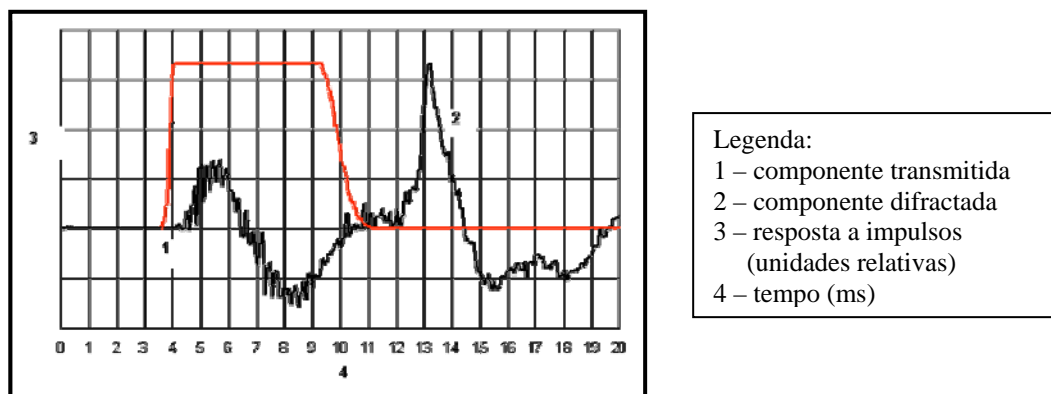


Figura 3 – Exemplo de janela temporal de Adrienne

A janela de Adrienne compreende 3 partes: um bordo frontal com a metade esquerda em forma de curva de Blackman-Harris e um comprimento de 0,5 ms (“pré-janela”); uma parte plana com um comprimento de 5,18 ms (“corpo principal”); um bordo posterior com a metade direita em forma de curva de Blackman-Harris e um comprimento de 2,22 ms. O seu comprimento total é de 7,9 ms. O início da parte plana deve ser colocado 0,2 ms antes do pico da componente directa e da componente transmitida e termina 7,4 ms depois do ponto marcador ou no começo convencional da difracção (Figura 3).

4. MÉTODO EXPEDITO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BARREIRAS ACÚSTICAS

4.1. Metodologia de avaliação do desempenho

A metodologia que se propõe baseia-se na medição da componente transmitida e da componente directa do ruído emitido pelo tráfego, simultaneamente, recorrendo a 2 sonómetros.

Os sonómetros devem ser capazes de determinar o nível sonoro equivalente e o espectro de ruído em bandas de um terço de oitava, num determinado período de tempo.

Um dos sonómetros deverá ser colocado atrás da barreira, suficientemente afastado do bordo lateral para evitar a captação do ruído difractado por este. O outro sonómetro deverá ser colocado na mesma posição do primeiro, mas fora dos limites da barreira, para registar o ruído em campo aberto, livre de reflexões e de difracções. Os sonómetros devem ser accionados simultaneamente, de modo a registarem o nível de ruído produzido pelo tráfego que solicita a via. O tempo de ensaio poderá ser definido em função do volume de tráfego.

A avaliação do desempenho consiste na comparação dos níveis de ruído registados pelos dois sonómetros, total ou em bandas de 1/3 de oitava, no intervalo de tempo definido.

Neste método não se separa a parte de ruído difractada da parte transmitida. Assim, não é possível determinar um índice de isolamento sonoro aéreo através da relação dos

resultados obtidos em cada um dos sonómetros, tal como preconizado na normalização europeia. Contudo, essa relação traduz o desempenho global da barreira, ao integrar as partes do ruído rodoviário que afectam directamente os receptores.

A seguir apresenta-se o estudo realizado de acordo com a metodologia expedita, o qual compreendeu as seguintes fases: 1 – selecção dos locais; 2 – instalação do equipamento; 3 – realização das medições; 4 – análise dos resultados.

4.2. Selecção dos locais de ensaio

Para a avaliação do desempenho das barreiras acústicas foram seleccionados 3 locais tendo em conta a topografia, a facilidade de acesso e as características das barreiras. Relativamente aos dois primeiros factores teve-se em conta os desníveis do terreno na parte posterior das barreiras, de modo a ser possível colocar os sonómetros aproximadamente à mesma cota. Quanto às características das barreiras, o material que as constitui foi o principal critério de selecção, incluindo especificamente: metal, alvenaria e betão pré-fabricado. Na Figura 4 apresentam-se os locais seleccionados. Para além do material constituinte, cada tipo de barreira foi objecto da verificação das suas características geométricas e posição relativamente ao tráfego, cujos resultados se apresentam na Tabela 1.



Figura 4 – Barreira em: I) metal perfurado; II) alvenaria; III) painéis de betão pré-fabricados

Tabela 1 – Principais características das barreiras

Características Principais	Tipo de Barreira	Metal perfurado	Alvenaria	Painéis de betão pré-fabricados (Leca)
	Material constituinte	Metal e lã de rocha	Leca Murson com lã de rocha	Betão (Leca)
	Altura da Barreira	3,40 m	2,73 m	2,7 m
	Extensão da Barreira	150 m	350 m	300 m
	Largura dos painéis	4 m	4,3 m	4 m
	Tipo de superfície	Perfurada e pintada	Bloco à vista	Ondulada porosa – pintada
	Tipo de suporte	Perfis metálicos	Alvenaria	Perfis metálicos
	Data da colocação	Abril de 2004	Novembro de 2004	Novembro de 2005
	Forma da barreira	Rectangular	Rectangular	Rectangular
	Afastamento em relação à via mais à direita	5,2 m	7,8 m em talude	17,82 m

4.3. Instalação do equipamento

Em cada um dos locais foram instalados 3 sonómetros: um na berma da estrada, para controlo do nível de ruído junto à fonte, como se pode observar na Figura 4 II) e III), outro

atrás da barreira e o terceiro em campo aberto e aproximadamente à mesma distância da barreira do anterior, de acordo com o esquema apresentado na Figura 5.

Dos sonómetros utilizados, o 1 e o 2 permitem a medição do nível sonoro equivalente, ponderado A em bandas de frequência de 1/3 de oitava, enquanto que o 3 apenas permite determinar o valor máximo do nível sonoro equivalente ponderado A. O sonómetro 3 foi usado para controlo do ruído emitido pela fonte sonora (tráfego rodoviário).

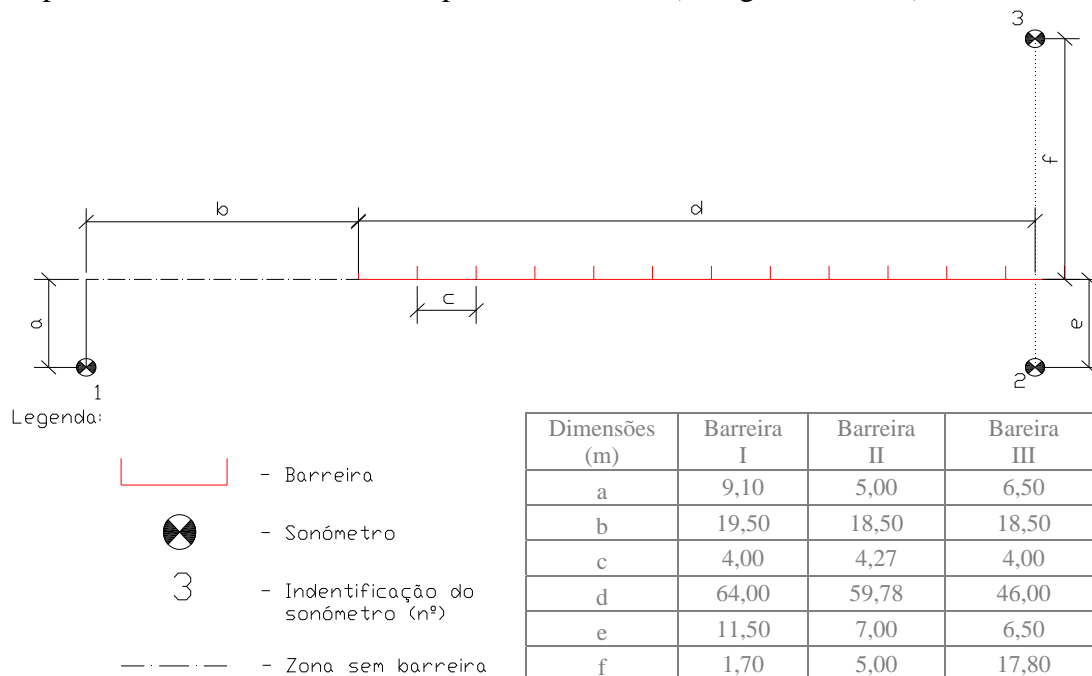


Figura 5 – Posicionamento dos sonómetros

4.4. Realização das medições

As medições foram efectuadas simultaneamente com os três sonómetros, ao longo de 15 minutos. Durante a sua realização foram registadas as condições climáticas, nomeadamente da temperatura e da velocidade do vento (Tabela 2).

Verifica-se que a temperatura do ar apresenta uma pequena variação de local para local, enquanto que a velocidade do vento varia consideravelmente. Contudo, o valor máximo de 5 m/s para que as medições do ruído possam ser utilizadas não é ultrapassado (CEN/TS 1793-5:2003).

Tabela 2 – Condições climáticas observadas nos ensaios

Dia	Tipo de barreira	Velocidade do vento	Temperatura
01/06/2006	Alvenaria	0,18 m/s a 1,5 m/s	29,9°C a 32,2°C
02/06/2006	Metal perfurado	0,5 m/s a 1,2 m/s	27,9°C a 30,1°C
02/06/2006	Painéis de betão	0,5 m/s a 1,75 m/s	27,9°C a 29,1°C

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. Análise do nível sonoro equivalente

Os sonómetros utilizados permitem analisar os resultados quanto ao nível sonoro equivalente registado no período de ensaio e quanto ao espectro de ruído em bandas de 1/3 de

oitava. Para o primeiro caso, é possível fazer-se uma correcção dos valores obtidos para uma distância de referência através da Equação (7), desenvolvida para fontes lineares. Com esta correcção poder-se-á verificar se as diferenças de posicionamento dos sonómetros conduzem a resultados significativamente diferentes e do mesmo modo comparar o desempenho acústico das 3 barreiras.

$$L_A = L_{ref} - 10 \log (r/r_{ref}) \quad (7)$$

em que:

L_A = nível sonoro a uma distância r ;
 L_{ref} = nível sonoro de referência;
 r_{ref} = distância de referência.

Na Figura 6 apresenta-se o nível sonoro equivalente ponderado A obtido nas posições indicadas na Figura 5 e corrigido para uma distância de 6,5 m da barreira, tendo-se tomado como referência as posições relativas à barreira em painéis de betão.

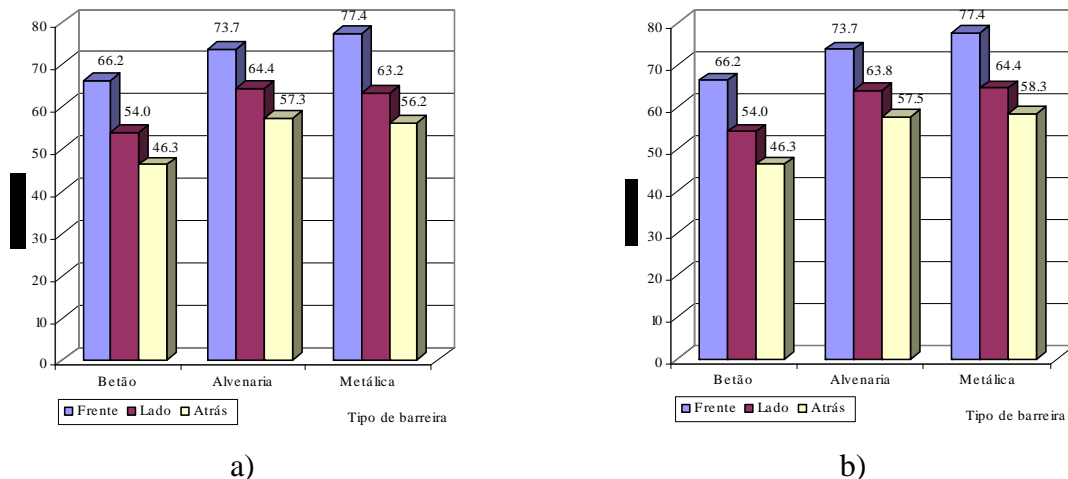


Figura 6 – Nível sonoro equivalente: a) registado pelos sonómetros; b) normalizado para a distância de 6,5 m da barreira.

Para que se possa concluir qual a barreira com melhor desempenho acústico deve-se comparar os valores medidos pelos sonómetros 1 (em campo aberto) e 2 (atrás da barreira). Verifica-se que embora as correcções efectuadas conduzissem a ajustes que atingiram 2 dB, a diferença do nível sonoro antes e após a correcção é pouco significativa, não comprometendo os resultados deste tipo de análise. Assim, as barreiras em metal e em alvenaria permitem uma redução de cerca de 6,0 dB(A), enquanto que a barreira em painéis de betão reduz o ruído em 7,7 dB(A), para a distância considerada.

5.2. Análise do espectro de ruído

A análise do espectro de ruído possibilita a selecção do tipo de barreira que melhor se adequa às características do tráfego, assim como ao tipo de superfície do pavimento, uma vez que estes factores determinam o espectro de ruído produzido pela fonte sonora. Através da comparação do espectro de ruído medido atrás da barreira e em campo aberto é possível estudar-se em que frequências a redução do nível sonoro é mais eficaz, e deste modo seleccionar a mais conveniente.

Na Figura 7 apresentam-se os resultados obtidos para as 3 barreiras em estudo.

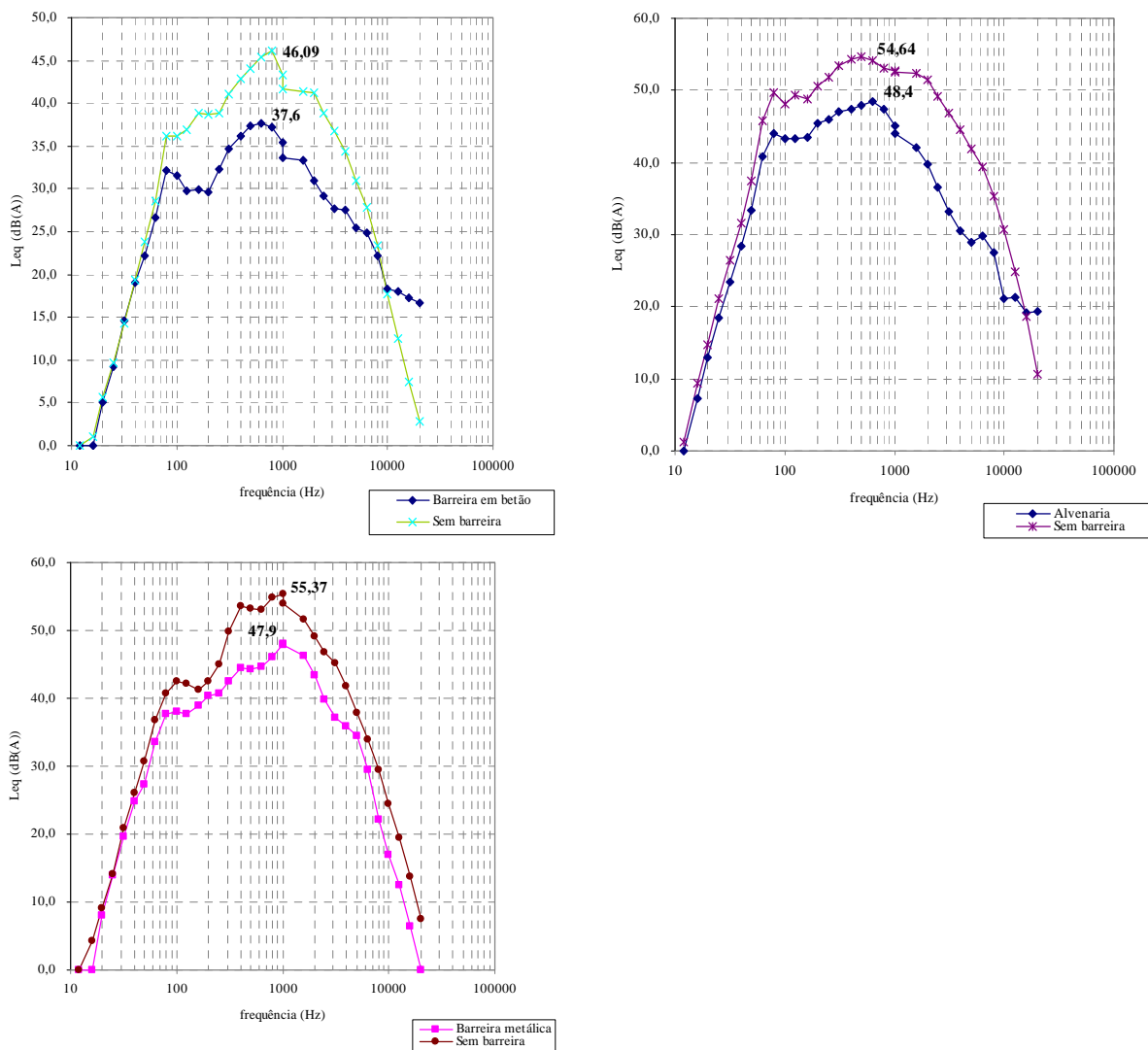


Figura 7 – Nível sonoro equivalente por bandas de frequência de 1/3 de oitava

Nesta análise despreza-se o efeito das diferenças do nível sonoro equivalente resultantes da correcção da posição dos sonómetros, uma vez que estas são pouco significativas (inferiores a 1 dB). Assim, observa-se uma redução próxima dos 10 dB(A) na generalidade das bandas de frequência captadas pelo ouvido humano (100 Hz a 5000 Hz) nas barreiras em betão e em alvenaria. No caso da barreira metálica essa redução observa-se apenas nas frequências compreendidas entre 300 Hz e 1000 Hz.

A barreira em painéis de betão é mais eficaz a frequências inferiores a 1000 Hz, enquanto que a frequências superiores é mais eficaz a barreira em alvenaria.

6. CONSIDERAÇÕES QUANTO ÀS METODOLOGIAS

As metodologias de avaliação do desempenho das barreiras acústicas anteriormente descritas apresentam vantagens e desvantagens que carecem ser assinaladas. A metodologia preconizada na Norma CEN/TS 1793-5 tem como principal vantagem a fiabilidade do índice de isolamento aéreo, enquanto que o método expedito tem como principal vantagem a sua facilidade de execução. Por sua vez, a primeira tem como principal desvantagem basear-se

num procedimento de execução complexo e a segunda proporcionar valores que contêm algumas incertezas, devendo ser considerados como indicativos.

A Norma CEN/TS 1793-5 para poder ser bem executada requer uma formação avançada no domínio de processamento de sinal e treino dos operadores. Requer ainda a aquisição de equipamento de custo elevado, mais sofisticado do que o usado em acústica de edifícios.

Dada a complexidade do procedimento, quando executado em zonas de relevo acidentado, onde os taludes têm uma inclinação acentuada, prevê-se dificuldades na instalação de todo o equipamento e, conseqüentemente, uma diminuição do rigor exigido nas medições.

Esta norma não preconiza a utilização do ruído emitido pelo tráfego (aconselha a sua simulação através da geração de um sinal) e não indica um procedimento que permita caracterizar o ruído que pode efectivamente chegar ao receptor (partes transmitida e difractada), inviabilizando uma avaliação global do desempenho da barreira. Além disso, o ensaio não pode ser realizado com a superfície das barreiras molhada. A presença de água, em particular em dispositivos com faces porosas, pode levar a uma redução significativa do seu desempenho.

Por sua vez, o método alternativo é adequado apenas para avaliar dispositivos instalados *in situ*, dado que se apoia no ruído produzido pelo tráfego. Por considerar as partes do ruído transmitida e difractada, adequa-se à avaliação do desempenho global dos dispositivos ao longo do tempo. Por outro lado, requer ainda um aperfeiçoamento da definição da geometria do ensaio (definição de distâncias e alturas) de forma a tornar mais fiáveis os resultados obtidos.

A instalação do equipamento em campo aberto cria uma dificuldade acrescida na aplicação de ambos os métodos. Para que as medições sejam livres de reflexões e face a uma extensão elevada de barreiras, os ensaios tendem a ser realizados junto às suas extremidades. Em zonas afastadas das extremidades, os resultados podem ser menos precisos devido à variabilidade do efeito das condições climáticas nas medições.

7. CONCLUSÕES

Os requisitos de qualidade ambiental impostos pela Comunidade Europeia e o conseqüente acréscimo de exigência na qualidade dos dispositivos de redução do ruído levaram ao desenvolvimento de metodologias de avaliação da sua qualidade e desempenho.

Neste artigo abordaram-se duas metodologias: a preconizada na norma CEN/TS 1793-5:2003 e outra expedita. As duas metodologias baseiam-se na medição do ruído transmitido e difractado pelas barreiras acústicas e em campo aberto. A primeira é exigente e rigorosa a vários níveis e de difícil implementação em campo. A segunda é mais expedita e, por isso, menos rigorosa e de fácil implementação.

A utilização complementar destas metodologias em diferentes fases do ciclo de vida das barreiras acústicas parece uma boa solução para a avaliação do seu desempenho. Assim, a metodologia preconizada na norma CEN/TS 1793-5:2003 parece adequar-se melhor à verificação das características intrínsecas das barreiras na fase de desenvolvimento do produto em laboratório, dada a facilidade de execução do ensaio em ambiente controlado. Por sua vez, a metodologia expedita pode adequar-se melhor à avaliação do desempenho *in situ*, ao longo do tempo.

Todavia, para confirmar esta conclusão é fundamental comparar os resultados obtidos pelas duas metodologias, o que constituirá objecto de estudo em trabalhos futuros. Além disso, a continuação deste trabalho servirá para treinar uma equipa para que seja capaz de realizar todos os ensaios relacionados com o desempenho acústico das barreiras e para consolidar o método expedito.

8. REFERÊNCIAS

Decreto-Lei n.º 72-C/2003 de 14 de Abril, Diário da República – I série A, n.º 88 (2003).

Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de Julho, Diário da República – I série (2006).

Adrienne Research Team, Test methods for the acoustic performance of road traffic noise reducing devices – Final report, European Commission, CGXII – SMT Project MAT1-CT94049 (1998)

EN 1793-1:1997, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 1: Intrinsic characteristics of sound absorption, European Committee for Standardization, Brussels (1997).

EN 1793-2:1997, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 2: Intrinsic characteristics of airborne sound insulation, European Committee for Standardization, Brussels (1997).

EN 1793-3:1997, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 3: Normalized traffic noise spectrum, European Committee for Standardization, Brussels (1997).

CEN/TS 1793-4:2003, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 4: Intrinsic characteristics - In situ values of sound diffraction, European Committee for Standardization, Brussels (2003).

CEN/TS 1793-5:2003, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 5: Intrinsic characteristics - In situ values of sound reflection and airborne sound insulation, European Committee for Standardization, Brussels (2003).

Harris C., Handbook of Noise Control, McGraw-Hill (1979).

ISO 13472-1: 2002, Acoustics – measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ - Part 1: extended surface method, International Organization for Standardization (2002).