

NORMAS EN ISO 16283-1 E EN ISO 140-4: COMPARAÇÃO DE RESULTADOS PRÁTICOS

PACS: 43.20.Ye

Jorge Fradique¹; Hélder Martins²; Marco Mateus²

1 Instituto Português da Qualidade

Rua António Gião, 2

2829-513 Caparica. Portugal

Tel: 212 948 166

E-Mail: jfradique@ipq.pt

2 Acustalbi

Av. da Carapalha, N.º 5, R/C Dt.º

6000-320 Castelo Branco. Portugal

Tel: 272 654 592

E-Mail: geral@acustalbi.com

Palavras-chave: isolamento; normas de ensaio; acústica de edifícios; incerteza

ABSTRACT

The publication of the new EN ISO 16283 standards series, has replaced the EN ISO 140 series, dedicated to the field sound insulation measurements. Almost at the same time, EN 20140-2 was replaced by the new EN ISO 12999 standard on the determination and application of measurement uncertainties in building acoustics.

Since the new standard EN ISO 16283-1, which applies to airborne sound insulation measurements, presents somewhat different methodologies from those defined in the former EN ISO 140-4 standard, this communication presents a comparison of the practical results obtained in several field sound insulation measurements, according to each of the standardized methodologies, as well as the practical conclusions.

In addition, the uncertainties obtained for these same measurements, according to the previous EN 20140-2 standard, and following the methodology defined by the new EN ISO 12999-1 standard, are also compared.

RESUMO

A publicação das normas da série EN ISO 16283, veio substituir as normas da série EN ISO 140, dedicadas aos ensaios de acústica de edifícios efetuados "in-situ". Quase em simultâneo, foi também substituída a norma EN 20140-2, pela nova norma EN ISO 12999, relativa à determinação e aplicação das incertezas de medição em acústica de edifícios.

Dado que a nova norma EN ISO 16283-1, aplicável às medições de isolamento a sons de condução aérea, apresenta metodologias de ensaio e de cálculo algo distintas das definidas na antiga norma EN ISO 140-4, pretende-se com esta comunicação apresentar uma comparação dos resultados práticos obtidos em diversos ensaios reais, segundo cada uma das metodologias normalizadas, bem como as respetivas conclusões.

Adicionalmente, comparam-se também as incertezas obtidas para estes mesmos ensaios, de acordo com a anterior norma EN 20140-2 e seguindo a metodologia definida na nova norma EN ISO 12999-1.

INTRODUÇÃO

No ano de 2014, o CEN – Comité Europeu de Normalização, iniciou a publicação das normas da série EN ISO 16283 [1]. Estas normas, no conjunto das suas três partes, descrevem os procedimentos para as medições *in situ* de isolamento sonoro em edifícios, abrangendo o isolamento aos sons aéreos, aos sons de percussão e aos sons aéreos de fachadas.

A publicação destas normas, veio substituir as normas da série EN ISO 140 [2], dedicadas aos ensaios de acústica de edifícios efetuados *in-situ*, nomeadamente as partes 4, 5 e 7, mantendo-se apenas em vigor as partes da série EN ISO 140 aplicáveis aos ensaios em laboratório.

Para o cálculo dos índices de isolamento sonoro mantêm-se as normas EN ISO 717 [3], partes 1 e 2, sendo a parte 1 aplicável ao isolamento sonoro a sons aéreos.

As medições de isolamento sonoro *in situ*, previamente descritas nas normas ISO 140-4, 5 e 7 destinavam-se principalmente às situações em que o campo sonoro podia ser considerado como difuso, situação muito mais fácil de conseguir nos ensaios em laboratório do que nas situações reais em edifícios de habitação. Para além desta alteração relativa à especificação do campo sonoro, as novas normas definem ainda diversas questões relativas à utilização do sonómetro ou microfone na mão e integram as orientações adicionais para situações especiais no terreno, que anteriormente constavam da norma EN ISO 140-14 [4].

Estas novas normas introduzem ainda um procedimento de baixa frequência, para as bandas de frequência de terço de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz, aplicável a compartimentos com volumes inferiores a 25 m³.

Em Portugal, a legislação aplicável aos ensaios de acústica de edifícios é o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-lei 96/2008 [5], que não prevê requisitos específicos para o isolamento sonoro de baixa frequência, pelo que não se aplicam os requisitos de baixa frequência.

Deste modo, na prática, os ensaios a efetuar para verificar a conformidade acústica dos edifícios são essencialmente os mesmos que já eram efetuados com as normas anteriores, com algumas pequenas alterações agora introduzidas.

Deste modo, o objetivo deste artigo é a comparação dos resultados de isolamento sonoro para um conjunto alargado de ensaios, para cálculos efetuados de acordo com as metodologias anteriores e com a metodologia das novas normas.

Quase em simultâneo com a alteração das normas de isolamento sonoro, foi também substituída a norma EN 20140-2 [6], pela nova norma EN ISO 12999-1 [7], relativa à determinação e aplicação das incertezas de medição em acústica de edifícios.

LEGISLAÇÃO E NORMALIZAÇÃO APLICÁVEL

Em Portugal, a legislação aplicável aos ensaios de acústica de edifícios é o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-lei 96/2008, que alterou o anterior Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-lei 129/2002 [8].

O Regulamento atual, utiliza o parâmetro D_{nT} , isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, definido por:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \quad (1)$$

Em que a diferença de níveis entre o nível de pressão sonora média-energética do compartimento emissor, L_1 , e o nível de pressão sonora média-energética do compartimento receptor, L_2 , é padronizada pelo tempo de reverberação do compartimento receptor.

Para comparação com os valores limite estabelecidos no RRAE, é utilizada a metodologia definida na norma EN ISO 717-1, de modo a obter o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado.

Os valores limite estabelecidos no RRAE dependem naturalmente do tipo de edifício e das confrontações entre compartimentos em causa.

METODOLOGIA

Embora a nova norma permita uma maior diversidade de metodologias de medição, incluindo a realização de medições com o microfone na mão e varrimento manual, permite também manter a abordagem mais tradicional de utilização do sonómetro montado num tripé, colocado em diversos pontos fixos no interior do compartimento, afastados dos limites do mesmo.

No fundo, esta metodologia corresponde de forma aproximada à preconizada na anterior norma EN ISO 140-4, com a introdução de alguns pormenores:

1. O campo sonoro deve ser gerado no compartimento emissor usando altifalantes operados simultaneamente em, pelo menos, duas posições, ou apenas um **altifalante colocado em, pelo menos, duas posições**;
2. As cinco posições do microfone devem ser distribuídas dentro do máximo espaço permitido em cada compartimento. Nenhuma de duas posições do microfone se deve situar no mesmo plano relativamente às superfícies do compartimento e **as posições não devem estar segundo uma grelha regular**;
3. Deve ser medido o nível de pressão sonora tanto no **compartimento emissor como no compartimento receptor, para a primeira posição do altifalante**;
4. Em seguida, deve ser calculado o nível de pressão sonora média-energética tanto no compartimento emissor como no compartimento receptor e procedendo a eventuais correções para o ruído de fundo;
5. **Para a primeira posição do altifalante**, deve ser calculado o isolamento sonoro padronizado;
6. **Ambos os níveis, no compartimento emissor e no receptor, devem ser avaliados antes da movimentação do altifalante**;
7. **O processo deve ser repetido para a outra posição do altifalante**;
8. Por fim, deve ser determinado o isolamento sonoro padronizado.

As principais alterações prendem-se com o ponto 2, sendo que as posições não devem estar segundo uma grelha regular, com o ponto 5, devendo o cálculo do isolamento ser efetuado para cada posição do altifalante, com o ponto 6, que obriga à realização das medições na emissão e na receção antes da movimentação do altifalante, e com o ponto 8, segundo o qual o cálculo final do isolamento sonoro deve ser efetuado a partir dos valores de isolamento calculados para cada posição da fonte sonora, de acordo com,

$$D_{nT} = -10 \log \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{-D_{nT,j}/10} \quad (2)$$

Onde, m é o número de posições do altifalante, e $D_{nT,j}$ é o isolamento sonoro padronizado para o altifalante na posição j .

Para um conjunto de 83 ensaios reais efetuados, tipicamente entre compartimentos de edifícios de habitação foi aplicada esta metodologia de ensaio e de cálculo. Para os mesmos ensaios, foi também aplicada a metodologia de cálculo de acordo com a anterior norma EN ISO 140-4, em que os valores do isolamento sonoro são calculados de forma global a partir nível de pressão sonora média-energética de todos os pontos no recinto emissor e no recinto receptor.

Os ensaios foram efetuados para o conjunto de bandas de frequências de terços de oitava entre os 100 Hz e os 3150 Hz, que correspondem às 16 bandas requeridas *A priori* pelas normas de ensaio, uma vez que a informação adicional nas gamas das altas e baixas frequências é opcional.

Os resultados apresentados correspondem assim à aplicação destas duas metodologias de cálculo, para os mesmos ensaios de isolamento sonoro.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a realização destes ensaios, foi utilizado o seguinte conjunto de equipamentos:

- Sonómetro analisador 01dB, Solo
- Calibrador RION NC-74
- Fonte sonora dodecaédrica 01dB Omni12
- Amplificador 01dB Ampli12



Figura 1 – Equipamentos utilizados

As calibrações e verificações metrológicas dos equipamentos foram efetuadas no ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, que possui laboratórios acreditados para o efeito, assegurando assim a rastreabilidade dos resultados obtidos.

RESULTADOS OBTIDOS

Face às alterações introduzidas por esta nova norma, não seriam expectáveis diferenças significativas nos resultados práticos dos ensaios.

Na realidade verificou-se que, na grande maioria dos ensaios analisados, o resultado final do índice de isolamento sonoro não sofreu qualquer alteração. Assim, e como se pode constatar no gráfico 1, em 86 % dos casos, o resultado obtido para o índice de isolamento sonoro manteve-se inalterado, com os ensaios de acordo com qualquer das normas. Só nos restantes 14 % dos ensaios ocorreram diferenças no resultado final do índice. Destes, em 13 % a diferença foi de 1 dB e no restante 1 % a diferença foi de 2 dB. Um aspeto curioso em relação a estes resultados: todas as diferenças encontradas foram negativas, ou seja, o índice de

isolamento sonoro com a nova norma EN ISO 16283-1, foi sempre igual ou inferior ao calculado com a anterior norma EN ISO 140-4. Como referido, em 13 % das situações o índice calculado pela nova norma foi 1 dB inferior ao calculado com a norma anterior e em apenas 1 % das situações o índice calculado pela nova norma foi 2 dB inferior ao calculado com a norma anterior.

Sendo o valor final do índice de isolamento sonoro arredondado à unidade, as diferenças são sempre em números inteiros.

Analisando os resultados por bandas de terços de oitava, representados no gráfico 2, verifica-se que a grande maioria das diferenças se situa entre os valores de -1 dB e +1 dB, sendo que apenas pontualmente ocorrem valores fora deste intervalo.

Estes dados condizem também com os valores médios e desvios padrão das diferenças, representados no gráfico 4, onde se verifica que os valores médios das diferenças em cada banda de terço de oitava, se situam sempre no intervalo de zero a menos zero vírgula quatro. De notar que os valores médios são sempre negativos, ou seja, tal como verificado para os valores do índice de isolamento sonoro, os valores do isolamento sonoro a sons aéreos por banda de frequência, são sempre menores quando calculados com as novas normas EN ISO 16283-1.

Apesar das diferenças encontradas, o gráfico 3 permite evidenciar que numa percentagem importante dos resultados, entre 17 % e 44 % consoante a banda de frequência em questão, os valores de isolamento sonoro obtidos por uma ou outra norma são idênticos.

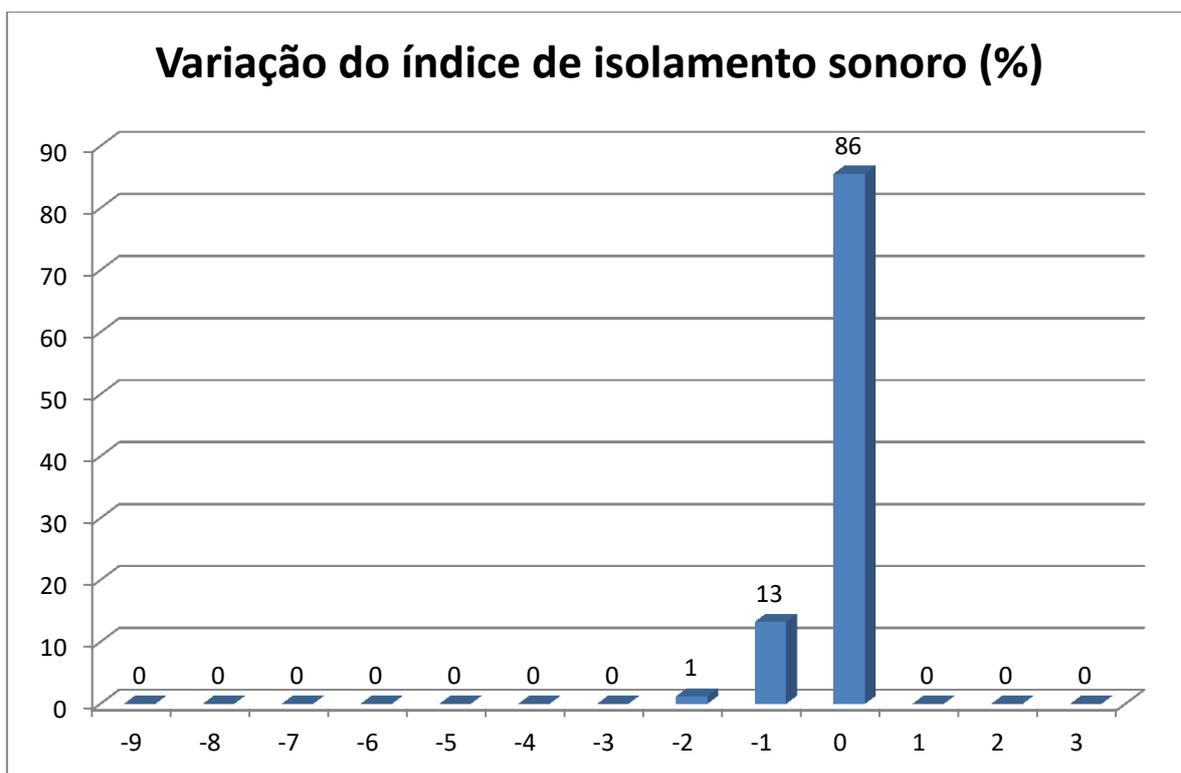


Gráfico 1 – Variação do índice de isolamento sonoro, em percentagem, para cálculos efetuados com a nova norma EN ISO 16283-1, relativamente à norma EN ISO 140-4

Variação do isolamento sonoro por banda (%)

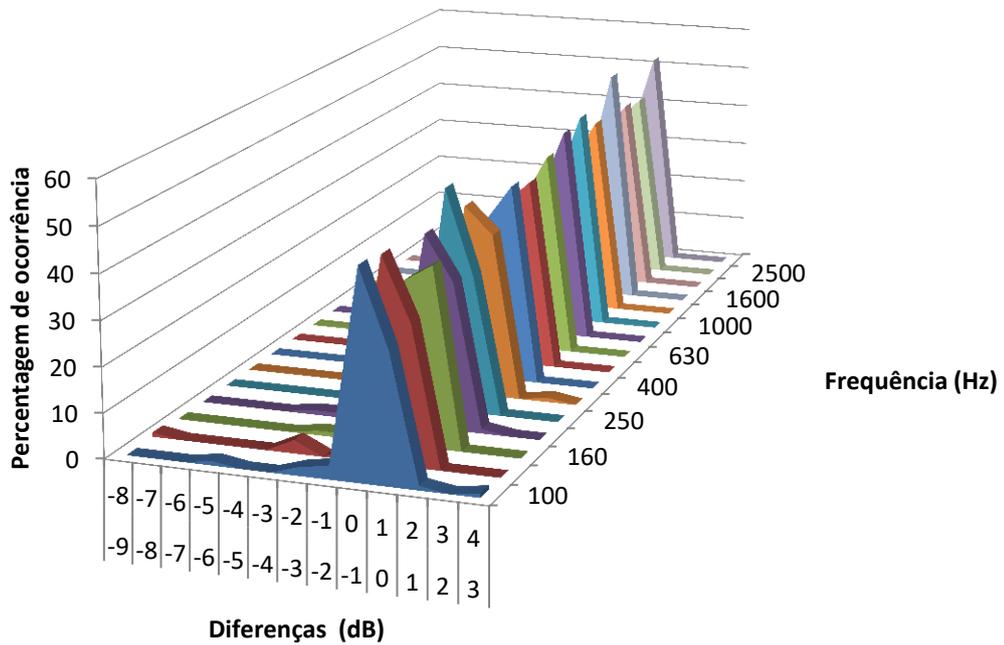


Gráfico 2 – Variação do isolamento sonoro, em percentagem, por banda de frequência de terço de oitava

Percentagem de diferenças nulas

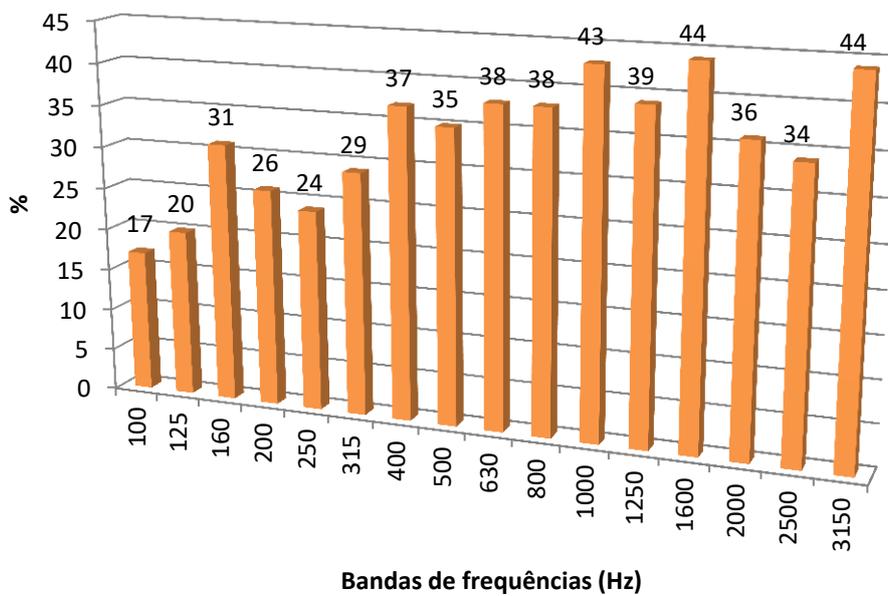


Gráfico 3 – Número de casos com diferença nula, por banda de frequência

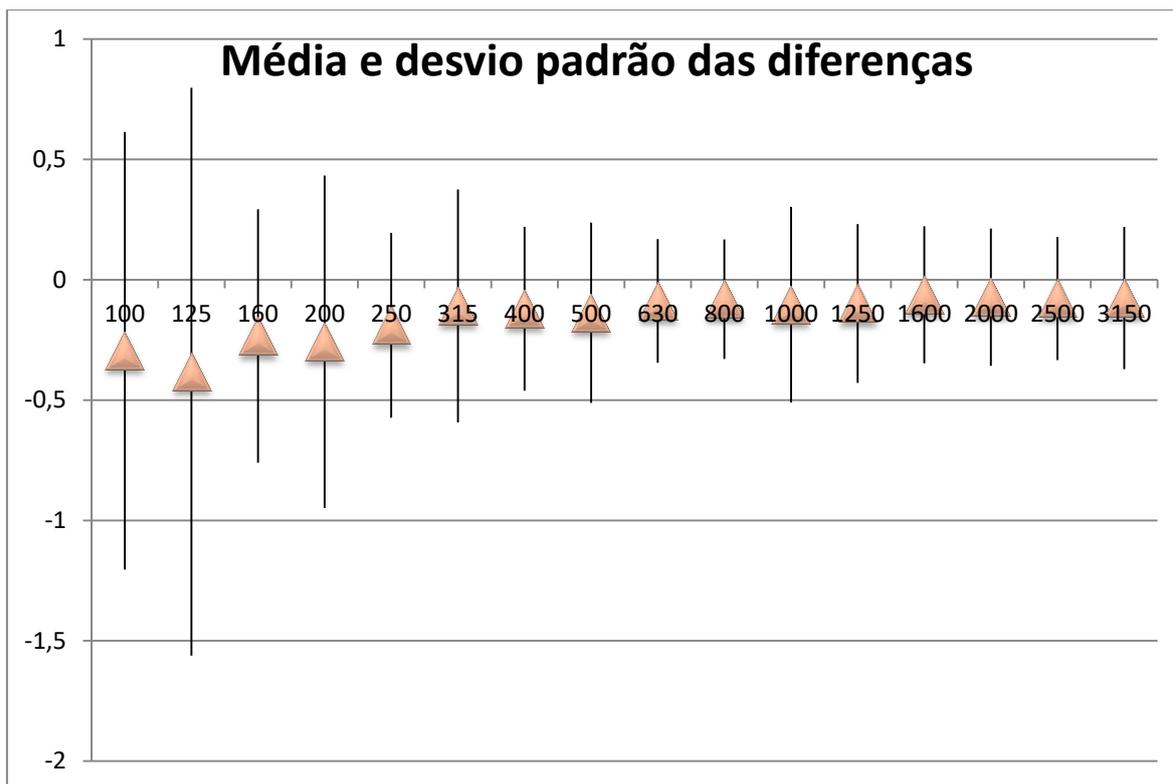


Gráfico 4 – Valores médios e desvio padrão das diferenças, por banda de frequência de terço de oitava

Tabela 1 - Valores médios e desvio padrão das diferenças, desvios máximo e mínimo, por banda de frequência de terço de oitava

Banda de frequência (Hz)	Diferença Média (dB)	Desvio Padrão (dB)	Desvio Máximo (dB)	Desvio Mínimo (dB)
100	-0,3	0,9	3,2	-5,9
125	-0,4	1,2	0,6	-8,9
160	-0,2	0,5	0,2	-3,1
200	-0,3	0,7	1,9	-4,2
250	-0,2	0,4	0,2	-2,8
315	-0,1	0,5	2,5	-2,6
400	-0,1	0,3	0,3	-2,4
500	-0,1	0,4	0,2	-2,7
630	-0,1	0,3	0,1	-1,7
800	-0,1	0,2	0,1	-1,6
1000	-0,1	0,4	0,2	-3,4
1250	-0,1	0,3	0,2	-2,7
1600	-0,1	0,3	0,4	-2,4
2000	-0,1	0,3	0,3	-2,5
2500	-0,1	0,3	0,2	-2,1
3150	-0,1	0,3	0,3	-2,5
Índice	-0,2	0,4	0	-2

CÁLCULO DE INCERTEZAS

O cálculo de incertezas de acordo com a norma EN ISO 12999-1, não origina diferenças significativas relativamente aos cálculos de acordo com a anterior norma EN 20140-2.

Esta nova norma introduz de novo, a possibilidade de utilizar os valores tabelados na norma para incerteza padrão e factor de expansão, incluindo mesmo valores de incerteza aplicáveis aos índices de isolamento sonoro. Estes valores foram obtidos a partir de ensaios interlaboratoriais. A norma sugere mesmo a utilização dos valores tabelados, em alternativa aos valores calculados a partir da dispersão de resultados.

CONCLUSÕES

No conjunto de ensaios analisados, as diferenças de resultados para o isolamento sonoro a sons de condução aérea calculado de acordo com a anterior norma EN ISO 140-4 ou com a nova norma EN ISO 16283-1, são muito pequenas.

Verifica-se globalmente que, em termos médios, os valores de isolamento sonoro calculados de acordo com a nova norma EN ISO 16283-1 são ligeiramente inferiores aos obtidos com a anterior norma.

Relativamente ao valor do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea constatou-se que, na grande maioria dos casos, não sofre qualquer alteração. Nos poucos casos em que o índice sofre alteração, esta é sempre para um valor inferior, tipicamente 1 dB abaixo do calculado com a anterior norma.

REFERÊNCIAS

[1] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 16283 – Acústica. Medição *in situ* do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento a sons de condução aérea. 2014 (ISO 16283-1:2014)

[2] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 140 – Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4: Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos. 2009 (ISO 140-4:1998)

[3] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 717 – Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea. 2013 (ISO 717-1:2013)

[4] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 140-14 – Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 14 - Linhas de orientação para situações específicas de medições *in situ*. 2012 (ISO 140-14:2004)

[5] Decreto-lei 96/2008, de 9 de junho

[6] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN 20140-2 – Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 2: Determinação, verificação e aplicação de dados de exactidão. 2008 (ISO 140-2:1991)

[7] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 12999-1 – Acústica. Determinação e aplicação das incertezas de medição em acústica de edifícios. Parte 1: Isolamento sonoro. 2015 (ISO 12999-1:2014)

[8] Decreto-lei 129/2002, de 11 de maio