

Isolamento a sons aéreos - NP EN ISO 16283-1 2014 procedimento geral vs procedimento de baixa frequência

Paulo Silva

Versegura, Lda – Laboratório de acústica, V. N. Famalicão – Braga, Portugal
pauloliveirasilva@gmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: A norma NP EN ISO 16283-1:2014, estabelece metodologias de ensaio para determinação do isolamento sonoro a sons por condução aérea. São definidos dois procedimentos de ensaio distintos: procedimento geral e procedimento de baixa frequência. A aplicação destes métodos difere consoante a volumetria dos compartimentos de ensaio. Enquanto o primeiro é para compartimentos entre 25 m³ e 250 m³, o segundo é aplicável a compartimentos maiores ou iguais 10 m³ e menores que 25 m³.

Com a restrição de aplicação do procedimento geral a compartimentos com menos de 25 m³, impõe-se a aplicação do método de baixa frequência. No entanto, a legislação em vigor não prevê o enquadramento para este parâmetro.

Foram realizados nove ensaios de isolamento a sons por condução aérea em compartimentos com volume inferior a 25 m³, de forma a analisar a diferença de valores com a aplicação do método de baixa frequência e quais os constrangimentos da sua aplicação.

Devido à aplicação do método de baixa frequência verificou-se sempre um decréscimo do isolamento sonoro a sons aéreos entre espaços, o que em alguns casos resultou na transição do cumprimento para um incumprimento legal. Este método tem duas particularidades que dificultam a sua aplicação em ensaios: a primeira é do ponto de vista da conceção dos espaços, dado ser de difícil aplicação devido ao reduzidíssimo número de compartimentos recetores com volume inferior a 25 m³, a segunda é do ponto de vista técnico, uma vez que é um procedimento mais complexo de executar.

Keywords *Acústica de edifícios; Isolamento sons aéreos, Procedimento de baixa frequência.*

1. INTRODUÇÃO

A acústica de edifícios assume atualmente um dos principais conceitos quando se projeta uma construção. Uma acústica de edifícios de qualidade, irá traduzir-se numa boa qualidade acústica dos espaços bem como a estanquidade à passagem de sons entre o interior e o exterior dos edifícios e entre compartimentos do mesmo edifício, sejam eles compartimentos de fogos, garagens, zonas técnicas, espaços de circulação comum, espaços comerciais para zonas de conforto, de lazer ou de descanso. A legislação em vigor na área da acústica de edifícios é o decreto-lei 96/2008 de 09 de junho, que procede à primeira alteração do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo decreto-lei 129/2002 (Decreto-Lei n.º 96/2008, 2008).

O presente trabalho tem por base a análise das abordagens especificadas pela nova norma aplicável aos ensaios de propagação a sons aéreos entre compartimentos. A norma NP EN ISO16283-1:2014, que vem substituir a NP EN ISO 140-4:2009, é aplicável a recintos recetores entre 10 m³ e 250 m³ no intervalo de frequências entre 50 Hz e 5000 Hz, sendo que abaixo dos 25 m³ deve ser aplicado o procedimento de baixas frequências e entre 25 m³ e 250 m³ deve ser aplicado o procedimento geral. O principal foco de estudo e análise para o qual serão efetuados ensaios será verificar as diferenças que se obtêm com a aplicação das distintas metodologias. Além de novas abordagens na realização de ensaios, esta norma vem ainda especificar e clarificar alguns requisitos para os equipamentos utilizados neste âmbito.

A aplicação do método de baixas frequências, por parte das entidades acreditadas em termos acústicos, carece de uma revisão legislativa de modo a que o índice de isolamento acústico padronizado com os respetivos índices de adaptação espectral para baixa frequência $D_{nT,w} + (C_{50-3150}; C_{tr50-3150})$, sejam previstos em diploma legal (Rosão, Silva, & Gama, 2015).

2. METODOLOGIAS DE ENSAIO

Para a realização das medições de isolamento sonoro a sons de condução aérea com a aplicação do procedimento geral e do procedimento de baixa frequência foram seguidas as diretrizes da NP EN ISO16283-1:2014. Esta norma prevê que o sonómetro utilizado nas medições seja utilizado em: posições fixas, microfone com varrimento mecânico contínuo ou microfone com varrimento manual. No presente estudo foram utilizadas as posições fixas de microfone em que o sonómetro é segurado manualmente ou está fixo em tripé (NP EN ISO 16283-1, 2014).

Independentemente do método a aplicar em determinado ensaio, este passa sempre pelas seguintes fases:

- escolher o compartimento emissor e recetor, preferencialmente o mais pequeno como recetor;
- efetuar as medições do tempo de reverberação no compartimento recetor – T_2 ;
- efetuar as medições do ruído de fundo no compartimento recetor – B_2 ;
- efetuar as medições do nível sonoro médio no compartimento emissor – L_1 ;
- efetuar as medições do nível sonoro médio no compartimento recetor – L_2 ;

- realizar os cálculos do índice de isolamento - $D_{nT,w}$, $D_{nT,w} + C_{50-3150}$ ou $D_{nT,w} + C_{tr50-3150}$.

2.1 Procedimento geral

O método geral é realizado utilizando filtros de largura de banda de terço-de-oitava nas seguintes frequências centrais, em hertz:

- 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150.

As distâncias mínimas de separação entre posições da fonte sonora são as seguintes:

- a distância entre as diferentes posições do altifalante deve ser no mínimo de 0,7 m;
- para um mínimo de duas posições a distância não deve ser menor que 1,4 m;
- a distância entre os limites do compartimento e o centro geométrico da fonte sonora não deve ser inferior a 0,5m e 1m no caso da divisória de separação com o compartimento recetor (NP EN ISO 16283-1, 2014).

A Figura 1 apresenta uma visualização gráfica das distâncias anteriormente especificadas e na Figura 2, são apresentadas duas posições das fontes sonoras num dos ensaios realizados.

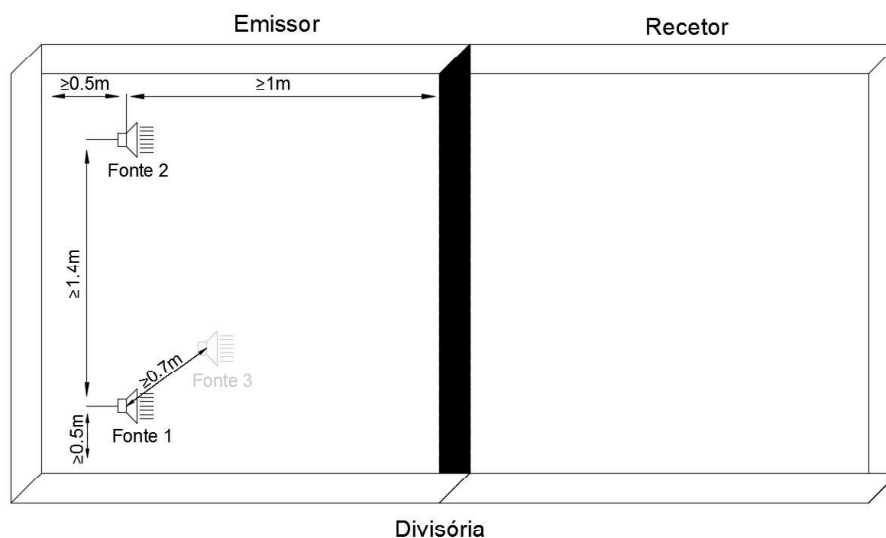


Figura 1. Distâncias mínimas dos altifalantes na geração de ruído para medição de L_1 e L_2 .



Figura 2. Exemplo da colocação das fontes num compartimento.

Uma vez que no método geral as medições de L_1 e L_2 são realizadas entre as bandas de terço de oitava de 100 Hz e 3150 Hz, o tempo de medição para cada posição de microfone é no mínimo 6 s e para B_2 15 s.

As distâncias mínimas de separação entre posições dos microfones são as seguintes:

- 0,7m entre posições fixas do microfone;
- 0,5m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento;
- 1,0m entre uma posição do microfone e o altifalante (NP EN ISO 16283-1, 2014).

A Figura 3 representa graficamente as distâncias anteriormente especificadas.

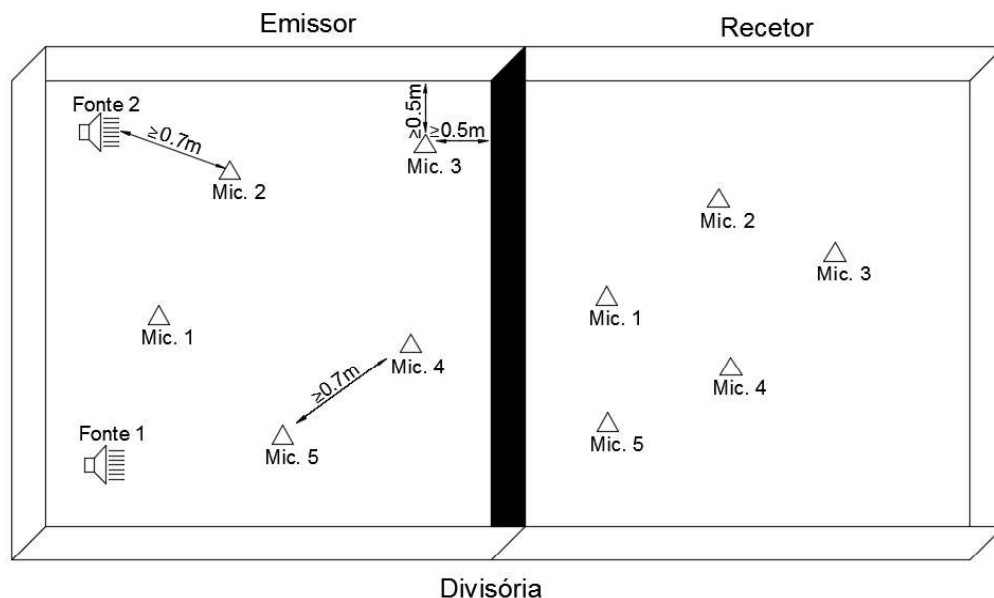


Figura 3. Distâncias entre posições de microfone.

2.2 Procedimento para baixa frequência

Nas medições de L_1 , L_2 e B_2 o procedimento de baixa frequência é aplicado utilizando filtros de largura de banda de terço-de-oitava nas seguintes frequências centrais, em hertz:

- 50, 63, 80.

As medições do nível de pressão sonora foram realizadas próximo de cada um dos cantos do compartimento, de forma a identificar qual o canto com nível sonoro mais elevado.

O ruído emitido no compartimento emissor foi gerado por dois altifalantes em posições distintas, não correlacionados.

As distâncias mínimas de separação entre posições das fontes sonoras, coincidem com as já referidas para o procedimento geral.

O microfone foi colocado em cada um dos cantos do compartimento a caracterizar de acordo com os seguintes requisitos:

- a uma distância de 0,3 m a 0,4 m de cada uma das superfícies que o definem;
- a distância entre qualquer posição do microfone e o altifalante deve ser de pelo menos 1,0 m.

O tempo de integração mínimo é de 15 s para cada medição, com o microfone colocado num tripé fixo e deslocado de posição em posição (NP EN ISO 16283-1, 2014).

Na Figura 4 é apresentado o modo de colocação do microfone numa posição de canto num dos ensaios realizados e a Figura 5 representa graficamente a distribuição típica das fontes sonoras e dos microfones numa medição, com a aplicação do método de baixa frequência.



Figura 4. Exemplo da colocação do microfone no canto superior de um compartimento.

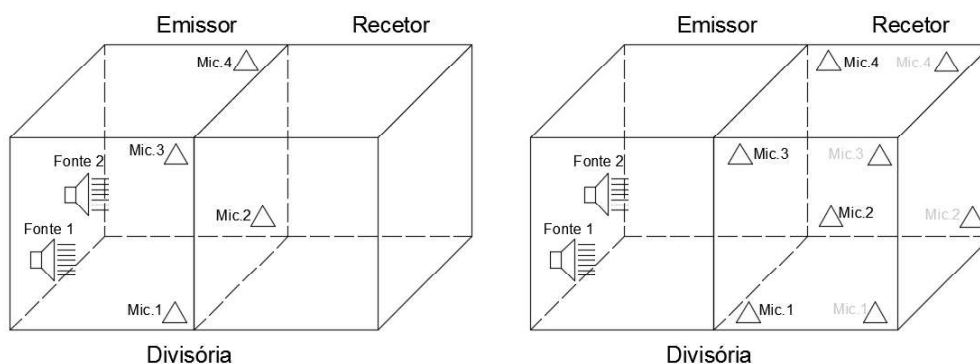


Figura 5. Disposição dos altifalantes e microfones para medição de L_1 , L_2 e B_2 .

2.3 Tempo de reverberação

A medição do tempo de reverberação é um dos aspetos fundamentais nos ensaios de acústica de edifícios, dado que, a maior ou menor reverberação do compartimento recetor vai ter uma influência direta nos resultados obtidos.

A medição deste parâmetro foi efetuada de acordo com o método de fonte interrompida ao nível do método de engenharia descrito na ISO 3382-2:2015 (NP EN ISO 3382-2, 2015).

O procedimento geral é aplicado em todas as bandas de terços de oitava entre 100 Hz e 3150 Hz, enquanto no procedimento de baixa frequência a medição do tempo de reverberação é realizado apenas na banda de oitava de 63 Hz, em vez das bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz. Este valor único de T_r será utilizado para representar as bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz nos cálculos finais de D_{nT} (NP EN ISO 16283-1, 2014).

2.4 Cálculos

Depois de realizadas as várias medições torna-se então necessário processar os cálculos para obtenção do:

Índice de isolamento sonoro por banda de frequência

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

onde L_1 = nível de pressão sonora média-energética no compartimento emissor; L_2 = nível de pressão sonora média-energética no compartimento recetor; T = Tempo de reverberação no compartimento recetor; T_0 = Tempo de reverberação de referência ($T_0=0.5s$).

Nível de pressão sonora média-energética

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 \cdot L_i} \right) \quad (2)$$

onde: $L_1, L_2, \dots, L_n$ são os níveis de pressão sonora medidos nas n posições do microfone no compartimento emissor e no compartimento recetor, resultando daqui respetivamente o valor de L_1 e L_2 para aplicar na equação (1).

Nível de pressão sonora média-energética de baixa frequência

$$L_{LF} = 10 \log \frac{10^{0.1 \cdot L_{\text{canto}}} + (2 \cdot 10^{0.1 \cdot L})}{3} \quad (3)$$

onde: L = nível de pressão sonora média-energética obtido a partir do procedimento geral; L_{canto} = nível de pressão sonora de baixa frequência.

Cálculos a realizar nas bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz.

Para determinação do valor de $D_{nT,w}$ e dos termos de adaptação espectral $C_{50-3150}$ e $C_{tr,50-3150}$ é necessário agora aplicar o método descrito na NP EN ISO 717-1:2013. (NP EN ISO 717-1, 2013)

2.5 Equipamentos

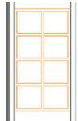
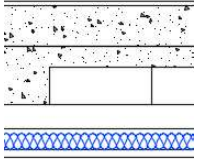
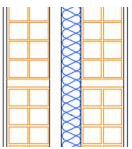
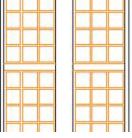
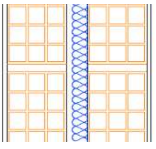
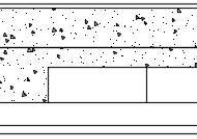
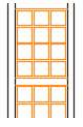
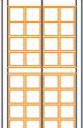
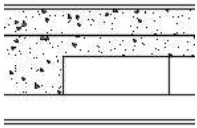
Os equipamentos utilizados nas medições foram: sonómetro de classe 1 da Bruel & Kjaer, modelo 2250; calibrador do sonómetro Bruel & Kjaer, modelo 4231; fontes sonoras da Bruel & Kjaer, modelo 4292; amplificadores de potência sonora da Bruel & Kjaer, modelo 2734.

Todos os equipamentos pertencem ao laboratório de acústica da Versegura, Lda, entidade acreditada pelo IPAC para realização de ensaios de acústica de edifícios e estão devidamente verificados.

2.6 Locais ensaiados

Na Tabela 1 é apresentada uma descrição sucinta dos locais ensaiados e das soluções construtivas. Estas soluções foram descritas pelos proprietários dos edifícios, não sendo possível constatar fisicamente as mesmas, uma vez que todos os ensaios foram realizados em construções com vários anos.

Tabela 1. Descrição dos compartimentos ensaiados

Nº do ensaio	Uso edifício	Tipo compartimento		Tipo de divisória	Solução construtiva	
		Emissor	Recetor		Descrição	Pormenor
1	Habitação geminada e serviços	Casa de banho	Quarto	Parede vertical	Cerâmica 1cm Reboco 2 cm Tijolo 11 cm Reboco 2 cm	
2	Habitação geminada e serviços	Armazém de produtos	Quarto	Lage horizontal	Cerâmica 1cm Regularização 10 cm Lage Aligeirada 25 cm Reboco 2 cm Lá rocha 4 cm Gesso cartonado 1.3 cm	
3	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Reboco 1 cm Tijolo 11 cm Caixa de ar 3 cm Lá de rocha 6 cm Tijolo 11 cm Reboco 1 cm	
4	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Reboco 2 cm Tijolo 15 cm Caixa de ar 5 cm Tijolo 15 cm Reboco 2 cm	
5	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Gesso 2 cm Tijolo 15 cm Caixa de ar 2 cm XPS 6 cm Tijolo 15 cm Gesso 2 cm	
6	Habitação no rés-do-chão e 1º piso.	Quarto	Quarto	Lage horizontal	Cerâmica 1cm Regularização 8 cm Lage Aligeirada 25 cm Reboco 2 cm	
7	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Gesso 2cm Tijolo 15 Gesso 2 cm	
8	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Gesso 2 cm Tijolo 11 cm Tijolo 11 cm Gesso 2 cm	
9	Habitação no rés-do-chão e 1º piso.	Quarto	Quarto	Lage horizontal	Cerâmica 1cm Regularização 6 cm Lage Aligeirada 25 cm Gesso 1 cm	

3. RESULTADOS

Na Tabela 2 é apresentado o enquadramento com a legislação e respetiva análise de conformidade para cada parâmetro. Em todos os casos é somado o valor de $I=3$ que corresponde ao valor da incerteza previsto no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 96/2008, 2008).

Tabela 2. Resumo dos vários ensaios realizados

Nº do ensaio	Volume dos compartimentos		$D_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,w} + C_{50-3150}$ (dB)	$D_{nT,w} + C_{tr,50-3150}$ (dB)	Valor regulamentar $D_{nT,w}$ (dB)	Análise de conformidade		
	Emissor	Recetor					$D_{nT,w}$	$D_{nT,w} + C_{50-3150}$	$D_{nT,w} + C_{tr,50-3150}$
	m³	m³							
1	22	24	39	39	37	50	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre
2	20	24	60	59	54	58	Cumpr	Cumpr	Não cumpre
3	22	22	47	46	44	50	Cumpr	Não cumpre	Não cumpre
4	24	23	47	46	43	50	Cumpr	Não cumpre	Não cumpre
5	24	23	49	48	46	50	Cumpr	Cumpr	Não cumpre
6	18	18	50	49	48	50	Cumpr	Cumpr	Cumpr
7	23	22	39	38	36	50	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre
8	24	23	44	42	39	50	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre
9	22	22	47	46	44	50	Cumpr	Não cumpre	Não cumpre

4. DISCUSSÃO

Com base na análise de resultados obtidos, pode dizer-se que com a aplicação do método de baixa frequência, o valor do isolamento obtido entre compartimentos vai ser sempre menor do que se fosse aplicado apenas o procedimento geral. Esta diminuição, em muitos casos, ainda é acentuada, o que por vezes origina que uma situação de cumprimento, aplicando o procedimento geral, resulte num incumprimento dos valores legais estabelecidos, aplicando o procedimento de baixa frequência. Tal facto poderá impossibilitar a emissão da

licença de utilização dos recintos em causa, se os mesmos estiverem em fase de licenciamento. Esta questão vai exigir que na fase de projeto haja um maior cuidado na definição das soluções construtivas com o objetivo de obter um melhor isolamento acústico.

A norma NP EN ISO 16283-1:2014, que vem substituir a NP EN ISO 140-4:2009, especifica claramente que a compartimentos com volume inferior a 25 m³ aplica-se o método de baixa frequência e consequentemente o enquadramento tem de ter em conta os termos de adaptação espectral. As entidades acreditadas que realizam ensaios de acústica de edifícios vão, de acordo com as orientações do Instituto Português da Acreditação, efetuar alteração normativa para a nova norma. No entanto, a legislação nacional ainda não contempla o enquadramento para o método das baixas frequências. Como as avaliações acústicas, de acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, devem ser efetuadas por entidades acreditadas, gera-se uma situação de incompatibilidade. Por um lado, a norma NP EN ISO 16283-1:2014 especifica que abaixo de 25 m³ tem de ser aplicado o método das baixas frequências, por outro, a legislação não prevê enquadramento que contemple os índices de adaptação espectral. Esta questão deve ser tratada pelas entidades reguladoras, porque no contexto atual temos uma situação de conflito entre norma e legislação. Ou seja, compartimentos com volume abaixo dos 25 m³ podem ser avaliados pelas entidades que já solicitaram a acreditação deste método de ensaio, no entanto, não pode ser efetuado o seu enquadramento legal porque a legislação não o prevê.

Com a procura de locais para aplicação do método de baixa frequência constatou-se que recintos destas dimensões não são comuns em compartimentos recetores, nomeadamente quartos ou salas, o que vai fazer com que este método seja de aplicação reduzida no universo da construção moderna. Mesmo que haja uma alteração da legislação, serão poucos os locais em que este método terá aplicabilidade, principalmente em construções novas.

Em termos técnicos, o método de baixa frequência vem tornar a execução de um ensaio de medição de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos, mais complexo e bastante mais demorado, uma vez que requer sempre a aplicação em simultâneo do método de ensaio definido pelo procedimento geral. Esta implicação ainda vem complicar mais a sobrevivência económica dos laboratórios de ensaios. Vários laboratórios suspenderam a acreditação nesta área, dado no contexto nacional várias entidades licenciadoras terem deixado de solicitar a avaliação acústica para emissão das licenças de utilização ou habitação, solicitando apenas um termo de responsabilidade, sem ter por base medições.

5. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível constatar que o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos foi sempre inferior com a aplicação do procedimento de baixa frequência em detrimento da aplicação isolada do procedimento geral.

Pela análise dos resultados obtidos nos nove ensaios realizados, pode-se verificar que apenas três não cumprem com o enquadramento legal previsto pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, para o parâmetro de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos, $D_{nT,w}$. Esta situação não é demasiado gravosa, uma vez que os edifícios em causa se reportam a construções com vários anos e apenas os compartimentos alvo dos ensaios dois e sete, é que apresentam valores bastante abaixo do

limite regulamentar 50 dB, apresentando ambos apenas 39 dB. No entanto, quando o enquadramento tem em conta os termos de adaptação espectral, nomeadamente $D_{nT'w} + C_{50-3150}$ ou $D_{nT'w} + C_{tr,50-3150}$, o incumprimento deixa de ser em apenas três compartimentos e passa a ser em seis ou oito, respetivamente. Com este cenário, a maioria das construções da amostra estão em desconformidade regulamentar, se lhes for aplicado o procedimento das baixas frequências.

Esta ultima análise demonstra que os profissionais da engenharia civil, que trabalhem na área da acústica, devem projetar construções com índices de isolamento superiores, caso a aplicação dos índices de adaptação espectral seja prevista em legislação. Considerando até que a legislação não venha a prever enquadramento para os parâmetros $D_{nT'w} + C_{50-3150}$ ou $D_{nT'w} + C_{tr,50-3150}$, será sempre uma boa prática projetar edifícios com um isolamento acústico superior ao limite legal e com uma certa margem de segurança, para uma melhor qualidade acústica.

A execução em campo do procedimento de baixa frequência torna a realização do ensaio de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos mais morosa e mais complexa. O número de medições a efetuar duplica com tempos de medição superiores. Devido à reduzida dimensão dos compartimentos é necessário que estes se encontrem vazios, dado que se estiverem mobilados torna-se difícil cumprir as distâncias especificadas.

Embora a norma NP EN ISO 16283-1:2014 tenha por objetivo definir e clarificar uma série de requisitos de ordem técnica, bem como ser aplicável a compartimentos cujo campo sonoro pode ser, ou não, aproximado do campo difuso, ainda falta tornar possível aplicar os distintos métodos em situações reais de ensaios. Ou seja, de nada se beneficia em existir todo um conjunto de procedimentos bem definidos e específicos consoante os compartimentos a ensaiar, quando apenas existe enquadramento legislativo para o procedimento geral.

REFERÊNCIAS

- Decreto-Lei n.º 96/2008. 2008. *Altera o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*. Lisboa: Diário da República, 1.ª série - N.º 110 - 9 de Junho de 2008.
- NP EN ISO 16283-1. 2014. *Medição in situ do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção – Parte 1 : Isolamento a sons de condução aérea*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.
- NP EN ISO 3382-2. 2015. *Medição de parâmetros de acústica de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas correntes*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN ISO 717-1. 2013. *Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção - Parte 1 : Isolamento sonoro a sons de condução aérea*. Instituto Português da Qualidade.
- Rosão, V., Silva, J., & Gama, V. 2015. COMPARING RESULTS OF USING ISO 140-4:1998 TO ISO 16283-1:2014. *The 22nd International Congress on Sound and Vibration, 12-16 julho 2015*. Florence: Italy.