

IMPLICAÇÕES REGULAMENTARES NA SEQUÊNCIA DA APLICAÇÃO DO “MÉTODO DE BAIXA FREQUÊNCIA” NOS ENSAIOS DE ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO

Miguel M. Ferreira¹, Paulo O. Silva², Rui C. Rodrigues³

¹Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa
(miguelf@ufp.edu.pt)

²Versegura, Lda – Laboratório de Acústica
(pauloliveirasilva@gmail.com)

³Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Construct - NI&DEA
(calejo@fe.up.pt)

Resumo

O "método de baixa frequência" estabelecido na norma ISO 16283-2:2020 vem estabelecer o enquadramento para o ensaio de caracterização "in situ" da transmissão a sons de percussão em edifícios quando o espaço recetor tem um volume inferior a 25 m³. Para estes espaços a componente de baixas frequências não assume a mesma importância que em espaços com dimensões superiores, sendo que os resultados do índice de isolamento a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, acabam por não repercutir bem a real precessão acústica pelo ser humano. O uso de diversas soluções construtivas implica que a aplicação do método em causa devolva resultados cuja dispersão possa ser questionada quando comparada com o método corrente da norma.

Assim, avaliou-se qual a real importância de diferentes soluções construtivas na justificação da aplicação do "método de baixa frequência". Para tal, procedeu-se a um estudo de cariz experimental sendo realizados trabalhos de campo representativos de doze situações tipo nas quais se procedeu à avaliação de $L'_{nT,w}$, analisando os respetivos resultados e correlacionando-os com as respetivas soluções construtivas, permitindo-se concluir que em espaços com reduzidas dimensões, existe maior dependência do tipo de soluções construtivas do que do volume dos mesmos, propondo-se um ajuste das exigências regulamentares nacionais.

Palavras-chave: Acústica de Edifícios; Índice de Isolamento a Sons de Percussão; Norma ISO 16283-2:2020; RRAE.

Abstract

Standard ISO 16283-2:2020 establishes the "low frequency method" for field measurement of impact sound insulation in buildings when the receiving space has a volume smaller than 25 m³. In these small rooms the low frequency band is not so important as it is in larger spaces and so the Standardized Impact Sound Pressure Index $L'_{nT,w}$, does not state the real human body reaction. The diversity of constructive solutions has as a consequence that the application of the method returns results whose dispersion can be questioned when compared to the current method of the standard.

In the scope of this work, it was evaluated the real importance of different constructive solutions in justifying the application of the "low frequency method". For this purpose, an experimental study was carried out on twelve case studies, in which the $L'_{nT,w}$, is evaluated, analyzing the respective results and correlating them with the respective constructive solutions, allow us to conclude that in very small places, the constructive influence is more important than it's volume, proposing an adjustment of national regulatory requirements.

Keywords: Building Acoustics, Standardized Impact Sound Pressure Index, Standard ISO 16283-2:2020, RRAE.

PACS no. 43.15.+s

1 Introdução

Atualmente é comum aplicar-se o rótulo de construção sustentável nas edificações novas. Esta caracterização tem implicações diretas com o domínio da acústica, dado que, sem um bom isolamento acústico dos edifícios, os utilizadores não possuem conforto na utilização dos mesmos e a curto prazo irá implicar obras de remodelação. A legislação em vigor na área da acústica de edifícios, que já possui mais de 10 anos sem ser alvo de atualização, é o decreto-lei 96/2008 de 9 de junho, que procede à primeira alteração do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo decreto-lei 129/2002 [1].

O presente trabalho tem por base a análise das abordagens especificadas pela norma ISO 16283-2:2020 [2], que substitui a EN ISO 16283-2: 2019 [3] que por si só substituiu a EN ISO 16283-2: 2016 [4], e é aplicável a recintos recetores entre 10 m^3 e 250 m^3 no intervalo de frequências entre 50 Hz e 5000 Hz, sendo que abaixo dos 25 m^3 deve ser aplicado o “método de baixa frequência” e entre 25 m^3 e 250 m^3 deve ser aplicado o método corrente da norma.

A aplicação do “método de baixa frequência”, 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, sejam previstos em diploma legal [5].

2 Enquadramento

Na realização dos ensaios de medição do isolamento sonoro a sons de percussão com a aplicação do método corrente da norma e do “método de baixa frequência” foram seguidas as diretrizes da norma, que prevê que o sonómetro utilizado nas medições esteja em posições fixas e seguro manualmente pelo operador, que deve permanecer com o braço estendido.

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

- identificar o compartimento emissor e 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 recetor – L_2 ;
- realizar os cálculos do índice de isolamento a sons de percussão e do termo de adaptação espectral – $L'_{nT,w}$ e $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$.

2.1 Procedimento geral

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

- 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150.

A máquina de percussão deve cumprir o mínimo de 4 posições no compartimento emissor, distribuídas de forma aleatória sobre o pavimento. Sempre que no compartimento emissor o piso possua vigas ou nervuras, a linha de martelos deve ser colocada a 45° relativamente à direção destes elementos. A medição só deve ocorrer depois do nível de pressão sonora do ruído de percussão evidenciar estabilidade.

No que respeita a distâncias dentro do compartimento emissor, as diferentes posições da máquina de percussão devem distar 0,5 m entre si e estar no mínimo a 0,5 m de distância dos limites do compartimento.

As distâncias mínimas a ter em consideração para as posições do microfone no compartimento recetor devem cumprir o seguinte:

- 0,7 m entre posições fixas do microfone;
- 0,5 m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento;
- 1,0 m entre uma posição do microfone e o pavimento excitado pela máquina de percussão.

Por exemplo: Para cada uma de quatro posições da máquina de percussão terão de ser utilizadas no mínimo duas medições do nível de pressão sonora do ruído de percussão, o que perfaz um mínimo de 8 medições.

A Figura 1 apresenta uma visualização gráfica das distâncias anteriormente especificadas.

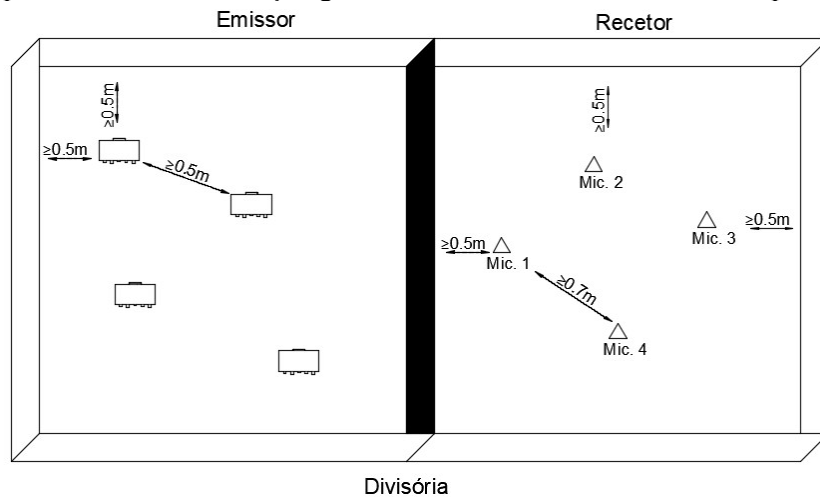


Figura 1. Distâncias mínimas do microfone e da máquina de percussão para medição de L_2 e B_2 .

Uma vez que no método corrente da norma as medições de L_2 são realizadas entre as bandas de terço de oitava de 50 Hz e 3150 Hz, o tempo de medição para cada posição do microfone é no mínimo 6 s e para B_2 15 s.

2.2 Procedimento para baixa frequência

Nas medições de L_2 e B_2 o “método 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 de percussão é gerado no compartimento emissor pela máquina de percussão em duas posições distintas. A Figura 2 apresenta uma visualização gráfica do anteriormente especificado. 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;
- 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.

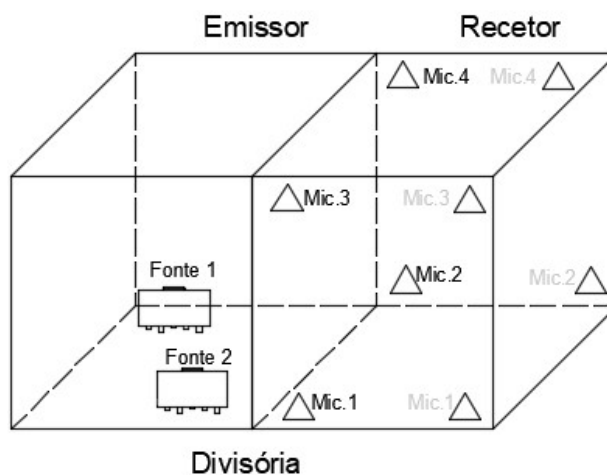


Figura 2. Disposição da máquina de percussão e microfones para medição de L_2 e B_2 .

2.3 Tempo de reverberação

A medição deste parâmetro foi efetuada de acordo com o método de fonte interrompida ao nível do método de engenharia descrito na NP EN ISO 3382-2: 2015 [6].

O procedimento geral é aplicado em todas as bandas de terços de oitava entre 100 Hz e 3150 Hz, enquanto no “método de baixa frequência” a medição do tempo de reverberação é realizada apenas na banda de oitava de 63 Hz, em vez de em todas as bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz. Este valor único de T_r foi utilizado para representar as bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz nos cálculos finais de L'_{nT} .

2.4 Equipamentos

Os equipamentos utilizados nas medições foram: sonómetro de classe 1 da Bruel & Kjaer, modelo 2250; calibrador do sonómetro Bruel & Kjaer, modelo 4231; fonte sonora da Bruel & Kjaer, modelo 4292; amplificadores de potência sonora da Bruel & Kjaer, modelo 2734 e máquina de percussão Bruel & Kjaer, modelo 3207.













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.






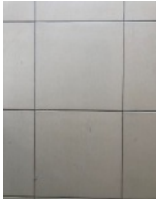

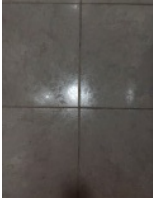

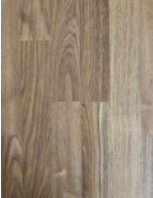


3 Caso de Estudo

3.1 Descrição dos locais ensaiados

Na Tabela 1 é apresentada uma descrição sucinta dos locais ensaiados, incluindo a descrição da solução construtiva do pavimento e a respetiva fotografia do revestimento de piso.

Tabela 1. Descrição dos compartimentos ensaiados

N.º do ensaio	Uso do edifício	Tipo de compartimento		Tipo de divisória	Solução construtiva	
		Emissor	Recetor	Direção e sentido da propagação	Descrição do pavimento ensaiado	Fotografia da superfície
1	Edifício Multifamiliar e comercial	Arrecadação de comércio	Quarto	Laje aligeirada Vertical 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Pavimento térreo em betão: 20 cm	
2	Edifício Multifamiliar e comercial	WC	Quarto	Laje aligeirada Vertical 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm laje aligeirada: 25 cm Reboco: 2 cm	
3	Edifício Multifamiliar e comercial	Escritório	Escritório	Laje aligeirada Vertical 	Soalho: 2 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada: 25 cm Reboco: 2 cm	
4	Edifício Multifamiliar e comercial	Quarto	Quarto	Parede de alvenaria Horizontal 	Soalho: 2 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada: 25 cm Reboco: 2 cm	
5	Edifício Multifamiliar	Hall	Quarto	Laje aligeirada Vertical 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Pavimento térreo em betão: 20 cm	
6	Edifício Multifamiliar	Quarto	Quarto	Parede de alvenaria Horizontal 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Pavimento térreo em betão: 20 cm	

N.º do ensaio	Uso do edifício	Tipo de compartimento		Tipo de divisória	Solução construtiva	
		Emissor	Recetor	Direção e sentido da propagação	Descrição do pavimento ensaiado	Fotografia da superfície
7	Edifício Multifamiliar	Hall	Quarto	Parede de alvenaria Horizontal 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada : 25 cm Reboco: 2 cm	
8	Edifício Multifamiliar	Quarto	Quarto	Parede de alvenaria Horizontal 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada : 25 cm Reboco: 2 cm	
9	Edifício Multifamiliar	Arrecadação	Escritório	Parede de alvenaria Horizontal 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada : 25 cm Reboco: 2 cm	
10	Edifício Multifamiliar	WC	Quarto	Parede de alvenaria Horizontal 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada : 25 cm Reboco: 2 cm	
11	Edifício Multifamiliar	Dispensa	Escritório	Parede de alvenaria Horizontal 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada : 25 cm Reboco: 2 cm	
12	Edifício Multifamiliar	Hall	Escritório	Laje aligeirada Vertical 	Cerâmica: 1 cm Regularização: 10 cm Laje aligeirada : 25 cm Reboco: 2 cm	

3.2 Resultados

Na Tabela 2 é apresentado o enquadramento com a legislação e respetiva análise de conformidade regulamentar para cada parâmetro. Em todos os casos e para efeitos de análise de conformidade é subtraído o valor de $I = 3$ que corresponde ao valor da incerteza previsto no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios [1].

Tabela 2. Resumo dos vários ensaios realizados

Nº do ensaio	$L'_{nT,w}$ (dB)	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	Valor regulamentar $L'_{nT,w}$ (dB)	Análise de conformidade	
				$L'_{nT,w} - 3\text{dB}$	$L'_{nT,w} + C_{1,50-3150} - 3\text{dB}$
1	51	41	50	Cumpre	Cumpre
2	78	62	60	Não	Cumpre
3	78	65	60	Não	Não
4	69	57	60	Não	Cumpre
5	41	36	60	Cumpre	Cumpre
6	49	41	60	Cumpre	Cumpre
7	54	50	60	Cumpre	Cumpre
8	62	57	60	Cumpre	Cumpre
9	59	50	60	Cumpre	Cumpre
10	60	49	60	Cumpre	Cumpre
11	52	41	60	Cumpre	Cumpre
12	78	62	60	Não	Cumpre

4 Análise de resultados e respetiva discussão

A realização deste caso de estudo permitiu verificar que, embora mais de metade dos pavimentos testados cumpra com os requisitos regulamentares em vigor, estabelecidos pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos de Edifícios [1], ou seja, considerando o valor de $L'_{nT,w} - I$, muitos dos pavimentos estão próximos do limite, o que traduz uma qualidade de isolamento acústico baixa.

Como o valor de $C_{1,50-2500}$ é negativo, caso seja considerado o valor do termo de adaptação espectral, neste caso, $L'_{nT,w} - I + C_{1,50-2500}$, a maioria dos compartimentos estaria a cumprir. Apenas o compartimento 3 não cumpre, e por uma margem reduzida, quando se está perante pavimentos de fraca qualidade acústica ao isolamento a sons de percussão, o que leva a equacionar a aplicação de limites mais exigentes, no que diz respeito ao isolamento a sons de percussão de pavimentos entre compartimentos.

O mau isolamento a sons de percussão obtido nos ensaios 2, 3 e 12 já era previsível, uma vez que a propagação é vertical, de cima para baixo, com soluções construtivas sem elementos resilientes de corte à propagação dos impactos da máquina de percussão.

Os melhores resultados foram obtidos nos ensaios 5 e 6, não devido a uma solução construtiva devidamente dimensionada e estudada, mas porque o pavimento do compartimento emissor está sobre terra, o que acaba por funcionar como um elemento de absorção de vibração, logo com baixa propagação dos sons de percussão.

5 Conclusão

A realização deste trabalho, pela análise dos resultados dos doze ensaios efetuados, permitiu concluir que para cada tipo de solução construtiva e revestimento dos pavimentos, regista-se um melhoramento no valor de isolamento se for tido em consideração o procedimento de baixa frequência e respetivo termo de adaptação espectral. Desta forma, tal implica a necessidade de limites mais exigentes, como acontece em diversos países.

A norma ISO 16283-2 estabelece procedimentos que requerem uma análise cuidada por parte das entidades envolvidas na elaboração dos regulamentos nacionais. Esta norma é clara quanto à aplicação do procedimento geral e do “método de baixa frequência”. Abaixo de 25 m³ deve ser sempre aplicado o “método de baixa frequência”. No entanto, o Regulamento dos Requisitos Acústicos de Edifícios Português, não contempla a aplicação do termo de adaptação espectral $C_{L,50-2500}$. Tal como referido anteriormente, este termo não pode ser considerado diretamente, requerendo uma revisão dos limites regulamentares. Caso contrário, as exigências para pavimentos não revestidos ou cujos revestimentos são pouco eficazes para sons de percussão serão menores e a qualidade acústica dos edifícios diminuirá significativamente.

Atualmente existem duas realidades incompatíveis, por um lado a norma não permite aplicar apenas o procedimento geral a compartimentos abaixo de 25 m³, por outro, a legislação Portuguesa não prevê enquadramento regulamentar para o termo de adaptação espectral. Neste contexto normativo/legislativo, compartimentos abaixo dos 25 m³, simplesmente não podem ser avaliados. Este é um dos aspetos que reforça uma necessidade de alteração da legislação, a curto prazo.

Outro dos aspetos importantes da aplicação do “método de baixa frequência” é que torna a realização do ensaio de isolamento a sons de percussão de pavimentos entre compartimentos mais complexa e morosa, dado que além deste implica sempre a execução do procedimento geral.

Caso a legislação venha a ser alterada e passe a contemplar o “método de baixa frequência” para compartimentos de volume abaixo dos 25 m³, tal implicará que os laboratórios de ensaios tenham de acreditar este método, acarretando os encargos inerentes a este processo. Este aspeto não pode ser esquecido, uma vez que, atualmente, muitos laboratórios atravessam sérias dificuldades económicas, tendo vários cessado a sua atividade devido à grande instabilidade que a área da acústica atravessa. Esta instabilidade deve-se ao facto de várias entidades licenciadoras apenas solicitarem a apresentação de um termo de responsabilidade e não de um termo baseado num ensaio acústico.

Contribuição dos autores

Este estudo é o resultado da investigação realizada por Paulo Silva e Miguel Ferreira na Universidade Fernando Pessoa com a colaboração da Versegura, Lda - Laboratório de Acústica e da sua larga experiência profissional. Rui Calejo Rodrigues faz um juízo crítico sobre a investigação. O artigo foi escrito com a contribuição de todos os autores.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por: Financiamento programático - UIDP/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Referências

- [1] 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*.
- [2] ISO 16283-2:2020 Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation. *International Organization for Standardization*, 2020.
- [3] EN ISO 16283-2: 2019 . Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation. *European Standards*, 2019.
- [4] EN ISO 16283-2:2016. Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 2: Impact sound insulation. *European Standards*, 2016.
- [5] Rosão, V.; Silva, J.; Gama, V. Comparing results of using ISO 140-4:1998 to ISO 16283-1:2014. *The 22nd International Congress on Sound and Vibration*, Florence (Italy), 2015, 12-16.
- [6] 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*, 2015.