XXXI ENCONTRO SOBRAC
SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA
Ouro Preto - MG 2026

Avaliação laboratorial do isolamento a ruído de impacto em sistemas de contrapiso flutuante com mantas resilientes multicamadas

Arthur Brunno, D. S.[1]; Scherer, C. T.[1]; Safra, R.[2]; Marangoni, B. S.[1]; Veiga, W. B.[1]; Viera, L. H.[1]

[1] MMC Lab Controle Tecnológico, Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil,{arthur, claudio, bruno, tomveiga, leonardo}@mmclab.com.br
[2] Aubicon – Mantas Acústicas e Pisos Emborrachados, São Paulo, São Paulo, Brasil, rafael@aubicon.com.br

Resumo

A cultura da qualidade no setor da construção civil tem promovido mudanças nas etapas preliminares de projetos. A exigência de requisitos mínimos de uso dos sistemas construtivos estimula os fabricantes a verificarem os resultados de desempenho de seus produtos, para que projetistas e especificadores possam utilizá-los em suas avaliações nas fases de estudo preliminar e anteprojeto. Nesse contexto, este trabalho avalia o desempenho acústico do isolamento a ruído de impacto de sistemas de contrapiso flutuante compostos por diferentes arranjos de materiais resilientes. O objetivo foi analisar o comportamento acústico de configurações com dupla camada de mantas resilientes, variando-se a geometria, a espessura e a densidade superficial dos materiais. Os ensaios laboratoriais foram conduzidos conforme a ISO 10140-3:2021, utilizando-se máquina de impacto padronizada, com determinação do índice de redução do nível de pressão sonora de impacto ponderado (ΔL_{w}), de acordo com a ABNT NBR ISO 717-2:2022. Os resultados apresentaram melhorias no desempenho acústico, indicando que a geometria, as propriedades físicas, a instalação e a combinação da camada de material resiliente influenciam diretamente a eficiência do sistema. O estudo reforça a importância das medições laboratoriais na avaliação, seleção e combinação de materiais resilientes no desenvolvimento de soluções de contrapiso flutuante para edificações residenciais.

Palavras-chave: contrapiso flutuante, ruído de impacto, desempenho acústico, laboratório, ISO 10140-3.

Laboratory evaluation of impact sound insulation in floating floor systems with multilayer resilient underlays

Abstract

The culture of quality in the construction industry has driven changes in the preliminary stages of building design. Requirements for minimum specifications regarding construction elements and systems encourage manufacturers to determine and disclose their products performance data, enabling designers to use this information in calculations and simulations during the preliminary study and schematic design phases. Within the context, this study evaluates the impact sound insulation performance of floating floor systems composed of various arrangements of resilient materials. The objective was to analyze the acoustic behavior of configurations with double layers of resilient materials, varying the geometry, thickness, and surface density of the materials. Corrugated materials with a thickness of $17/8$ *mm and different surface densities were investigated, as well as a flat material with a thickness of* 10 *mm. Laboratory tests were conducted in accordance with ISO 10140-3:2021, using a standardized tapping machine, and the weighted reduction in impact sound pressure level index* (ΔL_{w}) *was determined according to ABNT NBR ISO 717-2:2022. The results showed improvements in acoustic performance, indicating that the geometry, physical properties, installation, and the combination of the resilient material layer directly influence the system's efficiency. The study reinforces the importance of laboratory measurements in the evaluation, selection, and combination of resilient materials for the development of floating floor screed solutions for residential buildings.*

Keywords: *floating floor, impact noise, acoustic performance, laboratory, ISO 10140-3.*

1. Introdução

Desde a publicação da primeira edição da ABNT NBR 15575[1] (conhecida como "Norma de Desempenho"), em 2013, o setor da construção civil tem vivenciado transformações significativas nos requisitos, critérios e métodos de avaliação das condições de uso das habitações brasileiras.[2–4] Em sua última atualização de 2025, a norma consolidou os requisitos de segurança, habitabilidade. Assim, as necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e economia, estabelecem requisitos mínimos de desempenho para os sistemas construtivos, devem ser considerados e atendidos.

A quantidade de disciplinas envolvidas em sua aplicação passou a despertar dúvidas em fabricantes, projetistas e especificadores que não dispõem da infraestrutura necessária para aplicação dos métodos de avaliação, nem dos recursos para a realização dos cálculos que estimam o desempenho de elementos e sistemas construtivos.

Sob a perspectiva do desempenho acústico, identificam-se desafios no trabalho de compatibilização das soluções concebidas pelas diferentes disciplinas de projeto, o que dificulta o cumprimento dos requisitos estabelecidos. Nesse contexto, a especificação de soluções acústicas capazes de atender aos requisitos mínimos de isolamento sonoro torna-se uma etapa crítica no planejamento e na execução de edificações. Atualmente, essas atividades são comprometidas pela indisponibilidade de dados experimentais confiáveis sobre o desempenho acústico dos produtos e elementos da construção civil. A ausência dessas informações aumenta as incertezas dos cálculos que estimam, ainda nas fases iniciais, o desempenho acústico das soluções propostas.[5]

Portanto, torna-se essencial que os fabricantes tenham conhecimento das propriedades acústicas de seus produtos, e que essas informações apoiem o trabalho dos projetistas e especificadores. Assim, empresas que realizam ensaios laboratoriais padronizados devem apoiar esses agentes na determinação, de forma confiável e representativa, das propriedades de isolamento aos ruídos aéreo e de impacto, disponibilizando aos projetistas dados técnicos importantes para a especificação, cálculo e simulação de soluções acústicas em conformidade com os critérios da Norma de Desempenho.

1.1 Métodos normativos na avaliação do ruído de impacto – ensaios em campo e laboratorial

A avaliação do isolamento a ruído de impacto em sistemas de piso é descrita em procedimentos normativos específicos. No contexto brasileiro, as medições realizadas em campo são regulamentadas pela ABNT NBR ISO 16283-2[6], que estabelece o método para determinação do desempenho acústico de edificações nas condições reais de utilização. Em contrapartida, os ensaios laboratoriais são conduzidos conforme a ISO 10140-3:2021[7], que mensuram as propriedades intrínsecas de isolamento acústico de produtos e elementos da construção civil em ambientes com condições controladas de ensaio.

Embora ambas as normas tratem da avaliação do isolamento a ruído de impacto, seus objetivos, condições de ensaio, parâmetros de medição e formas de interpretação dos resultados são distintos e complementares. As medições em campo quantificam o desempenho alcançado pelos sistemas construtivos na edificação, incorporando os efeitos decorrentes da execução, das interfaces construtivas e das condições reais de instalação. Já os ensaios laboratoriais têm a finalidade de caracterizar materiais, produtos e elementos, em configurações simples ou multicamadas, em condições padronizadas, minimizando a influência de variáveis externas (ruídos produzidos por transmissões estruturais e ambientes adjacentes).

A adequada aplicação desses procedimentos normativos é essencial para assegurar a validade técnica dos resultados. Os resultados laboratoriais são informações importantes para especificadores e projetistas em suas atividades de cálculo e simulação, e os ensaios em campo atestam o desempenho previsto em projeto.

2. Pesquisa exploratória e cenário nacional

Com o objetivo de avaliar o panorama da produção científica nacional sobre o tema “ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto”, foi realizada uma pesquisa exploratória em bases de dados digitais (Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Capes e *Semantic Scholar*) utilizando os termos “ISO 10140” e “ISO 10140-3”. A pesquisa teve a finalidade de identificar a quantidade de publicações com textos disponíveis em português e publicadas por instituições brasileiras, com o objetivo de verificar a representatividade dos estudos realizados em laboratórios voltados à avaliação de materiais resilientes empregados em sistemas de contrapiso flutuante.

Como critério de filtragem dos textos em português, utilizou-se a concatenação condicional “ISO 10140-3 E laboratório”. Em seguida, foram selecionados os artigos que se alinhavam ao tema, possuindo título ou resumo com expressões correlatas a sistemas de contrapiso flutuante com mantas resilientes e que os autores pertencessem a instituições brasileiras. O Quadro 1 apresenta a síntese da pesquisa exploratória.

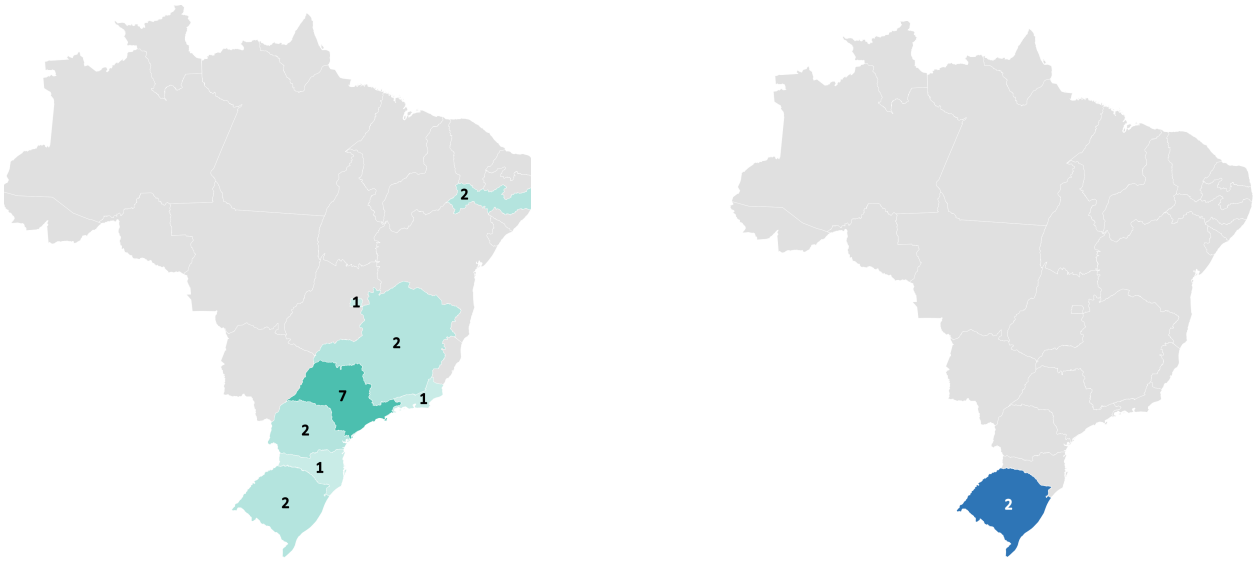
	Quantidade de textos acadêmicos por análise dos termos e filtragem condicional			
Bases de dados	“ISO 10140”	“ISO 10140-3”	“ISO 10140-3” E “laboratório”	Alinhado ao tema da pesquisa
Google Acadêmico	2560	602	56	19
Portal de Periódicos da CAPES	45	7	0	–
Semantic Scholar	152	20	3	3

Quadro 1: Síntese da pesquisa exploratória sobre a produção científica nacional acerca do tema “ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto” (levantamento realizado no dia 23 de setembro de 2026).

Os resultados obtidos demonstram que, embora a série ISO 10140 constitua uma das principais referências internacionais para a realização de ensaios laboratoriais padronizados na área de isolamento acústico, sua aplicação em estudos nacionais voltados ao desempenho de elementos e produtos da construção civil destinados ao controle do ruído de impacto ainda é limitada. Essa análise sugere a existência de uma lacuna na literatura brasileira, pois dentre os textos encontrados menos de 50% dos classificados como ”alinhado ao tema da pesquisa“ se conectam com métodos normativos de avaliação de soluções de sistemas de contrapiso flutuante. Essa constatação reforça a relevância do desenvolvimento de pesquisas que ampliem a base de dados experimentais de elementos construtivos nacionais, contribuindo para o estudo e aprimoramento de soluções destinadas ao cumprimento do desempenho de isolamento a ruído de impacto.

2.1 Infraestrutura laboratorial

Outro aspecto que evidencia as limitações da área de engenharia acústica no Brasil, está na infraestrutura disponível para a realização de ensaios laboratoriais padronizados de isolamento a ruído de impacto. A partir da verificação da quantidade de laboratórios acreditados pelo sistema de escopos de acreditação da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) identificaram-se 37 laboratórios acreditados para a classe de “Ensaios Acústicos, de Vibração e Choque” com registro na área de atividade “Construção Civil”. Entretanto, apenas dois laboratórios possuem acreditação para a realização de ensaios conforme a ISO 10140-3. A Figura 1 apresenta a distribuição dos laboratórios acreditados.



(a) Laboratórios acreditados para a realização de ensaios conforme as ISO 16283-2 e 10140-3.

(b) Laboratórios acreditados para a realização de ensaios conforme as ISO 10140-3.

Figura 1: Distribuição geográfico dos laboratórios de ensaios acústicos acreditados para procedimentos requeridos pela ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho.

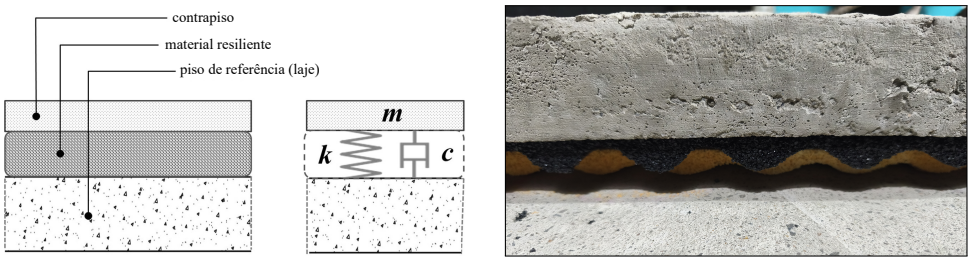
Esse levantamento expõe a baixa quantidade de laboratórios especializados em ensaios acústicos no Brasil, com maior concentração nas regiões sudeste e sul do país. Essa limitação é ainda mais crítica para ensaios laboratoriais, que constam com laboratórios apenas na região sul. Isto restringe a formação de bases de dados experimentais abrangentes, fundamentais para compreender o comportamento acústico dos diferentes sistemas e subsidiar o desenvolvimento de soluções construtivas mais eficientes.

3. Referencial teórico

O isolamento a ruído de impacto de sistemas de pisos ocorre pela utilização de materiais resilientes, cuja função é reduzir a transmissão da energia mecânica gerada pela fonte de impacto para a estrutura da edificação. De forma geral, empregam-se soluções de revestimentos resilientes (*soft floor coverings*) ou sistemas de contrapiso flutuante[1] (*floating floors*), respectivamente, acima ou abaixo do contrapiso.[8] Dentre essas soluções construtivas, os sistemas de contrapisos flutuantes representam uma das configurações mais eficientes para o controle do ruído de impacto. Nesses sistemas, o contrapiso permanece apoiado sobre um elemento resiliente, sem ligações rígidas com o piso e as paredes, formando um sistema mecanicamente desacoplado do piso (laje). Dependendo da forma como ocorre esse apoio, os sistemas de contrapiso flutuante podem ser classificados em três configurações: **(i)** apoio contínuo, quando a camada resiliente ocupa toda a área do piso; **(ii)** Apoio em linhas, normalmente constituído por ripas ou vigas resilientes; e **(iii)** apoio discreto, realizado por elementos resilientes distribuídos em pontos específicos da superfície.

Do ponto de vista da modelagem dinâmica, quando a massa da laje é significativamente superior à massa do contrapiso, o comportamento do sistema pode ser aproximado por um modelo de um grau de liberdade do tipo massa-mola-amortecedor, em que a massa corresponde ao contrapiso e a mola-amortecedor representa a camada resiliente. Assim, busca-se projetar o sistema de modo que sua frequência de ressonância esteja posicionada abaixo da faixa de frequências de interesse para o isolamento acústico, minimizando os efeitos negativos associados ao aumento da transmissão próximo à ressonância[8]. A Figura 2 exemplifica os modelos analítico e experimental.

[1]No Brasil, é comum definir como “piso” o sistema de laje e de “contrapiso” o piso de concreto executado acima da laje. Por isso, ao longo de todo o texto adotou-se a denominação “contrapiso flutuante” no lugar de “piso flutuante”.



(a) Sistema de contrapiso flutuante (esquerda) e seu modelo mecânico massa-mola-amortecedor (direita). Adaptado[9].

(b) Configuração do sistema de contrapiso flutuante instalado em laboratório. Foto cedida por MMC Lab[10].

Figura 2: Exemplificação dos modelos analítico (a) e experimental (b) de sistemas de contrapiso flutuante.

O método analítico adotado na avaliação do isolamento a ruído de impacto busca representar a interação dinâmica entre a camada de material resiliente, o contrapiso e o piso de referência (laje), permitindo prever a influência das propriedades mecânicas dos materiais. Esse método pode ser agrupado em dois principais tipos de modelos de camada de material resiliente: (i) uma distribuição contínua de rigidez; ou (ii) apoios discretos entre o piso flutuante e a laje.[8]

Apesar das diferenças entre os modelos propostos ao longo das últimas décadas, todos convergem para um mesmo princípio físico: **o desempenho acústico do sistema é controlado pelo desacoplamento mecânico promovido pela camada resiliente**.[8] Além disso, fornecem a base conceitual utilizada nos métodos de medição empregados atualmente para validação de sistemas segundo a série ISO 10140.

Com isso, o presente estudo tem o objetivo de avaliar as soluções de sistemas de contrapiso flutuante constituídas por configurações simples e multicamadas de materiais resilientes, investigando a influência da geometria, da espessura e das propriedades físicas no desempenho de isolamento a ruído de impacto. A avaliação é realizada por meio de ensaios laboratoriais conduzidos em conformidade com a ABNT NBR ISO 10140-3:2021, sendo os resultados analisados e classificados segundo os critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 717-2:2022[11], de modo a contribuir para a ampliação da base de dados experimental, o fortalecimento da produção científica nacional na área e apoiar o desenvolvimento de materiais e tecnologia de fabricantes nacionais.

4. Metodologia

Os ensaios foram realizados nas instalações da empresa MMC Lab, laboratório acreditado para ensaios de desempenho acústico segundo a ISO 10140.[12] A infraestrutura laboratorial é composta por uma câmara emissora e uma câmara receptora, separadas por uma abertura de ensaio, aonde a laje de referência está apoiada.

O laboratório atende aos requisitos construtivos e metrológicos estabelecidos pelas normas ISO 10140-1 e ISO 10140-5, que especificam as características geométricas das câmaras, as condições de montagem do elemento ensaiado e os critérios destinados a minimizar transmissões marginais entre os ambientes. Dessa forma, diferenças observadas entre sistemas de Contrapiso flutuante podem ser atribuídas ao desempenho do material resiliente.

4.1 Descrição dos sistemas avaliados

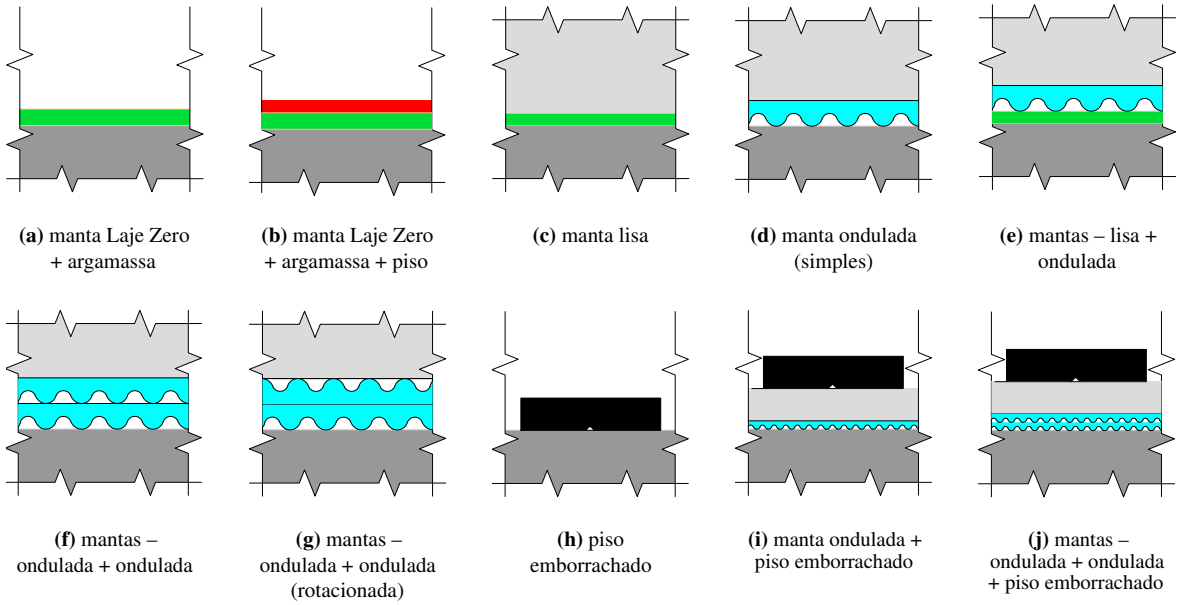
Foram avaliados nove tipos de materiais resilientes da fabricante Aubicon, distribuídos em dez configurações distintas de sistemas de contrapiso flutuante. Cada sistema foi constituído, de baixo para cima, por uma laje de referência em concreto armado maciço, com espessura de 14 cm e densidade de 2500 kg/m^3, uma camada de material resiliente e um piso em concreto armado maciço, com espessura de 5 cm e densidade de 2500 kg/m^3. Adicionalmente, em parte das configurações ensaiadas, foi adicionado sobre o contrapiso uma camada de piso emborrachado com espessura de 50 mm.

A Tabela 2 apresenta os materiais ensaiados, bem como suas respectivas dimensões e propriedades.

Materiais/Mantas	Espessura	Matéria-prima	Densidade	Densidade superficial
Sound Soft Laje Zero	2 mm	estireno e butadieno	750 kg/m^3	1,5 kg/m^2
Sound Soft Laje Zero	3 mm	estireno e butadieno	750 kg/m^3	2,25 kg/m^2
Sound Soft Contrapiso	3 mm	estireno e butadieno	600 kg/m^3	1,8 kg/m^2
Sound Soft Contrapiso	5 mm	estireno e butadieno	600 kg/m^3	3 kg/m^2
Sound Soft Contrapiso	10 mm	estireno e butadieno	600 kg/m^3	6 kg/m^2
Sound Soft Ondulada	6/3 mm	estireno e butadieno	750 kg/m^3	$\approx$ 3,38 kg/m^2
Sound Soft Ondulada	10/5 mm	estireno e butadieno	750 kg/m^3	$\approx$ 5,63 kg/m^2
Sound Soft Ondulada	17/8 mm	estireno e butadieno	750 kg/m^3	$\approx$ 9,38 kg/m^2
Sound Soft Ondulada ULTRA	17/8 mm	poliuretano	270 kg/m^3	$\approx$ 3,38 kg/m^2
Peso Livre *Evolution*	50 mm	Etileno, Propileno e Dieno	900 kg/m^3	45 kg/m^2

Tabela 2: Lista de materiais com suas características e propriedades.

A Figura 3 ilustra as configurações dos sistemas de contrapiso flutuante avaliadas neste estudo.



(a) manta Laje Zero + argamassa | **(b)** manta Laje Zero + argamassa + piso | **(c)** manta lisa | **(d)** manta ondulada (simples) | **(e)** mantas – lisa + ondulada

(f) mantas – ondulada + ondulada | **(g)** mantas – ondulada + ondulada (rotacionada) | **(h)** piso emborrachado | **(i)** manta ondulada + piso emborrachado | **(j)** mantas – ondulada + ondulada + piso emborrachado

Figura 3: Representação, fora de escala, das configurações dos sistemas ensaiados nesse trabalho. O elemento em cinza escuro representa o piso de referência (laje) e em cinza claro o contrapiso. Os demais elementos seguem a ordem, de cima para baixo, das legendas.

4.2 Procedimento de medição

O procedimento de medição descrito pela ISO 10140-3:2021[7] consiste na excitação do sistema avaliado por uma fonte de impacto padronizada, posicionada em quatro posições distintas e assimétricas. Abaixo

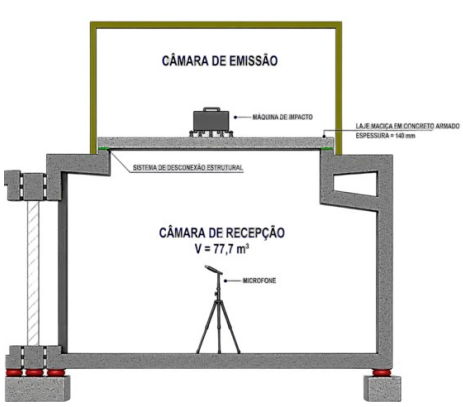
do sistema e desacoplada estruturalmente encontra-se a câmara receptora. Nela são realizadas as medições dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 5000 Hz). Os resultados são normalizados em função da área de absorção sonora equivalente da câmara receptora, que é calculada a partir do procedimento de medição do tempo de reverberação (T).

O nível de pressão sonora de impacto normalizado (L_{n}) é obtido pela Equação 1

$$L_{\mathrm{n}} = L_{\mathrm{i}} + 10\log\left(\frac{A}{A_0}\right), \tag{1}$$

na qual, $L_{\mathbf{i}}$ é o nível de pressão sonora de impacto medido na câmara receptora, em decibels (dB); A é definida pela medição da área de absorção equivalente e calculada por $A = \frac{0{,}16V}{T}$, sendo V o volume da câmara receptora (m^3) e T o tempo de reverberação (s); e $A_0 = 10\ \mathrm{m}^2$.

Na câmara receptora, são definidas quatro posições para os receptores, das quais duas devem ser selecionadas para cada uma das quatro posições da fonte sonora de impacto padronizada. Consequentemente, são realizadas medições em oito combinações de pares fonte–receptor. Esse procedimento, estabelecido pela ISO 10140-3, visa assegurar a difusividade do campo sonoro na câmara receptora e proporcionar uma amostragem espacial representativa dos níveis de pressão sonora de impacto, contribuindo para a reprodutibilidade e a confiabilidade dos resultados experimentais. A Figura 4 apresenta as dimensões e características do sistema de câmaras de ensaio.



(a) Representação do sistema de câmaras de ensaio.



(b) Sistema de câmaras do laboratório. Foto cedida por MMC Lab.

Figura 4: Sistema de câmaras de ensaio para medições laboratoriais do isolamento a ruído de impacto.

4.3 Classificação de valor único

O processamento das medições foi realizado conforme descrito na ABNT NBR ISO 717-2.[11] A melhoria do isolamento a ruído de impacto, mensurada pela redução do nível de pressão sonora ponderada de impacto (ΔL_{w}) é calculada através da Equação 2

$$\Delta L_{\mathrm{w}} = L_{\mathrm{n,r,0}} - L_{\mathrm{n,r,w}} \tag{2}$$

na qual, $L_{\mathbf{n,r,0}}$ é o nível de pressão sonora de impacto normalizado do piso de referência (Tabela 4 da [11]); e $L_{\mathbf{n,r,w}}$ é o nível de pressão sonora de impacto normalizado do piso de referência com a camada de piso sobreposta ensaiada.

A utilização desse indicador permite condensar o comportamento espectral em um parâmetro únicos de desempenho, facilitando a comparação entre diferentes soluções construtivas.

5. Resultados

Essa seção apresenta os resultados dos sistemas constituídos por camadas simples e multicamadas de materiais resilientes. Foram ensaiados diferentes configurações com o objetivo de investigar possíveis ganhos de desempenho do isolamento acústico a ruído de impacto.

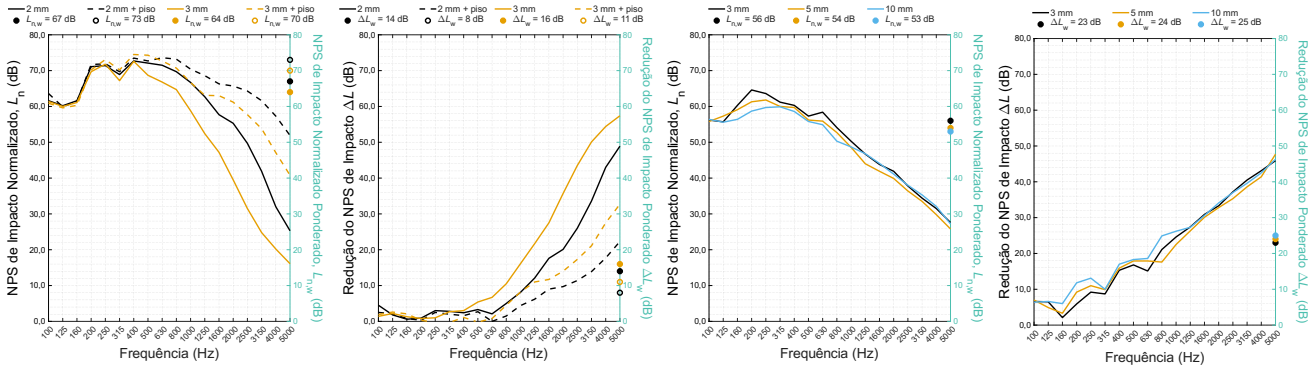
5.1 Sistemas com camada única

São avaliadas separadamente as mantas lisas e as mantas onduladas, evidenciando a influência da espessura, da geometria e das propriedades físicas sobre o desempenho acústico do sistema.

5.1.1 Mantas lisas

Os resultados obtidos para as mantas lisas são apresentados na Figura 5. Foram avaliadas as mantas *Sound Soft* Laje Zero, com espessuras de 2 e 3 mm, e a adição de revestimento cerâmico sob a manta, sem execução de contrapiso flutuante. Em seguida, foram avaliadas as mantas *Sound Soft* Contrapiso, com espessuras de 3, 5 e 10 mm, utilizadas em sistemas de contrapiso flutuante.

Conforme apresentado na Figura 5a, as mantas *Sound Soft* Laje Zero promoveram reduções moderadas dos níveis de ruído de impacto, com melhora do desempenho quando a espessura aumentou de 2 para 3 mm ($L_{n,w}$ de 67 dB para 64 dB e ΔL_w de 14 para 16 dB). Entretanto, a adição do revestimento cerâmico elevou os valores de $L_{n,w}$ para 73 e 70 dB, reduzindo ΔL_w para 8 e 11 dB. Esse comportamento é atribuído ao aumento do acoplamento mecânico proporcionado pelo revestimento cerâmico, que limita a eficiência do material resiliente. Conforme a Figura 5b, essa perda de desempenho ocorre nas médias e altas frequências, enquanto não se observam diferenças significativas nas baixas frequências.



(a) Medição – Laje Zero **(b)** Redução – Laje Zero **(c)** Medição – Contrapiso **(d)** Redução – Contrapiso

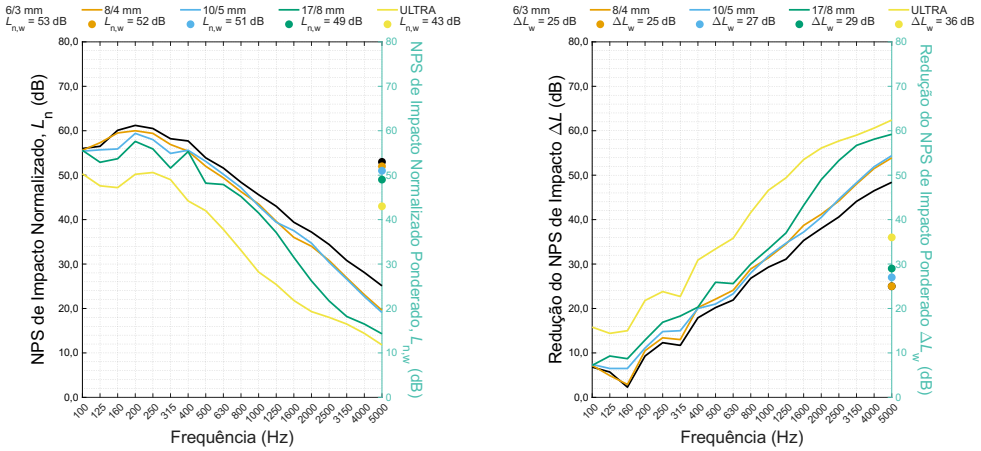
Figura 5: Resultado da medição e redução dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) de impacto dos sistemas compostos por mantas lisas.

As mantas aplicadas sob contrapiso apresentaram desempenho significativamente superior, com redução de $L_{n,w}$ de 56 dB para 53 dB e aumento do índice ΔL_w de 23 dB para 25 dB à medida que a espessura aumentou de 3 para 10 mm (Figura 5c). Conforme a Figura 5d, os maiores ganhos ocorreram nas baixas frequências, devido à redução da rigidez dinâmica e ao deslocamento da frequência de ressonância do sistema, enquanto acima de aproximadamente 800 Hz as diferenças entre as espessuras tornaram-se pouco significativas.

5.1.2 Manta ondulada

Os resultados obtidos para as mantas onduladas são apresentados na Figura 6. Diferentemente das mantas lisas, esses materiais possuem uma geometria tridimensional que reduz a área efetiva de contato entre o contrapiso e a laje, promovendo maior capacidade de atenuação da energia proveniente da fonte

de impacto. Foram avaliadas cinco configurações distintas, correspondentes às mantas onduladas de 6/3 mm, 8/4 mm, 10/5 mm, 17/8 mm e à manta *Sound Soft* Ondulada ULTRA, permitindo investigar simultaneamente os efeitos da espessura, da geometria e das propriedades físicas sobre o desempenho acústico.



(a) L_n e $L_{n,w}$ **(b)** ΔL_n e $\Delta L_{n,w}$

Figura 6: Resultado da medição e redução dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) de impacto dos sistemas compostos por mantas onduladas.

Os resultados mostram que o aumento da espessura das mantas onduladas promove melhora consistente no isolamento ao ruído de impacto, reduzindo o índice $L_{n,w}$ de 53 dB para 49 dB e elevando ΔL_w de 25 dB para 29 dB. A manta ondulada de 17/8 mm apresentou o melhor desempenho entre os materiais de estireno-butadieno.

A manta *Sound Soft* Ondulada ULTRA apresentou o melhor desempenho global, atingindo $L_{n,w}$ de 43 dB e ΔL_w de 36 dB, cerca de 7 dB superior à manta ondulada convencional de espessura semelhante. Os resultados no espectro evidenciam reduções expressivas em praticamente toda a faixa de frequências. Em comparação às mantas lisas, as mantas onduladas apresentaram melhor desempenho para espessuras equivalentes, demonstrando que, além da espessura, a geometria e as propriedades mecânicas do material resiliente exercem influência decisiva sobre o isolamento a ruído de impacto.

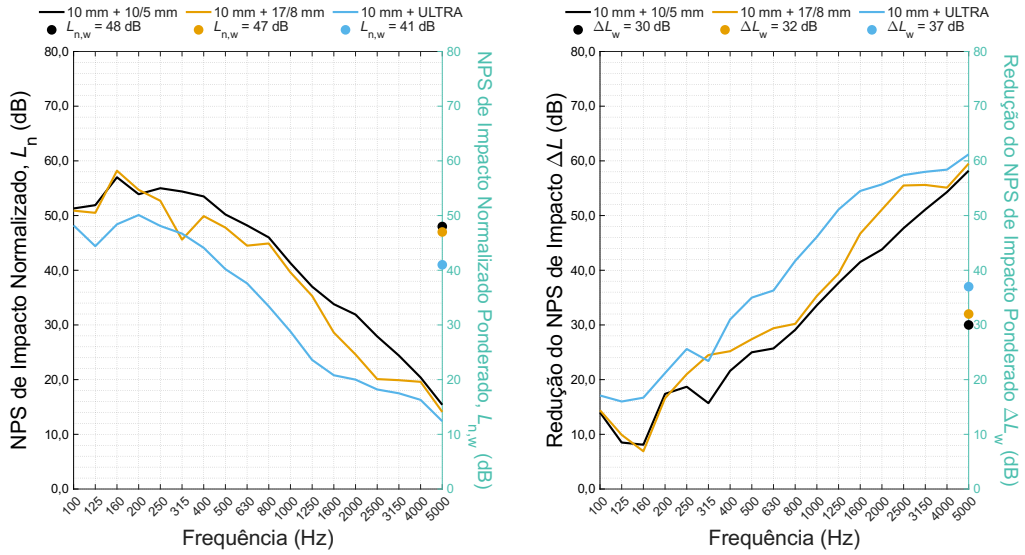
5.2 Sistemas multicamadas

Essa seção apresenta todas as configurações multicamadas avaliadas. As diferenças dos resultados são dependentes das combinações dos materiais, envolvendo espessura, geometria e propriedades físicas.

5.2.1 Composição de mantas lisa e ondulada

A associação entre uma manta lisa de 10 mm e mantas onduladas proporcionou melhorias no isolamento ao ruído de impacto em relação aos sistemas de camada única, com reduções de $L_{n,w}$ para 48 dB, 47 dB e 41 dB e índices ΔL_w de 30 dB, 32 dB e 37 dB para as combinações com as mantas ondulada 10/5 mm, ondulada 17/8 mm e *Sound Soft* Ondulada ULTRA, respectivamente. Em comparação aos sistemas simples, os ganhos adicionais variaram de aproximadamente 1 a 3 dB, sendo mais expressivos nas baixas frequências (100 Hz a 400 Hz).

Os resultados da Figura 7 mostram que o desempenho das configurações multicamadas permanece fortemente influenciado pelas propriedades da manta ondulada, enquanto a manta lisa atua como elemento complementar. Assim, a combinação de materiais com características mecânicas distintas mostrou-se eficaz para o aumento do isolamento a ruído de impacto.



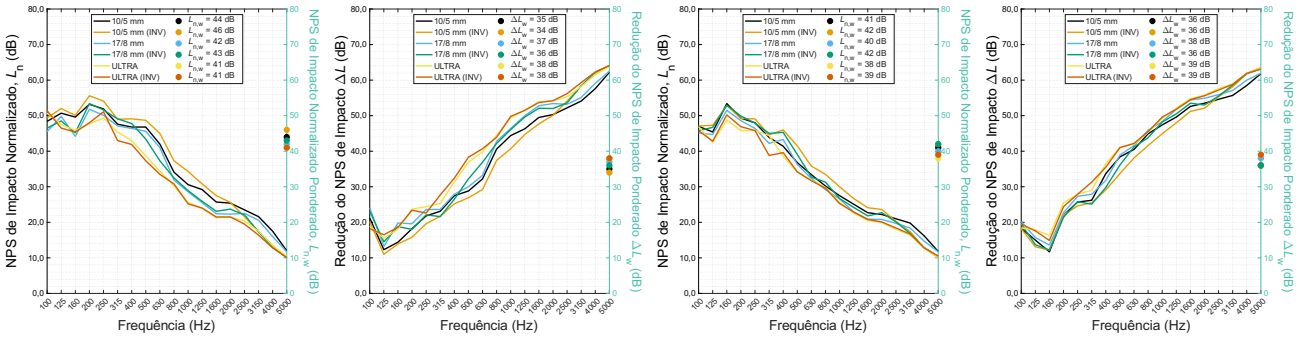
(a) L_n e $L_{n,w}$ **(b)** ΔL_n e $\Delta L_{n,w}$

Figura 7: Resultado da medição e redução dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) de impacto dos sistemas compostos pela combinação de mantas lisa (10 mm) e onduladas.

5.2.2 Composição de mantas onduladas

As configurações compostas exclusivamente por mantas onduladas apresentaram os melhores desempenhos entre todas as soluções avaliadas, com valores de $L_{n,w}$ entre 41 dB e 46 dB e índices ΔL_w entre 34 dB e 38 dB. O aumento da espessura total da camada resiliente promoveu ganhos progressivos, destacando-se a combinação com duas mantas *Sound Soft* Ondulada ULTRA, que atingiu ΔL_w de 38 dB.

De forma geral, as configurações multicamadas apresentam ganhos mais expressivos nas baixas frequências e confirmaram que o uso de mantas onduladas, especialmente aquelas em poliuretano, constitui a estratégia mais eficiente para elevar o isolamento ao ruído de impacto. Os resultados são apresentados na Figura 8.



(a) L_n e $L_{n,w}$
Camada inferior – 17/8 mm

(b) ΔL_n e $\Delta L_{n,w}$
Camada inferior – 17/8 mm

(c) L_n e $L_{n,w}$
Camada inferior – ULTRA

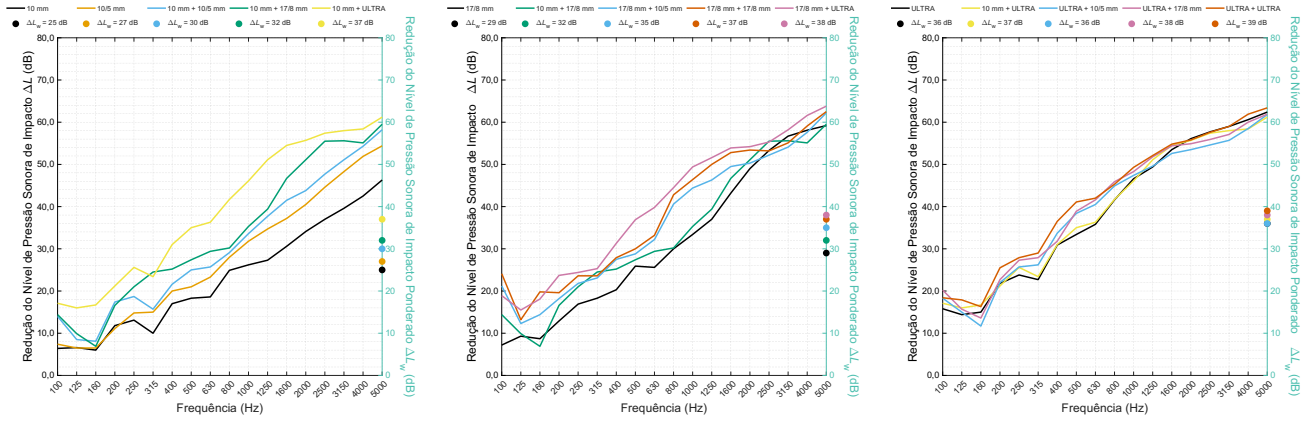
(d) ΔL_n e $\Delta L_{n,w}$
Camada inferior – ULTRA

Figura 8: Resultado da medição e redução dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) de impacto dos sistemas compostos pela combinação de diferentes mantas onduladas.

5.2.3 Influência da combinação de materiais resilientes

Os resultados da Figura 9 demonstram que os sistemas multicamadas apresentam desempenho superior as mantas em camada simples, embora os ganhos não sejam proporcionais ao aumento da espessura da camada resiliente. A combinação de materiais com diferentes propriedades mecânicas proporcionam

melhorias mais expressivas, sobretudo nas baixas frequências (Figura 9c). As configurações com a manta *Sound Soft* Ondulada ULTRA mantiveram os melhores resultados, evidenciando que as propriedades dos materiais resilientes têm maior influência sobre o desempenho do que a avaliação isolada da espessura.



(a) 10 mm vs multicamada onduladas

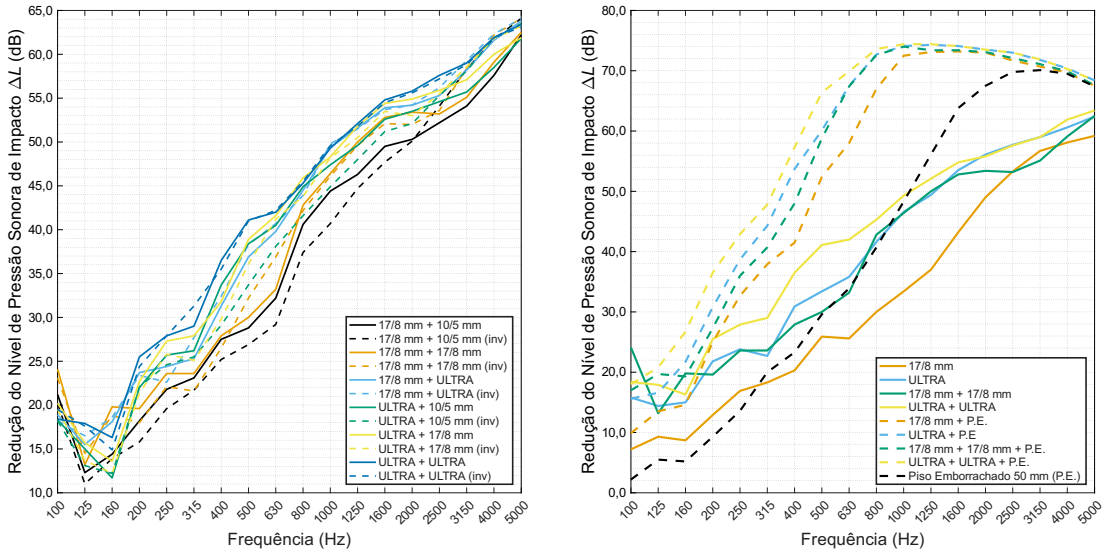
(b) 17/8 mm vs multicamada onduladas

(c) ULTRA vs multicamada onduladas

Figura 9: Comparativo das reduções do nível de pressão sonora de impacto dos sistemas avaliados.

5.2.4 Influência da forma de instalação e do piso emborrachado

Os resultados apresentados na Figura 10a demonstram que a rotação da manta ondulada, deixando as ondulações em contato com o contrapiso, não exerce influência significativa sobre o desempenho global dos sistemas. Entretanto, a adição de um piso emborrachado promove a melhoria expressiva do isolamento ao ruído de impacto por atuar de forma complementar ao contrapiso flutuante (Figura 10b). Embora os ganhos adicionais diminuam em sistemas já altamente eficientes, a combinação entre diferentes mantas resilientes e revestimentos superficiais (piso emborrachado) mostrou-se a estratégia mais eficaz no desempenho acústico.



(a) ΔL_n – Sistemas multicamadas (inversão)

(b) ΔL_n – Sistemas multicamadas com e sem piso emborrachado

Figura 10: Comparativo da redução do nível de pressão sonora de impacto dos sistemas multicamadas (a) com a inversão da camada em contato com o contrapiso (b) com e sem a adição de piso emborrachado (Peso Livre *Evolution* com 50 Mm de espessura) sobre o contrapiso.

6. Conclusão

Os resultados demonstram que o desempenho de sistemas de contrapiso flutuante depende da interação entre espessura, geometria, propriedades físicas e configuração da camada de material resiliente. As mantas onduladas, especialmente a *Sound Soft* Ondulada ULTRA, apresentaram desempenho superior às mantas lisas de espessura equivalente, enquanto os sistemas multicamadas e a associação com piso emborrachado proporcionaram ganhos adicionais, principalmente nas baixas frequências. Esses resultados evidenciam que a eficiência do isolamento a ruído de impacto está diretamente relacionada às propriedades mecânicas dos materiais e à forma como são instalados e combinados no sistema construtivo.

Além disso, verificou-se que o índice ponderado ΔL_{w}, apesar de importante para comparações iniciais, não representa integralmente o comportamento acústico das soluções, sendo necessária a análise das bandas de frequência para uma especificação mais precisa. A disponibilização desses dados pelos fabricantes e a ampliação da caracterização laboratorial dos produtos nacionais são fundamentais para reduzir as incertezas de projeto e aprimorar o atendimento aos critérios da ABNT NBR 15575. O estudo contribui, portanto, na divulgação de soluções de sistemas de contrapiso flutuante mais eficientes e para o avanço da base de dados experimentais desempenho do isolamento acústico a ruído de impacto de materiais, produtos e elementos da construção civil nacional.

7. Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão aos profissionais da Aubicon, pelo compromisso e transparência para com os setores das construção civil e acústica, e à equipe técnica do MMC Lab, pelo apoio fundamental durante a realização dos ensaios.

Referência

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho (Série)*. Rio de Janeiro. Composta pelas Partes 1 a 6.

2. ProAcústica. *Projeto de Lei e articulação federal marcam o Inad 2026 durante a realização da 4ª Conferência Municipal sobre Ruído em São Paulo*. 2026. Disponível em: https://www.proacustica.org.br/publicacoes/reportagens/projeto-de-lei-e-articulacao-federal-marcam-o-inad-2026-durante-a-realizacao-da-4a-conferencia-municipal-sobre-ruido-em-sao-paulo/. Acesso em: 14 de julho de 2026.

3. SCHEFFER, Fernando. *Desempenho acústico impacta a qualidade de vida e valorização de imóveis*. 2024. Disponível em: https://imoveis.estadao.com.br/artigos/desempenho-acustico-impacta-a-qualidade-de-vida-e-valorizacao-de-imoveis/. Acesso em: 15 de julho de 2026.

4. ProAcústica. *Prefeitura de São Paulo publica decreto que regulamenta ruído de obras*. 2021. Disponível em: http://proacustica.org.br/publicacoes/reportagens/prefeitura-de-sao-paulo-publica-decreto-que-regulamenta-ruido-de-obras/. Acesso em: 14 de julho de 2026.

5. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR ISO 12354-3: Acústica de edificações — Estimativa do desempenho acústico nas edificações por meio do desempenho de elementos*. Rio de Janeiro. Composta pelas Partes 1 a 3.

6. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR ISO 16283-2:2021 – Acústica – Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações – Parte 2: Isolamento a ruído de impacto*. Rio de Janeiro, RJ, 2021. 28 p.

7. International Organization for Standardization. *ISO 10140-3: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*: Part 3: Measurement of impact sound insulation. 2. ed. Geneva, 2021. 15 p.

8. HOPKINS, Carl. *Sound Insulation*. 1. ed. Oxford: Taylor Francis, 2007. 648 p. ISBN 978-0750665261.

9. SCHIAVI, Alessandro. Improvement of impact sound insulation: A constitutive model for floating floors. *Applied Acoustics*, v. 129, p. 64–71, 2018. ISSN 0003-682X. doi: https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.07.013.

10. MMC Lab Controle Tecnológico Ltda. Disponível em: https://www.mmclab.com.br/.

11. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR ISO 717-2 – Acústica — Classificação de isolamento acústico em edificações e elementos de edificações*. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ, 2022. 25 p.

12. INMETRO. *Escopo de acreditação – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Ensaio*. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/RBLE/docs/CRL1460.pdf.