

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**A INFLUÊNCIA DA ESCOLHA DO REVESTIMENTO DE PISO PARA DESEMPENHO ACÚSTICO EM LAJE NERVURADA PRÉ-FABRICADA COM FORRO DE GESSO**

**THE INFLUENCE OF THE CHOICE OF FLOOR COATING ON ACOUSTIC PERFORMANCE IN PREFABRICATED RIBBED SLAB WITH PLASTER LINING**

Willian Magalhães De Lourenço, Gabriela Meller, Elaise Gabriel, Eduardo Henrique Lucca Santos e Gihad

Mohamad

**RESUMO**

A qualidade construtiva de habitações é constituída por vários fatores, um deles é o desempenho acústico. Os sistemas de pisos são elementos que separam unidades habitacionais autônomas, e também, ambientes de uso coletivo, e por isso, é preponderante o isolamento sonoro para garantir a privacidade dos usuários. O objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho acústico ao ruído de impacto de diferentes revestimentos (cerâmico, vinílico, laminado de madeira) em um mesmo sistema de piso (laje e contrapiso), e posteriormente, adicionar forro de gesso acartonado.

**Palavras-Chave:** desempenho acústico, sistemas de pisos.

**ABSTRACT**

Ressalta-se, também, que o nível de desempenho sonoro das edificações depende de uma série de fatores, podendo variar de acordo com o tipo de sistema escolhido, propriedades físicas, espessura, método construtivo utilizado, sendo imprescindível a atenção nessa etapa para evitar pontes acústicas e a passagem direta do som (MELLER, et al., 2019). Diante disso, o objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho acústico ao ruído de impacto de diferentes revestimentos (cerâmico, vinílico, laminado de madeira) em um mesmo sistema de piso (laje e contrapiso), e posteriormente, adicionar forro de gesso

**Keywords:** acoustic performance; flooring systems

# A INFLUÊNCIA DA ESCOLHA DO REVESTIMENTO DE PISO PARA DESEMPENHO ACÚSTICO EM LAJE NERVURADA PRÉ-FABRICADA COM FORRO DE GESSO

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico, principalmente, oriundo da revolução industrial, trouxe novas materialidades e métodos construtivos, os quais proporcionaram benefícios e malefícios no que tange a questão do desempenho acústico. A exposição excessiva do ser humano ao ruído pode influenciar questões de saúde, como: aceleração na pulsação, aumento da pressão sanguínea, perdas no sistema auditivo e, em casos mais graves, pode atingir até distúrbios mentais e emocionais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011).

Os sistemas de pisos são elementos de compartimentação horizontal que separam unidades habitacionais autônomas, e também, espaços de usos coletivos em edifícios, cuja transmissão sonora do ruído de impacto se dá em ações cotidianas como a queda de objetos, arrastar de cadeiras e o caminhar de pessoas. Denota-se que os sistemas de pisos compostos por lajes não homogêneas apresentam propagações mais complexas em relação a sistemas heterogêneos, com variáveis mais difíceis de serem estimadas (HOPKINS, 2004).

O comportamento acústico de sistemas de pisos compostos por lajes de sistema vigota/lajota exibem diferenças em relação a lajes maciças, pois apresentam características heterogêneas e ortotrópicas (HOPKINS, 2004). Nesse contexto, as propriedades heterogêneas em elementos de preenchimento em lajes resultam em diferenças significativas em mecanismos de transmissão pelos flancos, ocasionando isolamentos distintos para cada composição (NUNES; ZINI; PAGNUSSAT, 2014).

Além disso, pesquisas indicam que pisos de madeira possuem comportamentos acústicos diferentes entre as categorias leves e as pesadas. Relata-se que os sistemas de piso de madeira leve apresentam um melhor isolamento na faixa de média e alta frequência em comparação aos pesados. Como consequência, a influência de baixa frequência precisa ser mais investigada (CANIATO, *et al.*, 2015; CANIATO, *et al.*, 2017; CANIATO, *et al.*, 2016).

Na indústria da construção civil, as diferenças entre as medições de laboratório e de campo para ruído de impacto, principalmente nas baixas frequências para pisos flutuantes, têm sido uma questão importante para o isolamento acústico. A investigação vibro acústica sobre o efeito de mudanças nos fatores contribuintes para a frequência de ressonância (como as dimensões da placa utilizada no método de laboratório) deve melhorar a compreensão do som de impacto de baixa frequência de pisos flutuantes (CHO, 2013; KIM; KIM; KIM, 2018; LEE *et al.*, 2016).

No Brasil, a utilização de lajes pré-fabricadas com vigotas protendidas é amplamente difundida, devido à redução da quantidade de concreto que se situa abaixo da linha neutra (concreto tracionado), ocasionando uma redução de custos em torno de 21% em relação à laje pré-fabricada convencional (KLEIN, 2017; ZIMERMANN, 2018).

O desconhecimento da caracterização acústica de sistemas de pisos para ruído de impacto, corrobora para projetos e execuções de edificações que não garantam as condições de conforto, as quais a norma pretende promover (LOURENÇO, *et al.*, 2019). Em uma caracterização das tipologias construtivas de Santa Maria/RS, os pisos laminados de madeira e a laje pré-moldada nervurada com vigotas protendidas e lajotas cerâmicas não são a composição mais utilizada, um dos aspectos abordados é a falta da caracterização acústica destes elementos (SANTOS, *et al.*, 2018).

Pesquisas recentes abordam o desempenho acústico da laje pré-moldada nervurada com vigotas protendidas, resultando em  $L'_{nTw}$  de 91 dB (HAAS, 2019; LOURENÇO, 2020; ROSSI, 2020; SANTOS, 2020). O isolamento ao ruído de impacto pode variar de acordo com o

revestimento utilizado (cerâmico, laminado de madeira, vinílico), os materiais resilientes (polipropileno expandido, lã de vidro, borracha reciclada, entre outros) para piso flutuante e forros, essas utilizações foram testadas em pesquisas que atribuíram valores entre 83 e 41 dB de desempenho dentre as composições estudadas (HAAS, 2019; LOURENÇO, 2020; ROSSI, 2020; SANTOS, 2020).

Ressalta-se, também, que o nível de desempenho sonoro das edificações depende de uma série de fatores, podendo variar de acordo com o tipo de sistema escolhido, propriedades físicas, espessura, método construtivo utilizado, sendo imprescindível a atenção nessa etapa para evitar pontes acústicas e a passagem direta do som (MELLER, *et al.*, 2019). Diante disso, o objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho acústico ao ruído de impacto de diferentes revestimentos (cerâmico, vinílico, laminado de madeira) em um mesmo sistema de piso (laje e contrapiso), e posteriormente, adicionar forro de gesso acartonado.

## 2 MÉTODO

A Norma Brasileira, denominada “Edificações habitacionais – desempenho”, NBR 15.575 - 1 a 6 (ABNT, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d, 2021e, 2021f), é dividida em seis partes, estabelecendo requisitos mínimos de qualidade construtiva no país. Por conseguinte, fornece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam as edificações habitacionais, bem como a forma como eles devem ser avaliados para um ou mais sistemas específicos. Esses requisitos são para diferentes questões, como: acústica, térmica, iluminação, segurança estrutural e contra incêndio, estanqueidade etc.

Os critérios de desempenho exigidos para ruído de impacto são categorizados como mínimo (M), intermediário (I) e superior (S) conforme estabelecido na NBR 15.575-3 (ABNT, 2021c). Por fim, para a classificação do desempenho dos sistemas de pisos quanto ao ruído de impacto, utilizaram-se os valores apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Os equipamentos utilizados nas medições estão descritos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 1 - Níveis de desempenho de sistemas de pisos para ruído de impacto

Elemento de separação	$L'_{nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
Sistema de piso de unidades habitacionais autônomas sobre dormitório	66 a 80	Mínimo (M)
	56 a 65	Intermediário (I)
	$\leq 55$	Superior (S)
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas, lavanderias coletivas e corredores) sobre dormitório de unidades habitacionais autônomas	51 a 55	Mínimo (M)
	46 a 50	Intermediário (I)
	$\leq 45$	Superior (S)

Fonte: (ABNT, 2021c).

Tabela 2 – Equipamentos para medição (continua)

Equipamento	Modelo	Série
Máq. impacto padrão	CALPEST	01 dB
Caixa a. dodecaédrica	OMNI 12	01 dB
Amplificador	AMPLI 12	01 dB
Calibrador de nível sonoro	4230, classe 1	01 dB
Medidor de nível sonoro	Black Solo, classe 1	01 dB

Fonte: autores.

Tabela 2 - Equipamentos para medição (continuação)

Equipamento	Modelo	Série
Microfone capacitivo	MCE 212	GRAS
Pré-amplificador de microfone	PRE 21 S	01 dB
Termo-higrobarômetro digital	THB 100	Instruterm

Fonte: autores.

A composição de laje pré-fabricada nervurada com vigotas protendidas de lajotas cerâmicas (13,5 cm) é composta por contrapiso argamassado (4 cm) e três diferentes revestimentos de piso: cerâmico (9 mm), laminado de madeira (7 mm) e vinílico (3 mm), o forro é de gesso acartonado com entreforro de 15 cm. O ordenamento das amostras está apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 3 – Amostras de teste (continua)

Amostra	Série	Fotografias
Laje	A1	
Laje + Contrapiso	A2	
Laje + Contrapiso + Piso Laminado de Madeira	A3	
Laje + Contrapiso + Piso Cerâmico	A4	
Laje + Contrapiso + Piso Vinílico	A5	

Fonte: autores.

Tabela 3 – Amostras de teste (continuação)

Amostra	Série	Fotografias
Laje + Contrapiso + Piso Laminado de Madeira + Forro de Gesso Acartonado	A6	
Laje + Contrapiso + Piso Cerâmico + Forro de Gesso Acartonado	A7	
Laje + Contrapiso + Piso Vinílico + Forro de Gesso Acartonado	A8	

Fonte: autores.

A NBR 15.575-3 (ABNT, 2021c) recomenda para os ensaios a utilização metodológica abordada na ISO 16.283-2 (ABNT, 2020a). Sendo assim, a referida norma determina os procedimentos para ensaios de isolamento de ruído de impacto por meio da obtenção de medidas de níveis de pressão sonora gerados por uma fonte de impacto padronizada, em salas com volume entre 10 m<sup>3</sup> e 250 m<sup>3</sup>, nas bandas de frequências entre 50 e 3150 Hz. Os ensaios foram realizados em laboratório, simulando uma situação de campo (onde há vínculos estruturais, instalações elétricas etc).

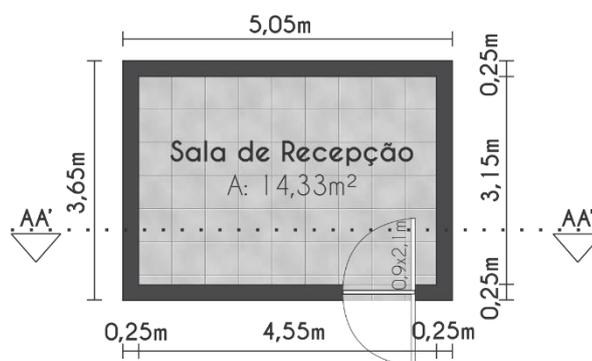
Em relação ao posicionamento da máquina de impacto padrão e do microfone fixo, a Tabela 4 resume as características explicitadas na ISO 16283-2 (ABNT, 2020a). Sendo assim, as Figuras 1 e 2 denotam a planta baixa e corte do local do ensaio.

Tabela 4 – Número de posições para máquina de impacto padrão e microfones.

Área da sala de emissão (m <sup>2</sup> )	Número de posições	Área da sala de recepção
< 20	Máquina de impacto padrão	4
	Microfone fixo	4

Fonte: (ABNT, 2020a) - Adaptado do Anexo D, Tabela D.1, p. 32.

Figura 1 – Planta baixa da sala de recepção



Fonte: autores.

Figura 2 – Corte das câmaras adjacentes de recepção e emissão



Fonte: autores.

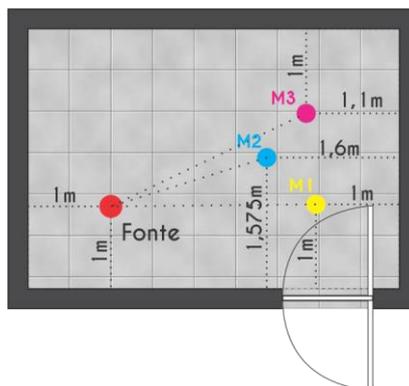
A amostra de teste é alocada em uma placa de contrapiso de  $1 \times 1$  m que é sobreposta pela máquina de impacto padrão. As Figuras 3 e 4 demonstram o posicionamento da fonte para medição do Tempo de Reverberação ( $T_{60}$ ).

Figura 3 – Posição de fonte 1 para medição do tempo de reverberação



Fonte: autores.

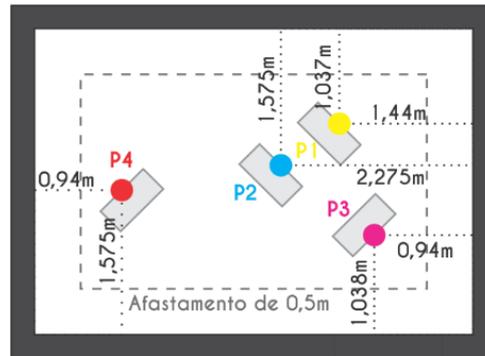
Figura 4 – Posição de fonte 2 para medição do tempo de reverberação



Fonte: autores.

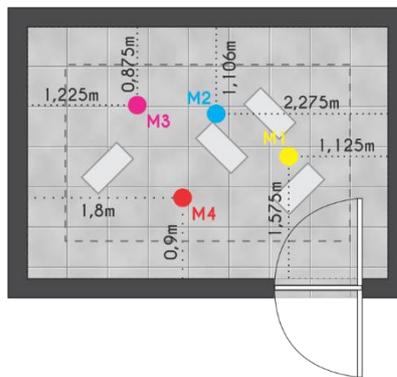
Por conseguinte, as Figuras 5 e 6 elucidam o posicionamento da máquina de impacto padrão e dos microfones.

Figura 5 – Posicionamento da máquina de impacto padrão na sala de emissão



Fonte: autores.

Figura 6 – Posicionamento dos microfones na sala de recepção



Fonte: autores.

A norma estabelece uma Equação matemática (1) para cada posição da máquina de impacto, para determinar o nível de pressão sonora na sala de recepção dada por,

$$L_i = 10 \log \left( \frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{np_0^2} \right) \quad (1).$$

Sendo assim, o nível de pressão sonora médio é determinado pela Equação (2),

$$L_i = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right) \quad (2).$$

O nível de pressão sonora de impacto padronizado ( $L'_{nT}$ ) se dá pela Equação (3),

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (3).$$

O cálculo matemático acima deve ser repetido para todas as posições da máquina de testes de impacto e, como finalização, calcula-se o nível de pressão sonora de impacto padronizado médio –  $L'_{nT}$ , dado pela equação matemática (4),

$$L'_{nT} = 10 \log \left( \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{L'_{nTj}/10} \right) \quad (4).$$

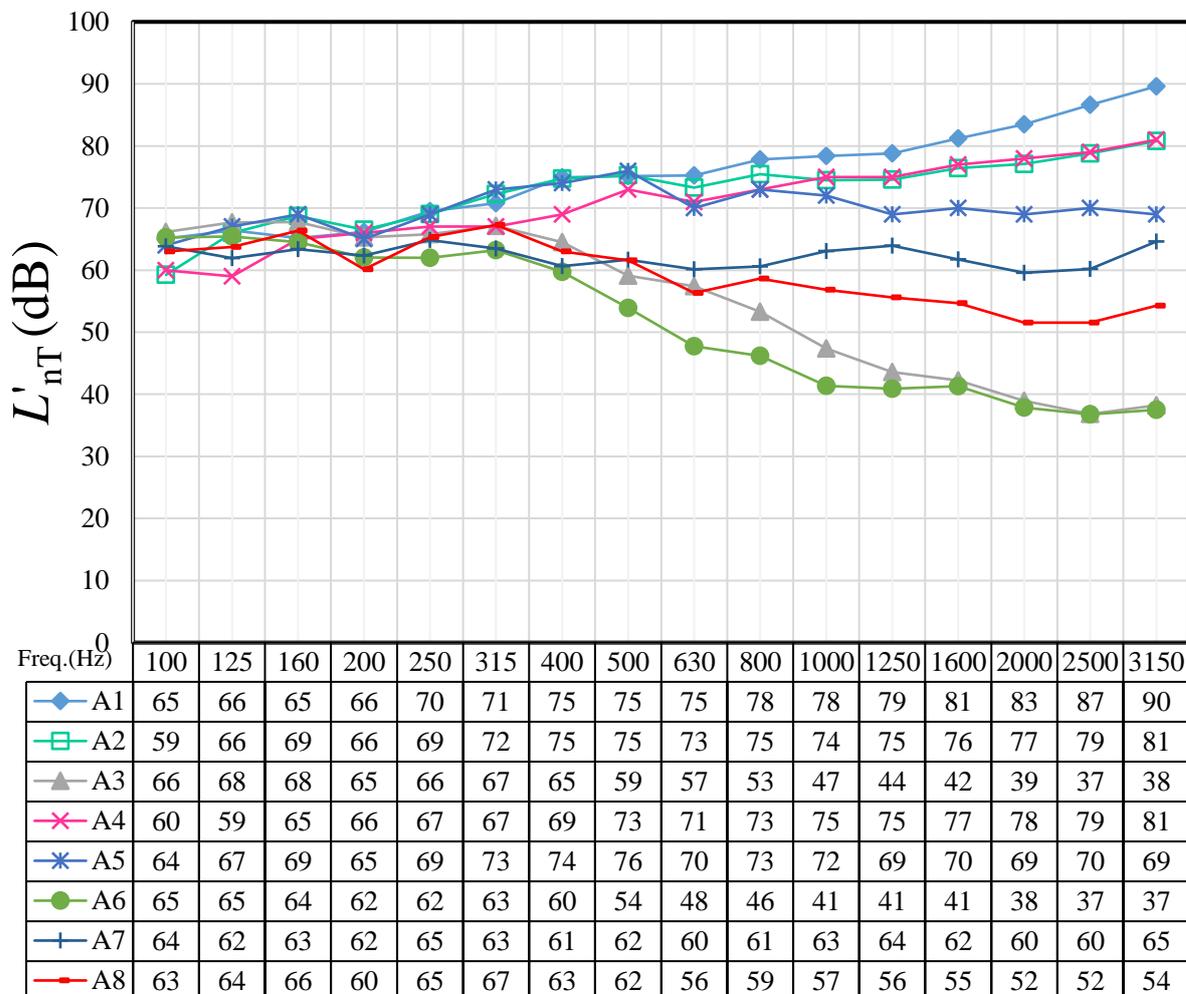
Os valores obtidos como resultantes das medições são tratados conforme a ISO 717-2 (ABNT, 2020b), cujos valores de  $L'_{nT}$  e  $L'_n$ , devem ser unificados com o propósito de definir um valor único (INDEX) de  $L'_{nT,w}$ , com intuito de expressar o desempenho acústico do sistema de piso em dB.

Para resultar neste número único, deve-se deslocar a curva de referência em 1 dB até que a soma dos desvios desfavoráveis seja tão grande quanto possível desde que esteja dentro do limite definido (32 dB). O valor a ser adotado será o que está situado em 500 Hz na curva de referência.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão descritos conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, identificando cada tipologia amostral para sistemas de pisos. Por conseguinte, a Figura 7 apresenta os resultados para  $L'_{nT}$  avaliados nos ensaios de desempenho.

Figura 7 - Valores medidos de  $L'_{nT}$  nas oito amostras testadas



Fonte: autores.

As amostras A1 (Laje), A2 (Laje + Contrapiso) e A4 (Laje + Contrapiso + Piso Cerâmico), nitidamente destacam-se no gráfico com suas curvas ascendentes no espectro de frequência, isto é, apresentam uma perda de eficiência significativa no isolamento sonoro ( $L'_{nT}$ ), principalmente, nas bandas de altas frequências. Este fenômeno pode-se destacar devido a falta de elementos com densidade superficial adequada para atenuar tais frequências, como revestimentos de pisos mais macios (laminado de madeira, vinílico), ou como camadas de isolamento acústico como mantas de lã de vidro, rocha ou borracha.

Já para as amostras A3 (Laje + Contrapiso + Piso Laminado de Madeira) e A5 (Laje + Contrapiso + Piso Vinílico), as curvas apresentam um amortecimento nas bandas das altas frequências, o que corroboram em índices de isolamentos melhores do que as demais amostras supracitadas. Portanto, é notável a importância do amortecimento e resiliência dos materiais para garantir uma qualidade no isolamento.

Com a adição do forro de gesso acartonado nas amostras, compara-se a amostra A3 com A6 (ambas utilizam de piso laminado de madeira), é notável o acréscimo de isolamento, principalmente nas bandas de médias frequências, o qual a diferença é de 9 dB em 630 Hz, e 6 dB em 1000 Hz.

Nas amostras A4 e A7 (as quais utilizam piso cerâmico), percebe-se que as bandas de altas frequências demonstram até 9 dB de diferença em 2500 Hz e 12 dB em 3150 Hz para  $L'_{nT}$ . A adição do forro de gesso neste sistema de piso, supre a necessidade de amortecimento das altas frequências denotadas na amostra 4.

Em amostras que se utiliza de piso vinílico no sistema de piso (A5 e A8), o espectro de frequência apresenta um aumento no desempenho para as bandas de médias e altas frequências, com destaque para a frequência de 3150 Hz a qual a diferença é de 15 dB no isolamento ( $L'_{nT}$ ).

É possível destacar que, em situações de revestimentos de pisos mais duros (como cerâmico), a adição do forro de gesso permite considerar melhores isolamentos para as altas frequências (que são menos eficientes). Já em pisos que possuem densidade superficial mais isolantes (como pisos laminados de madeira), a atuação do forro de gesso agrega em isolamento nas bandas de médias frequências. Os valores únicos de desempenho acústico para isolamento ao ruído de impacto ( $L'_{nT,w}$ ), para cada amostra, estão demonstrados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 5 – Classificação das amostras na NBR 15.575.

Amostra	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
$L'_{nT,w}$ (dB)	91	84	60	83	76	56	68	62
Classificação na NBR 15575	Não atende	Não atende	Intermediário	Não Atende	Mínimo	Intermediário	Mínimo	Intermediário

Fonte: autores.

A adição do forro de gesso nas amostras de teste incrementou o desempenho de isolamento para ruído de impacto ( $L'_{nT,w}$ ) na ordem de 4 dB para as amostras de piso laminado (A3 e A5), ambas se mantiveram na classificação intermediária da norma. Nas amostras de piso cerâmico (A4 e A7), houve um acréscimo de 15 dB, o qual caracteriza-se uma mudança de um sistema que não atendia a norma de desempenho, para classificação mínimo.

As amostras A5 e A8 (que utilizam piso vinílico), o acréscimo fora de 14 dB de isolamento ao ruído de impacto ( $L'_{nT,w}$ ), mudando de desempenho mínimo para intermediário. Deste modo, permite-se considerar que a adição de isolamento em sistemas de pisos menos eficientes (como cerâmicos e vinílicos) a adição do forro de gesso é uma boa alternativa de fácil aplicação e menor custo (se comparados à sistemas de pisos flutuantes).

Contudo, em situações as quais o isolamento já é pronunciado, como os que utilizam piso laminado de madeira, a intervenção torna-se menos eficiente, mas ainda, promove melhorias.

## 4 CONCLUSÃO

A necessidade humana de privacidade sonora, qualidade ambiental e saúde, estão diretamente ligadas com a capacidade de isolamento dos materiais de construção civil. Por trata-se de avaliações de isolamento sonoro ao ruído de impacto em sistemas de pisos, esta pesquisa propõe discutir a utilização do forro de gesso como alternativa de menor custo para melhorar o isolamento entre habitações.

Nos sistemas de pisos testados foi possível perceber que o forro de gesso pode corroborar para melhorias no isolamento ao ruído de impacto, especialmente em amostras que utilizam pisos cerâmicos e vinílicos. Nas amostras de pisos laminados de madeira o acréscimo de isolamento torna-se menos expressivo, mas ainda, apresenta melhorias.

A eficiência do forro de gesso atua em diferentes frequências para cada amostra de teste, em amostras que possuem menor densidade superficial, o acréscimo apresenta-se, principalmente, nas altas frequências. Já em amostras com pisos mais macios e maleáveis, as médias frequências destacam o aumento do isolamento.

A qualidade acústica de habitações brasileiras é um fator preponderante para a saúde e satisfação dos usuários. Investigar e investir em escolhas assertivas em projetos e execuções de obras civis, são necessárias pelos arquitetos e engenheiros no detalhamento de projetos, e consequentemente, impactando positivamente na qualidade das habitações.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **ISO 16283-2** Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation, 2020a.
- ABNT. **ISO 717-2** Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation, 2020b.
- ABNT. **NBR 15575-1** Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais, 2021a.
- ABNT. **NBR 15575-2** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, 2021b.
- ABNT. **NBR 15575-3** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos, 2021c.
- ABNT. **NBR 15575-4** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE, 2021d.
- ABNT. **NBR 15575-5** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas, 2021e.
- ABNT. **NBR 15575-6** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários, 2021f.
- CANIATO, M.; BETTARELLO, F.; SBAIZERO, O.; SCHMID, C. **Recycled materials for noise reduction in floating floors**. 22nd International Congress on Sound and Vibration. Florence, Italy, 2015.
- CANIATO, M.; BETTARELLO, F.; FAUSTI, P.; FERLUGA, A.; MARSICH, L.; SCHMID, C. Impact sound of timber floors in sustainable buildings. *Building and Environment*, [s. l.], v. 120, p. 110–122, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.015>
- CHO, T. Vibro-acoustic characteristics of floating floor system: The influence of frequency-matched resonance on low frequency impact sound. *Journal of Sound and Vibration*, v. 332, n. 1, p. 33–42, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2012.07.047>
- HAAS, A. Isolamento a ruído de impacto de laje pré-fabricada nervurada composta de vigotas protendidas e lajotas cerâmicas com revestimento cerâmico. Santa Maria, 2019.
- HOPKINS, C. Airborne Sound Insulation of Beam and Block Floors : Direct and Flanking Transmission. *Building Acoustics*, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–25, 2004. Available at: <https://doi.org/10.1260/1351010041217211>
- KIM, T. M.; KIM, J. T.; KIM, J. S. Effect of structural vibration and room acoustic modes on low frequency impact noise in apartment house with floating floor. *Applied Acoustics*, v. 142, p. 59–69, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.07.034>
- KLEIN, É. L. Relação custo/benefício entre lajes com vigotas protendidas e lajes convencionais. Santa Rosa, 2017.

LEE, J. Y. et al. Evaluation of the long-term sound reduction performance of resilient materials in floating floor systems. *Journal of Sound and Vibration*, v. 366, p. 199–210, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2015.11.046>

LOURENÇO, W. M. Desempenho ao ruído de impacto de laje pré-moldada nervurada de vigotas protendidas e lajotas cerâmicas com revestimentos de pisos laminados, 2020.

LOURENÇO, W. M.; MELLER, G.; ROSSI, C. T.; TOCHETTO, J. L. D.; PITUCO, B.; SANTOS, J. C. P. Comparativo acústico e do consumo de materiais sob o viés sustentável de diferentes tipologias de lajes na construção civil. In: , 2019. Anais [...], 2019. p. 1–13.

M. CANIATO, F. BETTARELLO, L. MARSICH, A. FER-LUGA, O. SBAIZERO, C. S. Time-dependent performance of resilient la-yers under floating floors. *Construction and Building Materials*, v. 102, p. 226–232, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.176>

MELLER, G; PAIXÃO, D. X. DA; LIMA, R. C. A; LUBECK, A; GRIGOLETTI, G. DE C. Análise comparativa de custo-benefício de sistemas de piso com diferentes desempenhos acústicos. In: , 2018. XXVIII Encontro da SOBRAC, 2018. Available at: <https://doi.org/10.17648/sobrac-87103>

MELLER, G.; LOURENÇO, W. M.; ROSSI, C. T.; GABRIEL, E. Transmissão e isolamento do som quanto ao ruído de impacto. In: DIÁLOGOS MULTIDISCIPLINARES: COLEÇÃO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO: Pedro e João, 2019. p. 145–158.

NUNES, M.F.O.; ZINI, A.; PAGNUSSAT, D. T. Desempenho Acústico de Sistemas de Piso: Estudos de Caso Para Isolamento ao Ruído Aéreo e de Impacto. *Acústica e Vibrações*, v. 46, p. 13–19, 2014.

ROSSI, C. T. Desempenho ao ruído de impacto de laje pré-fabricada nervurada de vigotas protendidas e tabelas cerâmicas com revestimento de pisos vinílicos. Santa Maria, 2020.

SANTOS, E. H. L.; LOURENÇO, W. M.; ROSSI, C. T.; SANTOS, J. C. P. Análise das tipologias construtivas em diferentes padrões de edificações residenciais: levantamento em santa maria/RS. In: , 2018. Anais do 10o SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE Universidade Federal do Pampa | Santana do Livramento, 6 a 8 de novembro de 2018, 2018. p. 8–11.

SANTOS, Eduardo Henrique Lucca. Desempenho ao ruído de impacto de laje pré-fabricada nervurada de vigotas protendidas e tabelas cerâmicas com forro de gesso acartonado. Santa Maria, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Burden of disease from environmental noise, 2011.

ZIMERMANN, A. B. Estudo de caso: uma análise técnico-financeira do uso de vigotas protendidas de concreto em substituição às vigotas pré-moldadas convencionais. Palhoça, 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Grupo de pesquisa ACTA - Acústica, Conforto e Tecnologia em Arquitetura pelo desenvolvimento do trabalho. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.