

MEDIÇÕES DE ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Gianni Cornacchia (1); Lucas Rossi (2); Elvira Viveiros (3)

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, giannicornacchia@gmail.com

(2) Bolsista de Iniciação Científica de Engenharia Mecânica, lucasrossiemc@gmail.com

(3) Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, elvira@arq.ufsc.br

GAAMA – Grupo de Acústica Arquitetônica e do Meio Ambiente, Universidade Federal de Santa Catarina
Cx.P. 476, Florianópolis / SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721-9550

RESUMO

No Brasil, é fato notório para qualquer um que more em apartamento que os ruídos estão presentes em casa, seja vindo do vizinho de lado, de cima ou da rua. É contraditório que o envelope da moradia, que surgiu para dar abrigo e proteção ao homem, seja tão ineficiente quando se trata da proteção contra sons externos, justamente quando se vive em grandes aglomerações urbanas com altos níveis de ruídos. Como a qualidade acústica das edificações mereceu pouca ou nenhuma atenção por parte dos projetistas no país, o resultado desse descaso histórico é uma falta de isolamento sem precedentes. Neste trabalho tem-se como objetivo principal o diagnóstico do nível de isolamento ao ruído de impacto de lajes de unidades residenciais, como contribuição para identificação e futura proposta de melhora no desempenho dessas componentes da edificação. Para tal, medições *in-situ*, ou seja, realizadas em edifícios existentes, seguindo determinações das normas ISO 140-7(1998) e ISO 717-2(1996), são realizadas. Para proposição do universo a ser investigado, foi feito um levantamento de campo para determinar os tipos mais comuns de lajes encontrados e, a partir daí, foram feitas medições em um conjunto de apartamentos para cada tipo de laje em edifícios de Florianópolis. Ao final, buscou-se fazer a caracterização do comportamento acústico das lajes de edificações residenciais, indicando que a hipótese relativa ao nível de desempenho acústico das lajes medidas não atende aos níveis mínimos de isolamento exigidos por normas internacionais, se mostrou correta.

Palavras-chave: isolamento acústico, ruído de impacto, medições *in-situ*

ABSTRACT

In Brazil it is notorious for anyone who lives in an apartment that noise is present at home, whether coming from the next door or the above neighbor or from the street. It is contradictory that the home envelope, whose main purpose is to provide shelter and protection, is so inefficient when it comes to prevent noise break-in, especially when living in metropolis with the high noise levels. As the acoustic quality never had been given enough attention from designers in Brazil, the result of this historical negligence is an unprecedented lack of insulation. In the present work, the main goal is the diagnosis of the impact sound insulation in residential units provided by the dividing slabs. Field measurements are required for this investigation, which means that they are performed in real buildings, to assess the impact sound insulation. The measurements follow the guidelines from the international standards ISO 140-7 (1998) and ISO 717-2 (1996). In order to gather the sample universe a field research was carried out to determine the most common slab types found and measurements were performed for each type in residential buildings of Florianópolis. A characterization of the slabs' acoustic performance was made, indicating that the hypothesis that the measured slabs' acoustic performance level does not comply even with the minimal insulation levels required by international standards was true.

Keywords: acoustic insulation, impact noise, field measurements

1. INTRODUÇÃO

A história da arquitetura apresenta um panorama de variadas inovações tecnológicas nas construções de diversos povos no mundo. No entanto, Duarte (2005) destaca que, em certo ponto da história, o avanço da tecnologia começou a significar uma constante regressão na eficiência do isolamento acústico das edificações.

Gerretsen (2003) afirma que os componentes de vedação das edificações vêm tendo suas características alteradas, com conseqüente maior permeabilidade ao ruído, fragilizando o isolamento sonoro das habitações. Segundo o autor, o desenvolvimento dos métodos construtivos requer a melhora no desempenho acústico das edificações. Há necessidade da criação de novas ferramentas de avaliação do nível de isolamento das residências, além da revisão dos níveis de conforto das normalizações existentes, que apresentam, segundo Greco (1998), uma tendência de não exigirem só níveis mínimos, mas parâmetros de qualidade do conforto acústico das habitações.

Em razão do crescimento das grandes cidades e com o aumento da densidade demográfica houve o surgimento de uma nova concepção arquitetônica para aperfeiçoar o aproveitamento desse espaço, na qual há praticamente uma obrigatoriedade à verticalização das estruturas edificadas. Paralelamente a essa evolução, desenvolveu-se a condição de importância vital nos dias atuais: a redução dos custos de produção, cuja conseqüência é caracterizada pela economia de material que, muitas vezes, reflete-se na redução das espessuras das partições entre os ambientes, dentre elas as lajes entre pisos. O conseqüente resultado dessa condição é a diminuição drástica do isolamento sonoro entre ambientes, com o surgimento inevitável do desconforto acústico causado tanto pelo ruído aéreo quanto pelo ruído de impacto.

A demanda dos cidadãos por qualidade de vida e, em especial, nos ambientes edificados, vem crescendo rapidamente, face à evolução cultural das populações e ao incremento das múltiplas fontes de incômodo e tensão da vida cotidiana. O presente trabalho insere-se dentro do projeto “Qualidade Acústica do Ambiente Construído no Brasil” desenvolvido pelo GAAMA, Grupo de Acústica Arquitetônica e do Meio Ambiente, que tem como objetivo investigar as relações entre as diversas instâncias do ambiente construído e sua qualidade acústica, desde a componente do edifício até a escala do ambiente urbano, visando caracterizar o conforto acústico das edificações brasileiras. Nesta parte da investigação, o foco é a identificação do nível de isolamento sonoro estrutural oferecido pelas lajes de piso de apartamentos que utilizam sistemas construtivos usualmente empregados em edificações residenciais.

1.1 Relevância

O ruído estrutural é normalmente gerado pelo contato de um objeto com uma superfície, ambos rígidos, como um sapato, um móvel ou pela queda de algum objeto. Nesses casos, a grandeza da potência instantânea de vibração envolvida é muitas vezes maior que aquelas produzidas por fontes comuns de ruído aéreo (KNUDSEN, 1988). Por essa razão, e também porque a vibração transmite-se através de estruturas contínuas com pouco amortecimento, a propagação atinge grandes distâncias em uma edificação. Ao percorrer um elemento que tenha flexibilidade à vibração, como um piso ou parede, a vibração pode forçar a partição a oscilar e o ruído é gerado.

A redução da transmissão sonora aérea de componentes da edificação requer mecanismos distintos da atenuação da transmissão estrutural. Os procedimentos envolvidos no aumento do isolamento acústico de paredes de vedação ou de fachadas diferem por completo quando o objetivo é aumentar o isolamento ao ruído de impacto transmitido, por exemplo, por lajes entre pisos.

O estudo do isolamento sonoro estrutural é de grande importância, principalmente em território nacional, uma vez que este campo específico do conhecimento não se beneficia das informações e avanços tecnológicos advindos de outros países. A melhora no grau de isolamento ao ruído de impacto das edificações no país só poderá ser atingida através do conhecimento gerado no próprio país, pois os sistemas construtivos de edificações residenciais em outros países são muito distintos dos nacionais. Alguns dos artigos apresentados no *International Conference on Noise Control Engineering* de 2005, realizado no Brasil, por exemplo, tratavam da avaliação de desempenho de isolamento estrutural de partições piso/teto típicas nos diferentes países, a saber: (i) laje estrutural + camada de isolamento térmico + camada de acumulação de calor e acabamento, Korea (SEO e JEON, 2005); (ii) piso + placa OSB + vigas de madeira + placas OSB, França (KOUYOUMJI, 2005); (iii) TCCF = *timber concrete composite floor* = piso + contrapiso + isolamento de vibração + laje de concreto + estrutura em madeira + forro, Suíça (SCHMID, 2005) e (iv) piso + acabamento em placa OSB + vigas de madeira + placa de gesso, Estados Unidos (GATLAND II, 2005). Com esses exemplos, pode-se observar como os sistemas construtivos empregados

nos diversos países diferem das lajes maciças em concreto ou das lajes treliçadas, largamente utilizadas no Brasil.

O problema do ruído de impacto está presente em praticamente todos os países. Segundo Dongen (2001) na Holanda o ruído de vizinhança incomoda aproximadamente 1/3 das residências. Patrício (2001) afirma que, em Portugal, vários problemas de ruído de impacto surgiram com a rápida construção de lajes entre os apartamentos para atender à demanda do mercado. Devido à redução das cargas atuantes e à utilização de novas tecnologias, muitas dessas lajes tiveram problemas em atender às normas vigentes no país. Grimwood (1997) revelou em estudo realizado na Inglaterra e País de Gales quais eram os tipos de ruídos estruturais que mais causam desconforto aos vizinhos: 95% dos entrevistados relataram ouvir os passos do caminhar dos vizinhos do andar superior, 68% disseram escutar as batidas de portas e armários, 50% percebiam o acionamento dos comandos hidráulicos dos banheiros, 41% ouviam o uso de máquinas de lavar roupa e 23% dos entrevistados revelaram perceber os barulhos feitos nos trabalhos domésticos nas cozinhas.

O Brasil não foge à regra, mas as pesquisas no tema são escassas e muito recentes. Pedroso (2007) e Conrad (2002) desenvolveram estudos com o foco nas possíveis soluções para o problema do ruído de impacto. O primeiro compara diversos revestimentos para pisos no que diz respeito ao isolamento ao ruído de impacto, enquanto a segunda pesquisa avalia as diversas composições de pisos flutuantes. Pelos exemplos citados, é interessante perceber que as pesquisas que despertam interesse no assunto se voltam para avaliações e comparações a respeito de possíveis técnicas e emprego de materiais para solucionar o problema causado pelo ruído estrutural. Entretanto não há no país estudos que tenham como foco de investigação o diagnóstico da condição do isolamento dos principais sistemas construtivos empregados em lajes no setor residencial na construção civil brasileira.

2. OBJETIVO

Diagnosticar o nível de isolamento ao ruído de impacto de lajes típicas presentes em unidades residenciais multifamiliares. Como objetivo específico, busca-se correlacionar os níveis de isolamento de impacto encontrado frente às diretrizes da norma brasileira e das demais normas internacionais, a fim de responder a hipótese de que as lajes residenciais ensaiadas não atendem nem aos níveis mínimos de isolamento exigidos por normas internacionais.

3. MÉTODO

A metodologia empregada na pesquisa consistiu em cinco etapas principais, apresentadas a seguir:

A primeira fase do estudo baseou-se na conceituação do fenômeno da transmissão estrutural e definição dos principais equações matemáticas e respectivos parâmetros, normas e procedimentos de ensaio que regem a propagação sonora em estruturas.

Após esta etapa foi feita a identificação e caracterização das lajes típicas existentes para edifícios de apartamentos, tomando-se como estudo de caso a cidade de Florianópolis. Essa identificação foi realizada através de um levantamento direto junto aos engenheiros e principais construtoras da cidade. Como resultados, apontaram-se três tipos de lajes como mais usadas: maciça, nervurada e pré-moldada.

O próximo passo consistiu na realização das medições *in-situ* propriamente ditas, baseadas nas diretrizes da norma ISO 140-7 (1998). Definiu-se como ambiente de ensaio os dormitórios, em razão da área útil desse ambiente seguir um padrão determinado, com área que varia de 9 m² a 16 m² e pé-direto entre 2,40 m e 2,60 m.

Após a realização da etapa de medições compararam-se os resultados de isolamento de impacto obtidos para as lajes residenciais com aqueles prescritos por normas internacionais e nacional.

3.1 Ensaios experimentais

Os ensaios para a determinação do nível sonoro de impacto utilizaram dois ambientes distintos. O ambiente no qual está a fonte sonora é denominada sala fonte e a sala onde o som é percebido é denominada sala de recepção. A Figura 1 mostra, de forma simplificada, o esquema de medição de nível de isolamento sonoro de impacto seguido, de acordo com as determinações da ISO 140-7(1998).



Figura 1 – Esquema de ensaio de isolamento de ruído de impacto. (Fonte: Brüel & Kjær, 1988)

O ensaio consistiu basicamente em excitar-se a laje na sala fonte com um aparato normalizado denominado máquina de percussão, do inglês *tapping machine*. Ela é composta por cinco pequenos martelos de 0,5 kg cada um, que são liberados em queda livre de uma altura de 4 cm, a uma taxa de dez impactos por segundo. O efeito no piso dessa excitação mecânica é bem maior do que o efeito das pisadas no piso, mas esse recurso é extremamente necessário para se obter um nível de pressão sonora de impacto adequado na sala de recepção (BRÜEL & KJÆR, 1988). Gerretsen (1976) reconhece que existe uma grande diferença na composição espectral do ruído produzido pela máquina de impacto e o ruído real de pisadas em uma laje, mas o autor conclui que a proposta de se usar o equipamento normalizado em conjunto com os valores de referência da ISO 717-2 (1996) é capaz de minimizar os possíveis erros surgidos.

3.2 Descritores de nível de isolamento ao ruído de impacto

A seguir serão detalhadas as principais definições e formulações matemáticas utilizadas para a análise de ruído de impacto a partir das diretrizes propostas pela ISO 140-7 (1998).

3.2.1 Nível Sonoro de Impacto Normalizado em Laboratório (L_n)

A capacidade da estrutura em transmitir a energia sonora ao ser excitada mecanicamente recebe o nome de nível sonoro de impacto normalizado, L_n (ou L'_n se a parcela de *flanking transmissions* ou parcela indireta for considerada), dado por:

$$L_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_o} \text{ dB} \quad \text{Equação 1}$$

onde L_i ou L_2 é o nível de pressão sonora de impacto, expresso em dB. Esse nível é definido como a média dos níveis sonoros de impacto em terças de oitava medidas na sala receptora quando o piso de cima é excitado por um aparato normalizado de impacto; A é a área das superfícies de absorção da sala receptora e A_o é a área de absorção de referência, igual a 10 m². Na situação em laboratório a parcela de ruído indireta não é considerada.

3.2.2 Nível Sonoro de Impacto Normalizado *in-situ* (L'_n)

Para a situação *in-situ* o nível sonoro de impacto normalizado é dado por:

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_o} \text{ dB} \quad \text{Equação 2}$$

onde A é a área das superfícies de absorção da sala receptora e A_o é igual a 10m².

3.2.3 Nível Sonoro de Impacto Padronizado *in-situ* (L'_{nT})

O nível sonoro de impacto padronizado *in-situ*, L'_{nT} , é dado por:

$$L'_{nT} = Li - 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

Equação 3

onde T é o tempo de reverberação na sala de recepção, em segundos e T_0 é o tempo de reverberação de referência igual a 0,5 s.

3.2.4 Nível Sonoro a de Impacto Padronizado Ponderado (L'_{nTw})

O nível sonoro de impacto padronizado ponderado (L'_{nTw}) é um número único do isolamento de ruído de impacto em edificações, derivado dos valores em bandas de terças ou oitavas do nível sonoro padronizado de impacto (L'_{nT}), de acordo com o procedimento especificado na norma ISO 717-2 (1996).

Vermeier (2003) em seus estudos usando simulações no método SEA (do inglês *Statistical Energy Analysis*), concluiu que o descritor $L'_{nT,w}$ é o que melhor quantifica o isolamento de ruído de impacto *in-situ*. Além desse motivo, é importante destacar que a legislação brasileira, através da NBR 15575:2008 também considera o nível de impacto padronizado ponderado, sendo portando o parâmetro utilizado em todas as análises do presente estudo.

Vale aqui fazer uma diferenciação entre o significado de um isolamento para ruído aéreo para um ruído de impacto. Para o isolamento aéreo o que é de fato medido é a diferença de nível entre duas partições, portanto, quanto maior essa diferença, melhor o isolamento. No caso de ruído estrutural o que é mensurado são os níveis absolutos de isolamento, significando que quanto menor o nível de ruído de impacto, melhor é o isolamento. Portanto, para este estudo, os menores valores são traduzidos em uma melhora em termos de isolamento estrutural.

3.3 Normas para Isolamento ao Ruído de Impacto

No que diz as normas internacionais sobre o isolamento sonoro, há três conjuntos de normas que tratam sobre o assunto de isolamento de ruído de impacto (ISO 140-6(1998), ISO 140-7(1998), ISO 140-8(1998), ISO 717-2(1996), EN12354-2(2000)).

No Brasil, a ABNT publicou em 12/05/2008, com validade a partir de 12/05/2010, a NBR 15575:2008 como um conjunto de normas que tem como objetivo estabelecer os requisitos e os critérios de desempenho a serem aplicados a edifícios habitacionais de até cinco pavimentos e que podem ser avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos. Com o título “Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho” esse conjunto de normas apresenta-se dividido em seis requisitos: gerais, sistemas estruturais, pisos internos, sistemas de vedação verticais externas e internas, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários.

Vale destacar o interesse no presente estudo da Parte 3 – Requisitos para sistemas de pisos internos, que faz considerações a respeito de ruído de impacto. Essa normativa estabelece que o piso da habitação deve proporcionar isolamento acústico adequado entre as unidades habitacionais, bem como entre as dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso, ao lazer e à atividade intelectual. Para a avaliação do isolamento estrutural, a norma brasileira baseia-se em procedimentos metodológicos de medição de acordo com as normas ISO, segundo preferencialmente o método da ISO 140-7 (1998), pois é quem estabelece os procedimentos de medição de isolamento sonoro *in-situ* em lajes. Quanto aos níveis de desempenho, a NBR 15575-1:2008 define três categorias de desempenho, mínimo, intermediário e superior, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1– Critério de Nível Sonoro de Impacto Padronizado Ponderado (L'_{nTw}), para medições *in-situ* de acordo com a norma brasileira NBR 15575-3:2008

ELEMENTO	L'_{nTw} (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico	66 a 80	M (Mínimo)
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, com tratamento acústico	56 a 65	I (Intermediário)
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, com tratamento acústico especial	≤ 55	S (Superior)

Fonte adaptado: NBR 15575-3:2008

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Neste item serão apresentados os resultados preliminares que ilustram os níveis de isolamento de ruído de impacto referentes para os três tipos de lajes: nervurada, maciça e pré-moldada.

4.1 Laje Nervurada

O Gráfico 1 apresenta o nível de isolamento sonoro de impacto padronizado ponderado (L'_{nTw}) de 78 dB, lido a 500 Hz na curva de referência deslocada a partir das diretrizes propostas pela ISO 717-2 (1996), para uma laje nervurada de 17 cm de espessura, com revestimento em piso cerâmico. O quarto de ensaio possui uma área de 12,98 m², pé-direito de 2,76 m e um volume de 35,82 m³. A curva de resposta em frequência desse ensaio revela menores níveis para as baixas frequências, com valor de 47 dB em 100 Hz, em 500 Hz, de 69,3dB, um pico em 2 kHz de 75 dB, e novamente um decréscimo para as altas frequências chegando a 51,8 dB em 10 kHz.

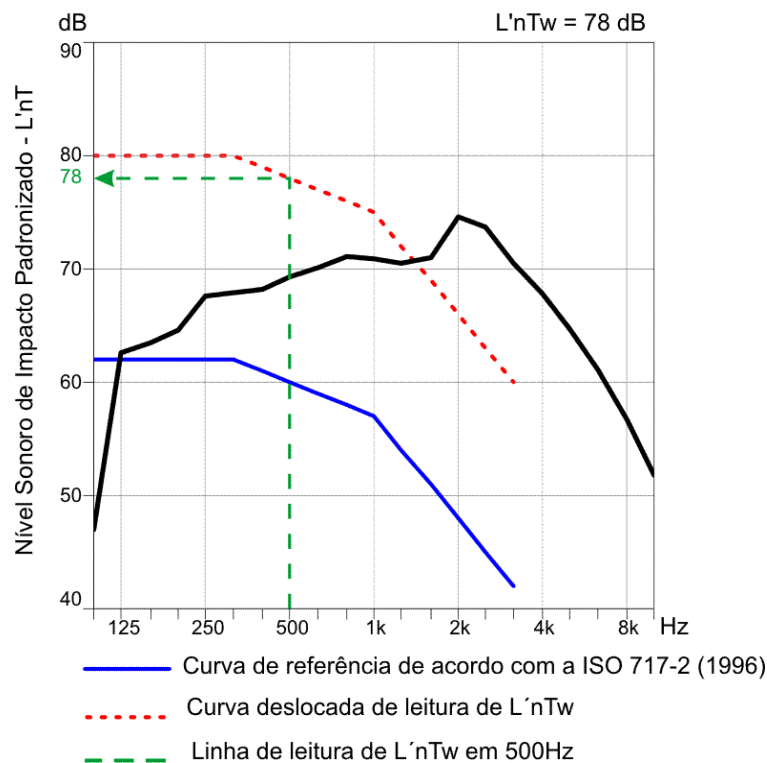


Gráfico 1 – Curva de nível de isolamento de impacto para uma laje nervurada de 17 cm.

4.2 Laje Maciça

O Gráfico 2 mostra o resultado do nível de isolamento de impacto padronizado ponderado (L'_{nTw}) de 82 dB, lido também a 500Hz pelos métodos da ISO 717-2 (1996), para uma laje maciça de concreto armado de 10 cm de espessura, com revestimento de piso cerâmico. O quarto de ensaio possui uma área de 12,95m², um pé-direito de 2,58 m e um volume de 33,40 m³. A curva de resposta em frequência mostra valores em torno de 65 dB nas baixas frequências, sofrendo um aumento desses valores nas médias, onde se registra um máximo de 77 dB em 2,5 kHz, e decrescendo novamente nas altas frequências.

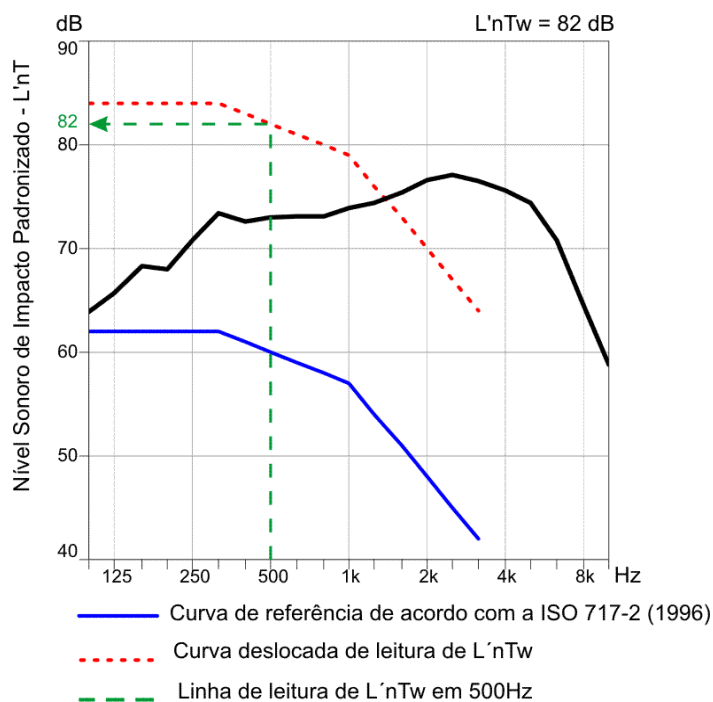


Gráfico 2 – Curva de nível de isolamento de impacto para uma laje maciça de 10 cm.

4.3 Laje Pré-moldada

O Gráfico 3 mostra o desempenho de isolamento de ruído de impacto padronizado ponderado (L'_{nTw}) de 86 dB, também sob orientação da ISO 717-2 (1996), para uma laje pré-moldada de 15 cm de espessura com revestimento de piso cerâmico. O quarto de ensaio possui uma área de 8,79m², um pé-direito de 2,66 m e um volume de 23,38 m³. A curva de resposta em frequência apresenta os menores níveis encontrados nas baixas frequências, com valores de 54 dB em 100 Hz; nas médias frequências os valores aumentam chegando em 500 Hz a 70 Hz; a curva revela ainda um pico de 84,5 dB em 3,15 kHz e a partir daí a curva decresce novamente para 65 Hz em 10 kHz.

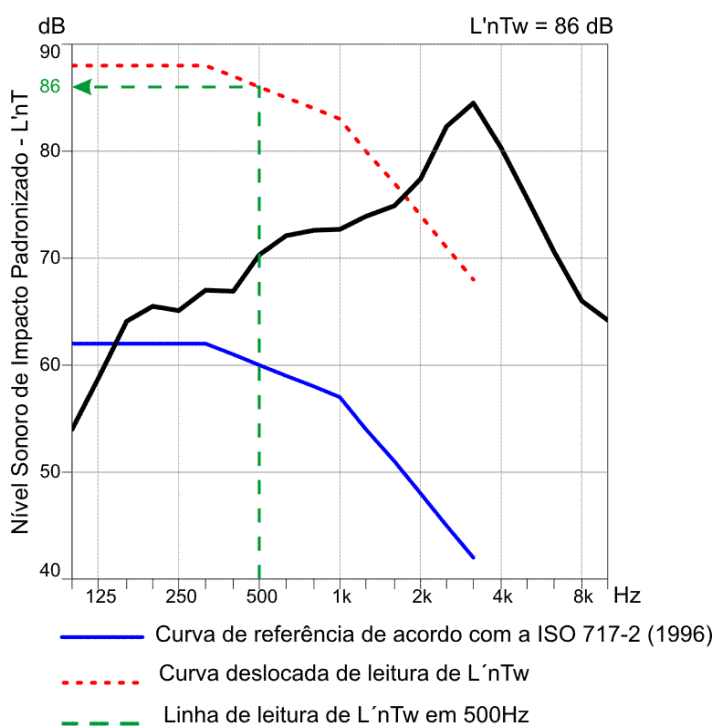


Gráfico 3 – Curva de nível de isolamento de impacto para uma laje pré-moldada de 15 cm.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

É possível fazer uma comparação inicial entre os níveis encontrados para os três tipos de lajes e os níveis tidos como máximos recomendados em alguns países europeus e, também, com relação à norma brasileira. Apresentam-se os níveis propostos no Reino Unido, França, Áustria, Bélgica e Espanha, pois esses países também utilizam, em suas legislações, o mesmo índice utilizado no Brasil, a saber, o nível sonoro de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$.

Pelo Gráfico 4 é possível perceber que os níveis dos três exemplos das lajes medidas estão acima dos níveis máximos exigidos pela legislação dos países europeus. Mesmo a Espanha e Reino Unido, cujos valores são os maiores dentre os outros países, tiveram seus níveis superados em 13 dB e 16 dB, respectivamente, do menor valor encontrado, 78 dB, da laje nervurada de 17 cm.

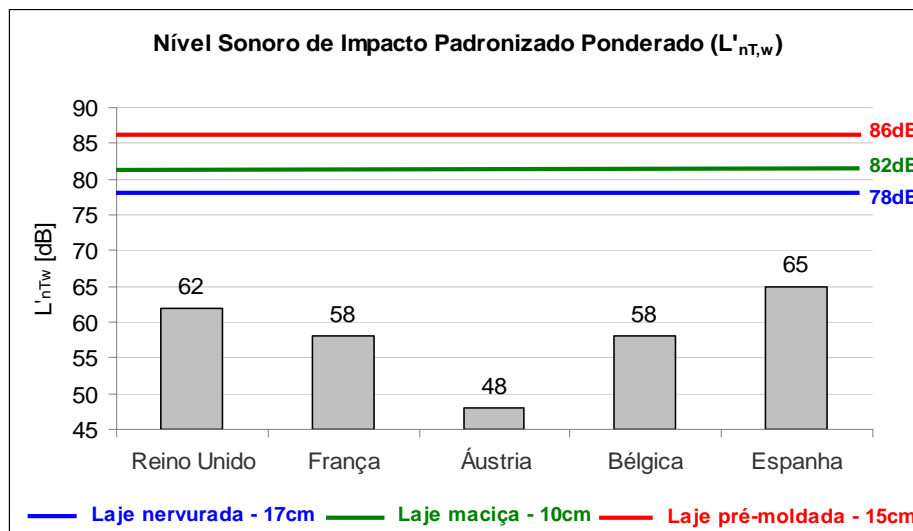


Gráfico 4 – Comparação entre nível sonoro de impacto padronizado dos exemplos de lajes nervurada, maciça e pré-moldada e os níveis de desempenho máximos dos países Reino Unido, França, Áustria, Bélgica e Espanha.

A Figura 2 apresenta o resultado comparativo entre os níveis encontrados nos três exemplos medidos em *in-situ* e os intervalos de desempenho estipulados pela NBR 15575-3:2008. É interessante ressaltar que mesmo fazendo a análise de acordo com a norma brasileira, dois valores medidos se mostram superiores ao máximo valor de desempenho estimado pela legislação, 80 dB – a laje maciça registrou nível de 82 dB e a pré-moldada, 86 dB.

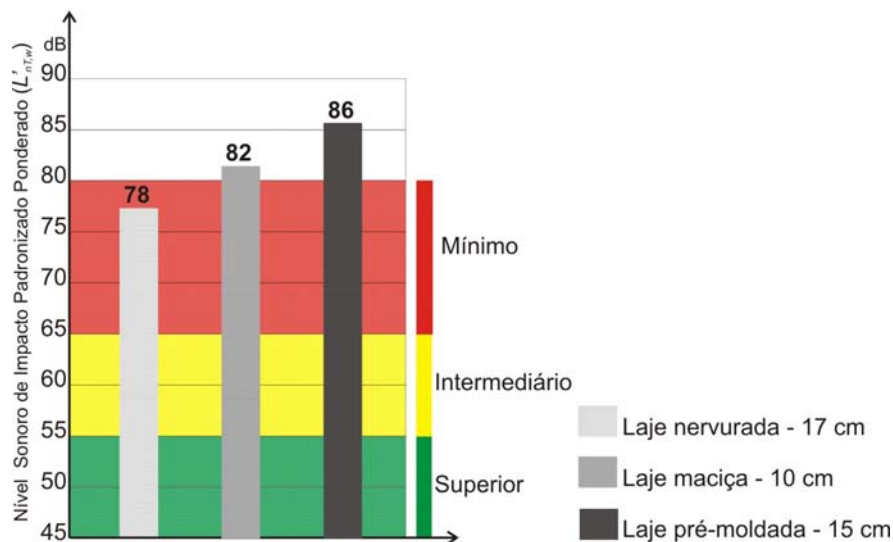


Figura 2 - Comparação entre nível sonoro de impacto padronizado dos exemplos de lajes nervurada, maciça e pré-moldada e os níveis de desempenho da NBR 15575-3:2008.

Após as medições iniciais, está sendo dada continuidade ao estudo através da realização de mais medições *in-situ*, de forma a caracterizar de maneira abrangente os diversos tipos de sistema construtivos de lajes de piso.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal identificar o nível de isolamento ao ruído de impacto de lajes típicas presente em unidades residenciais. Num primeiro momento foi feita a conceituação dos princípios que regem o fenômeno da transmissão sonora estrutural, assim como suas formulações matemáticas e métodos de ensaio. Após essa etapa foi realizado um levantamento junto às principais construtoras e engenheiros da cidade de Florianópolis a fim de se identificar quais eram os principais tipos de lajes mais utilizados na construção de edifícios residenciais. Como resultados, apontaram-se três tipos de lajes como mais usadas: maciça, nervurada e pré-moldada. A partir daí, medições *in-situ* foram realizadas de acordo com os procedimentos indicados pela norma internacional ISO 140-7 (1998) para cada tipo de laje em questão.

Pelos casos de estudo analisados até o momento é possível concluir que os níveis de isolamento ao ruído de impacto em lajes residenciais estão abaixo dos níveis exigidos, tanto pela norma brasileira quanto pelas diretrizes européias. No presente estudo o nível de impacto mais baixo, o que significa um maior isolamento, foi apresentado pela laje do tipo nervurada, seguida pela maciça e, o pior desempenho, foi encontrado na laje pré-moldada. De qualquer modo, os níveis ultrapassaram o desempenho considerado adequado para conforto acústico do usuário confirmando, portanto, a hipótese de que o nível de desempenho acústico das lajes medidas não atende aos níveis mínimos de isolamento exigidos por normas internacionais. Com relação à norma NBR 15575-3:2008 as lajes avaliadas também não tiveram uma classificação satisfatória, a laje nervurada foi classificada com desempenho mínimo e as duas outras lajes, maciça e pré-moldada, superaram o máximo valor estipulado pela legislação brasileira que é de 80 dB. A partir desses dados iniciais, pretende-se dar continuidade às medições *in-situ* a fim de caracterizar o desempenho acústico de lajes em edifícios residenciais.

7. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 3: Requisitos para sistemas de pisos internos, 2008.
- BRÜEL & KJÆL. Measurements in building acoustics. Dinamarca, 1988.
- CONRAD, L.S. Estudo comparativo entre diversos revestimentos para pisos quanto ao isolamento de ruído de impacto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- DONGEN, J.E.F.V. Noise Annoyance from Neighbors. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 2001, Hague. Proceedings... Hague, 2001.
- DUARTE, E.A.C. Estudo do isolamento acústico de componentes de vedações da moradia brasileira ao longo da história. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- EUROPEAN STANDARD. Buildings Acoustics – Estimation of Acoustic performance of buildings from the performance of elements. ES 12354. Part 2: Impact sound insulation between rooms, 2000.
- GATLAND II, S.D. Comparison of lightweight partition assemblies typical of American and European residential and commercial construction. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 34, 2005, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro, 2005.
- GERRETSEN, E. A new system for rating impact sound insulation. Applied Acoustics, v. 9, p. 247-263, 1976.
- _____. Prediction of sound insulation in buildings: a tool to improve the acoustic quality. In: DAGA'03, 2003, Aachen. Proceedings... Aachen, 2003.
- GRECO, P.F.L.; SLAMA, J. Evolution of the influences of the acoustical environmental aspects in the context of construction: a case study in Rio de Janeiro, Brazil. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ACÚSTICA; JORNADAS TECNIAACÚSTICA, 29, SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE ACÚSTICA, Lisboa, 1998. Proceedings... Lisboa, 1998.
- GRIMWOOD, C. Complaints about poor sound insulation between dwellings in England and Wales. Applied Acoustics, v. 52, n. 3/4, p. 211-233, 1997.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 2: Impact sound insulation, 1996.
- _____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. ISO 140. Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors, 1998.
- _____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. ISO 140. Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors, 1998.
- _____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. ISO 140. Part 8: Laboratory measurements of the reduction of the transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor, 1998.

- KNUDSEN, V.O; HARRIS, C.M. Acoustical Designing in Architecture. The Journal of the Acoustical Society of America: USA, 1988.
- KOUYOUUMJI, J. L. Reverse SEA used of characterization and prediction of flanking transmission in timber lightweight construction. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 34, 2005, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro, 2005.
- PATRÍCIO, J. Can Beam-block Floors be considered Homogeneous Panels Regarding Impact Sound Insulation? Building Acoustics, v.8, n. 3, p. 223-236, 2001.
- PEDROSO, M.A.T. Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- SCHMID, M. Acoustic performance of timber concrete composite floor. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 34, 2005, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro, 2005.
- SEO, S.H.; JEON, J.Y. Application of the finite element method for floor impact vibration analysis in apartment buildings. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 34, 2005, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro, 2005.
- VERMEIR, G. Experiences on building acoustics quality in Belgian residences. In: CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 2003, Scogwipo, Proceedings... Scogwipo, 2003.