

LAJE NERVURADA: ANÁLISE DA PERFORMANCE ACÚSTICA PARA RUÍDO DE IMPACTO.

Daniel Pereyron, Arq. e Urbanista; Jorge Luiz Pizzutti dos Santos, Eng. Civil, PhD.

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Centro de Tecnologia – Laboratório de Acústica,
Camobi, CEP 97119-900, Santa Maria – RS, Tel.: 55 3220 8461 – 55 3220 4313.

E-mail: danielpereyron@terra.com.br

RESUMO

A presente pesquisa se concentra na área de conforto ambiental na construção civil e refere-se a uma análise comparativa quanto ao desempenho do isolamento acústico de lajes nervuradas submetidas a ruído de impacto. Os ensaios foram realizados “in situ”, em conformidade com as normas da ISO-140/VII, utilizando equipamentos adequados para este fim. Nesta análise, escolheu-se como objeto de medição a obra de um edifício residencial ainda em fase de construção que utilizou como sistema estrutural a laje nervurada, possibilitando assim a medição das lajes em diferentes estágios de acabamento. Elegeu-se um dormitório padrão como objeto de estudo, e foram medidos os níveis de ruído em três pavimentos, que se encontravam em diferentes fases de acabamento. Foram testados os desempenhos nas lajes nervuradas em “osso”, com contrapiso sobre material resiliente e da composição da laje com contrapiso, sobre material resiliente e forro de gesso. A análise e interpretação dos resultados foram feitas através de tabela e gráfico, que de acordo com a ISO 717-2 demonstram a performance de cada laje, permitindo-nos assim traçar um comparativo entre elas.

ABSTRACT

The current research focuses on the environmental comfort field in the civil construction and refers to a comparative analysis related to the acoustic isolation of reinforced concrete pavement which are submitted to noise of impact. According to the standards ISO-140/VII, the measurements were taken “in situ” by using appropriate equipment for this purpose. In this analysis the non-finished construction of a residential building was chosen as the object of measurement which used the reinforced concrete pavement as the structural system. So the measurement of paving stones in different levels of finishing was possible. A standard bedroom was chosen as the object of study and the levels of noise in three pavements, which were in different stages of finishing, were measured. The performances in the reinforced concrete pavement without finishing were tested with buoyant floor and buoyant floor and linings plaster. The analysis and interpretation of the results are done through graphics which, according to the ISO 717-2, give us the performance of each paving stone, making it possible for us to make a comparison between them.

1. INTRODUÇÃO

A crescente verticalização das cidades nos tempos modernos impulsionou uma busca por novas tecnologias que permitissem um menor custo uma maior agilidade no tempo de construção. Esses avanços permitiram o desenvolvimento de novos materiais de acabamento e de sistemas estruturais que possibilitassem uma maior flexibilidade de projeto e estruturação da edificação. O advento dessas novas tecnologias faz-nos refletir quanto ao seu desempenho e qualidade oferecida ao consumidor.

A preocupação com o conforto oferecido ao usuário deve ser determinante nas escolhas do profissional da área da construção civil, e para tanto, devemos dispor de dados que possibilitem traçar o desempenho desses materiais, contando com isso estabeleceu-se o objetivo desta pesquisa; traçar um perfil comparativo entre três situações de acabamentos distintos para a laje nervurada, possibilitando definir um maior grau de conforto acústico para o usuário.

Em se tratando do estudo do som e do conforto acústico classifica-se o ruído, quanto a sua origem e propagação: em ruído de propagação aéreo, isto é que tem deslocamento ou origem por esse meio elástico até o ouvido do observador; e os sons ou ruídos de impacto, que são aqueles sons gerados por uma excitação mecânica de curta duração, aplicada diretamente sobre superfícies rígidas, ou mais densas que o ar, se deslocando por estas superfícies e parcialmente pelo ar.

Este trabalho apresenta dados coletados pelo autor para o desenvolvimento da dissertação de mestrado, sobre o desempenho acústico de diversos tipos de lajes para ruído de impacto, o qual se propaga do pavimento superior para o pavimento inferior.

A avaliação técnica consiste na medição do Nível de Pressão Sonora do ruído de impacto, gerado no pavimento diretamente acima do medido, com o objetivo de traçar o espectro sonoro do ambiente em cada um dos dormitórios, compará-los a fim de definir o grau de isolamento sonoro obtido pela laje com diferentes acabamentos.

2. OBJETIVOS

Medir a isolamento sonora ao impacto de uma laje nervurada, em diferentes estágios de acabamento e revestimento, entre dois recintos, um imediatamente abaixo do outro, com a utilização de uma máquina de ruído de impacto normalizada, e analisadores acústicos seguindo as normas ISO-140/VII e ISO 717-2.

Avaliar os diferentes resultados obtidos, comparando o desempenho da laje nos distintos estágios, relacionando a isolamento sonora ao ruído de impacto, evidenciando assim o desempenho acústico de uma laje nervurada.

3. METODOLOGIA DE ENSAIOS

Os ensaios foram realizados “in situ”, baseados na norma ISO 140/VII. Para obtenção do desempenho da estrutura ao ruído de impacto, se posicionou a máquina de impacto padronizada, na sala emissora, em quatro pontos distintos da laje, formando um ângulo de 45° em relação à estrutura do piso. Para cada posição da máquina de impacto foram feitas as medições na sala receptora e calculadas as médias dos valores encontrados. Foram observados os afastamentos mínimos de 0,50 m em relação as paredes para a máquina de impacto e de 1,20m em relação ao piso e 1,50 m em relação às paredes para o medidor de nível de pressão sonora.

As medições dos níveis de pressão do ruído foram realizadas utilizando filtros de terças de oitava e para cada frequência foi determinado o tempo de dois minutos para a leitura dos níveis de som. Antes de realizados os ensaios de ruído de impacto foram medidos, nas salas emissoras, os níveis sonoros de ruído aéreo gerados pela máquina de impacto e calculado o isolamento do invólucro, ficando constatado que o ruído aéreo proveniente da própria máquina não interferia nas leituras realizadas nas salas receptoras.

Foram medidos três dormitórios em pavimentos tipos distintos, com a laje nervurada em osso, laje com contrapiso sobre material resiliente e a composição da laje com contrapiso, sobre material resiliente e forro de gesso, sendo os dois últimos com o objetivo de fluatibilidade do contrapiso.

A laje nervurada apresenta uma espessura de aproximadamente 28,00 cm, sendo a altura dos alvéolos (vigas) de 22,5 cm e 5,5 cm a espessura da laje propriamente dita. O contrapiso foi executado com espessura média de 7,0 cm sobre material resiliente de 0,5 cm e o forro de gesso em placas maciças de 2 cm de espessura.. O forro de gesso foi executado em contato direto com as paredes de alvenaria e sustentados por arames presos nas lajes a uma distancia de aproximadamente 30,00 cm da laje

Os equipamentos utilizados para realização dos ensaios foram: “máquina de impacto” (Tappin Machine type 3204 – B&K), calibrador (Sound Level Calibrator type 4230 – 94 dB 1.000 Hz – B&K) e Medidor de Nível de Pressão Sonora (B&K – type 2230), sendo este último calibrado antes e após os

levantamentos. Os equipamentos utilizados, Medidor de Nível de Pressão Sonora e o calibrador, possuem certificação de calibração de um órgão credenciado pelo Inmetro.

Para os dormitórios aonde se realizaram os ensaios foram calculados os tempos de reverberação (TR) utilizando a Equação de Sabine Modificada, segundo formulação de Hohmann, Setzer e Wehling (2004 apud Zannin, 2005, p.70), que considera a contribuição dos elementos relativos à funcionalidade do ambiente, como pessoas dentro do espaço medido, móveis e etc., bem como a influência da absorção sonora do ar, no cálculo do TR.

“O TR pode ser obtido através de equações matemáticas e através de medições com instrumentação adequada. A equação mais difundida para o cálculo do TR foi desenvolvida pelo grande pioneiro da moderna acústica de salas, o físico norte-americano Wallace Clement Sabine. A Equação de Sabine, como ficou conhecida, leva em consideração o volume da sala e os materiais de revestimento das paredes com seus respectivos coeficientes de absorção sonora (ZANNIN, 2005, p.70).

ZANNIN demonstra no artigo “Comparação entre tempos de reverberação calculados e medidos” (2005) a aproximação dos valores calculados pelo método da Equação de Sabine Modificada, segundo formulação de Hohmann, Setzer e Wehling com os valores obtidos experimentalmente.

Depois de calculados os coeficientes de absorção sonoros bem como os Tempos de Reverberação (TR) foram calculados os Níveis de Ruído de Impacto Normalizados (L'_n), segundo a ISO 140/VII e os Níveis de Ruído de Impacto Normalizado e Ponderado (L'_{nw}), segundo a ISO 717-2, que determina um número global que representa o desempenho acústico de todo o sistema objeto dos ensaios.

Os valores apresentados na tabela 1 demonstram o desempenho das lajes nervuradas dos três pavimentos analisados, todos com as mesmas dimensões e em diferentes estágios de acabamento.

Pode-se observar que a laje nervurada “em osso”, ou seja, sem nenhum tipo de revestimento ou contrapiso, teve um desempenho razoável, com uma melhora nas altas frequências e um L'_{nw} consideravelmente elevado.

O desempenho da laje nervurada com contrapiso, sobre material resiliente de 0,5 cm, foi o que apresentou o pior desempenho, uma vez que se pôde constatar que o contrapiso estava em contato direto com as paredes de alvenaria adjacentes, transferindo assim parte do ruído de impacto para a sala receptora através destas. Ao analisar os valores obtidos pode-se observar seu fraco desempenho nas baixas frequências e uma sensível melhora nas altas frequências.

O desempenho da laje nervurada com contrapiso, sobre material resiliente de 0,5 cm, com o intuito de fluabilidade, associadas a um forro de gesso de placas maciças, suspensas por arames a uma distância de aproximadamente 30 cm da laje foi a que apresentou o melhor desempenho acústico tanto para as baixas quanto para as altas frequências. Este desempenho se deve possivelmente em decorrência do forro de gesso ter sido executado em contato direto com as paredes de alvenaria, com a inexistência de frestas e negativos, formando assim um ambiente hermético entre a laje e o forro de gesso.

4. CONCLUSÕES

Ao analisar os resultados das medições pode-se concluir que as lajes nervuradas em “osso” e a com o contrapiso, tiveram um desempenho parecido, tendo a segunda uma considerável perda no isolamento do ruído de impacto nas baixas frequências.

A laje com contrapiso, associada ao forro de gesso foi a que apresentou o melhor desempenho acústico, possivelmente em função do afastamento existente entre o forro de gesso e a laje nervurada. Para ambas as composições executadas com o contrapiso sobre material resiliente, pôde-se concluir que pelo fato de o contrapiso não ter sido devidamente isolado das paredes de alvenaria parte do ruído de impacto foi transmitido através destas até a sala receptora, também pode-se estimar que um fator que tenha contribuído para o baixo desempenho do conjunto tenha sido o peso do contrapiso, que poderia ter esmagado o material resiliente a ponto deste perder sua propriedade de “camada elástica”.

Esse estudo objetivou traçar um comparativo entre o desempenho acústico da laje nervurada em diferentes estágios de acabamento, relacionando a isolação sonora ao ruído de impacto, evidenciando assim o desempenho acústico deste sistema.

4.1. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento: NBR 10151. Rio de Janeiro, 1981
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Acústica – níveis de ruído para conforto acústico – procedimento: NBR 10152. Rio de Janeiro, 1987
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho: NBR projeto 02:136.01-001/1:2005. Rio de Janeiro, 2005.
- BRONDANI, S. Pisos flutuantes: análise da performance acústica para ruído de impacto. 1999. 63p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. Acoustique, sciences du batiment. Reef – Volume II. França: CSTB, 1982. 294p.
- CONRAD, L. S. Estudo comparativo de diversos revestimentos de piso no isolamento de ruído de impacto. 2002. 130p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- DE MARCO, W. C. Elementos de acústica arquitetônica. São Paulo: Nobel, 1990. 129p.
- FERNANDES, J. C. UNESP - Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica – Laboratório de Acústica e Vibrações – LAV. Acústica e ruídos. Notas de aula. Bauru, 2002. 95p.
- GERGES, S. N. Y. Ruído: Fundamentos e Controle. Florianópolis, 1992. 600 p.
- INTERNATIONAL STANDART. Acoustic - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Buildings Elements, Part 2: Impact sound insulation. ISO 717-2. 2nd ed. 1996. 12p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part VII: Field measurements of impact sound insulation of floors. ISO 140/VII, 1978. 5p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and buildings elements – Part 2: Impact sound insulation. ISO 717-2. Second Edition. 1996. 12p.
- MEDEIROS, P. R. S. Forros em gesso acartonado: Combinações de utilização e desempenho como isolantes acústicos para ruído de impacto. 2003. 199p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MEISSER, M. Acústica de los edificios. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 19737. 248p.
- MÉNDEZ, A. M. et al. Acustica arquitectonica. 1. ed. Buenos Aires: UMSA, 1994. 238p.
- PUJOLLE, J. La pratique de l'isolation acoustique des batiments. Paris – França: Editions du Moniteur, 1978. 573p.
- ROUGERON, C. Aislamento acústico y térmico em la construccion. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1977. 300p.
- SANCHO, V. M. Acustica en arquitectura. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM). Madrid, 1982, 215p.
- SOUZA, L. C. L. de.; ALMEIDA, M. G. de.; BRAGANÇA, L. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura. 1.ed. Bauru, 2003. 150p.
- ZANNIN, P. H. T. et al. Comparação entre tempos de reverberação calculados e medidos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 78-85, out./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/scripts/Busca.asp>>

ANEXOS

Tabela 1 – Apresentação dos resultados dos ensaios - Laje nervurada em osso, laje nervurada com contrapiso e laje nervurada com contrapiso e forro de gesso.

L'n: Nível de Ruído de Impacto Normalizado (dB).

L'n,w: Nível de Ruído de Impacto Normalizado e Ponderado (Norma ISO 717).

Frequência (Hz)	L'n - Laje Nerv. em osso	L'n - Laje Nerv. com contrapiso	L'n - Laje Nerv. com contrapiso e forro de gesso
100	68	69	67
125	66	69	61
160	64	69	62
200	63	68	61
250	68	68	59
315	68	69	58
400	64	70	54
500	62	68	50
630	62	65	46
800	58	61	42
1000	58	60	38
1250	57	51	34
1600	53	46	29
2000	52	43	24
2500	45	36	21
3150	41	31	17
4000	48	26	16
L'n,w (dB)	61	64	55

Gráficos comparativos entre os desempenhos dos diferentes conjuntos de lajes nervuradas.

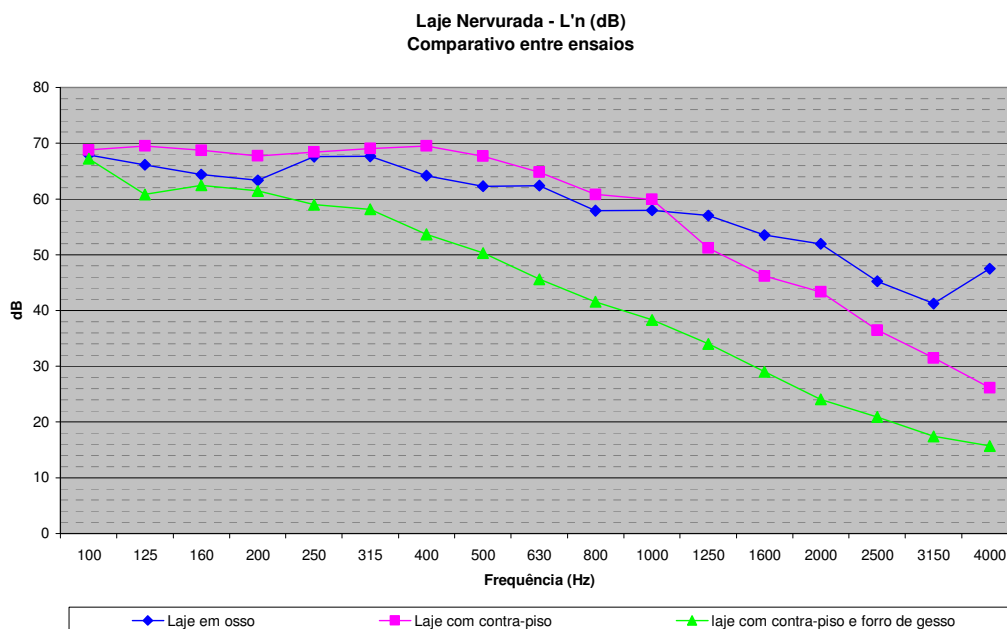


Figura 1 – Comparativo entre os Níveis de Ruído de Impacto Normalizados (L'n).