

AValiação DE DESEMPENHO ACÚSTICO EM LAJES MACIÇAS EM PAVIMENTOS DE PISO MÚLTIPLOS

Natan Magalhães Ferraz (Universidade Federal de Campina Grande) natan_nmf@hotmail.com
Daniel Augusto de Moura Pereira (Universidade Federal de Campina Grande) danielmoura@ufcg.edu.br

Resumo

O isolamento do ruído de impacto em edificações é um fator primordial, pois auxilia nas condições de habitabilidade e salubridade do ambiente construído. Neste sentido, o conforto acústico de edificações de pavimentos múltiplos vem tendo importância para a indústria da construção civil após a promulgação de regulamentações específicas sobre o tema em tela. Logo, esse estudo tem por objetivo avaliar os níveis de ruído de impacto em pisos de edifícios de pavimentos múltiplos com lajes maciças a luz da norma de desempenho NBR 15575/2013. Para tanto, foram realizadas análises de desempenho de ruído de impacto em oito ambientes, de três diferentes edifícios de pavimentos múltiplos e com laje do tipo maciça, em construção na cidade de João Pessoa, Paraíba. Os resultados indicaram que sete ambientes avaliados tiveram o desempenho considerado como mínimo, segundo a NBR 15575/2013 e apenas um dos ambientes avaliados teve desempenho acima do limite especificado pela NBR supracitada.

Palavras-Chaves: Conforto Acústico; Ruído de impacto; Edifícios; Lajes Maciças.

1. Introdução

Desde os tempos antigos, a acústica em edificações, apesar de subjetiva, tem grande importância para a humanidade. Segundo Souza (2006), a criação dos teatros ao ar livre dos gregos e romanos eram projetados para que refletissem o som em direção a plateia trazendo ganhos significativos para os ouvintes.

O desempenho acústico nas edificações no Brasil é regulamentado desde 1987 com a criação da norma ABNT NBR 10152/1987, seguida pela norma ABNT NBR 10151/2000, as quais determinam, respectivamente, os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico e as condições para avaliação de aceitabilidade do ruído em ambientes habitacionais. Essas duas normas não estabeleciam níveis mínimos de isolamento sonoro dentro de unidades habitacionais (CORNACCHIA, 2009).

Segundo Souza (2006), a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também da preservação da qualidade ambiental e de controle de ruído. A importância da questão acústica passou a ter mais importância do que até então, pois o número de fontes produtoras de ruído é cada vez maior, e as consequências cada vez mais prejudiciais.

Segundo a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura Rio Grande do Sul (2014, p. 35), o ruído percebido é uma das principais fontes de reclamações de usuários nas edificações residenciais. A exposição a ruídos intermitentes por períodos prolongados pode causar efeitos psicofisiológicos nos indivíduos. A ansiedade, o nervosismo, a falta de atenção e insônia são exemplos de danos causados por esse problema.

A percepção das empresas em relação à qualidade dos serviços prestados no setor da construção civil é de que havia a necessidade de aprimoramento, sobretudo no que diz respeito a qualidade do ambiente construído, assim mudando o entendimento em relação ao conforto ambiental e segurança a acerca das edificações.

Em 2013 foi editada a Norma Brasileira Registrada (NBR) 15575 que trata do fator qualidade ao edifício entregue aos habitantes, levando em consideração preocupações com a expectativa de vida útil, o desempenho, a eficiência, sustentabilidade e a manutenção desses empreendimentos residenciais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). A referida NBR determina requisitos específicos para cada sistema que compõe uma edificação habitacional, tais como de estrutura, pisos, vedações, coberturas e hidráulicos, portanto, permitindo ao morador identificar a responsabilidade em caso de problemas, representando uma verdadeira revolução na construção civil.

Portanto, o isolamento do ruído de impacto em pisos de edificações é de grande interesse para garantir condições de habitabilidade e salubridade acústica em ambientes residenciais, também sendo um fator econômico determinante na aquisição de habitações. As medidas mitigadoras acústicas devem considerar os níveis de ruídos aceitáveis pelo usuário, já que é praticamente impossível e também indesejável eliminá-los completamente (Ferraz, 2008).

Diante do exposto acima, este trabalho tem como objetivo avaliar os níveis de desempenho de sistemas de piso de edificações de múltiplos pavimentos com lajes do tipo maciça.

2. Referencial teórico

2.1 Ruído

Os sons são resultados de movimentos vibratórios que se propagam pelo ar ou outros meios através de ondas com frequências e amplitudes variadas. Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade sonora e quanto maior a frequência exposta em ciclos por segundo, Hertz

(Hz), mais agudo o som (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013).

Gerges (2000), descreve o som como variações de pressão que ocorrem em um meio compressível e que são percebidas pelo ouvido humano. Esta percepção só ocorre quando a frequência e a amplitude dessas variações de pressão estão dentro de intervalo de valores limite. Nem todos os sons são considerados agradáveis pelos indivíduos, acrescenta o autor, definindo os sons consideráveis desagradáveis como ruído.

De acordo com Pedroso (2007), o ruído é uma sensação subjetiva, visto que sensações auditivas agradáveis ou suportáveis para algumas pessoas podem ser extremamente desagradáveis para outras. Ainda pode-se ampliar o conceito para a questão de inteligibilidade da informação sensorial produzida pela onda sonora, ou seja, tudo o que não puder ser codificado como informação com algum significado para quem ouve pode ser caracterizado como ruído. Portanto, se o som e ruído se diferenciam pelo seu caráter empático, tudo o que for dito como referência aos aspectos físicos do som valerá para o ruído.

O ruído estrutural é originado a partir vibrações oriundos de impactos dinâmicos de várias naturezas, em algum componente que formam as edificações. A característica do ruído de impacto é o atrito de uma fonte com uma parede ou superfície, esse atrito gera onda sonoras a partir de vibrações. O ruído pode ser amplificado, caso a fonte esteja em contato direto com a parede (MEHTA et al, 1999).

As fontes de ruído que mais incomodam as pessoas no Brasil são de objetos que caem no piso, pessoas andando e arrastar de móveis, esse último se classificando como o que mais causa irritação entre todos (MARTINS et al., 2004).

2.2 Transmissão do ruído

Segundo Silva (1997), existem três maneiras para que a transmissão de ruído se propague em um ambiente, essas três maneiras se caracterizam em:

- Pela passagem direta via parede ou painel;
- Pela passagem indireta, sendo flanqueado;
- E pelas frestas próximas a pilares, lajes e/ou paredes confluentes; por janelas, aberturas, portas, dutos de ar, tubos de água, eletrodutos, ou por entre forros e entrepisos.

Ferraz (2008) afirma que o ruído de impacto se propaga em todas as direções, diferentemente do ruído aéreo que só se propaga longitudinalmente. A velocidade de transmissão das suas ondas de vibração vai variar de acordo com o tipo do material excitado, se tem ou não material resiliente na camada excitada, de densidade do material e de espessura do material.

Segundo Pedroso (2007), essa velocidade de propagação está relacionada ao tipo de ligação molecular do meio, quanto mais rígida a ligação, maior a velocidade de transmissão da onda sonora. Porém, uma maior velocidade de propagação não significa uma maior quantidade de transmissão existindo meios que permitem ao mesmo tempo altas velocidades de propagação e reduzem significativamente a quantidade de energia sonora.

Dessa forma, o nível máximo de ruído aceitável no interior de um ambiente está relacionado ao seu tipo de ocupação, sendo baseado no grau de interferência produzido pelo ruído no desenvolvimento de tarefas realizadas no recinto. Por outro lado, o nível de ruído aceitável em áreas externas, em geral, está relacionado com o grau de incômodo gerado ao ser humano (FERRAZ, 2008).

2.3 Isolamento acústico

Os ruídos de impacto devem ser avaliados de acordo com o som proveniente do caminhar, queda de objetos, uso de equipamentos, entre outras fontes que geram ruídos entre os pisos habitacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

De acordo com Ferraz (2008), o isolamento do ruído de impacto em pisos de edificações é de grande importância para o conforto acústico, principalmente em ambientes residenciais. As vibrações na estrutura que podem gerar incômodos nos habitantes ocorrem pela excitação por contato, em que a laje se torna um irradiador de energia sonora em ampla faixa de frequências, devido ao movimento vibratório induzido pela excitação localizada (BISTAFA, 2006).

A NBR 15575:2013 utiliza parâmetros para avaliação de desempenho de atendimento aos requisitos mínimos, intermediários e superiores de isolamento acústico é o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L_{nT,w}$) (MALVEZZI, 2016). Os critérios de avaliação devem ser analisados de acordo com a Figura 1, encontrada na ABNT NBR 15575/2013.

Figura 1 – Critérios e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

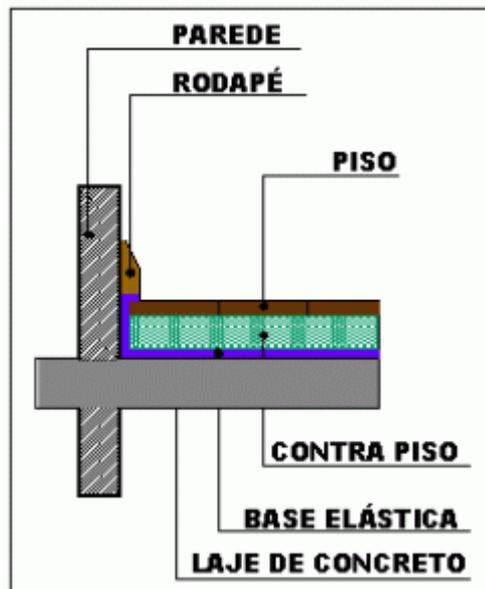
Elemento	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤ 55	S
Sistema de piso de áreas comuns de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤ 45	S

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p. 40)

De acordo com Brondani (1999), os efeitos do ruído de impacto podem ser reduzidos com o aumento da rigidez da estrutura, aumentando a espessura da laje de entrepiso, no entanto se tornaria inviável tendo em vista que comprovadamente o ganho no isolamento é de 1 (um) dB a cada aumento de 1 (um) cm de espessura na laje.

Assim, a busca por alternativas mais eficiente com a finalidade de interromper ou minimizar a transmissão das vibrações pela estrutura é inevitável. A utilização de um material flexível na origem do impacto ou no seu interior minimiza a transmissão do ruído nas estruturas. A eficácia desse material flexível como isolante depende da sua rigidez dinâmica. (PEDROSO, 2007). Assim, a utilização de pisos flutuantes e forros suspensos é essencial para o conforto acústico dos edifícios habitacionais exibido na Figura 2.

Figura 2 – Base elástica utilizada como piso flutuante para atenuação do ruído



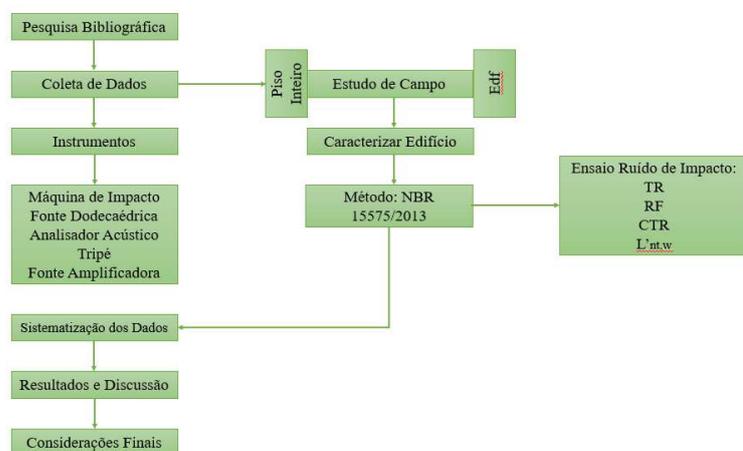
Fonte: Tratamento acústico (2018)

3. Metodologia

Para que haja uma melhor compreensão do desenvolvimento deste estudo, neste capítulo são descritos os procedimentos metodológicos e as estratégias utilizadas durante as pesquisas *in loco*. As análises são de caráter descritivo e os processos foram detalhados para melhor compreensão dos assuntos abordados, materiais e equipamentos utilizados. O estudo é focado no nível sonoro de percussão padronizado ($L'_{nT,w}$), avaliado nos dormitórios dos apartamentos.

O método de desenvolvimento da pesquisa é exemplificado na Figura 3, seguindo os passos adotados por Pereira (2018).

Figura 3 – Metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Adaptado de Pereira (2018)

3.1 Estudo bibliográfico

O estudo bibliográfico foi realizado entre maio e outubro de 2017, tendo como referências a ABNT NBR 15575/2013. Foram avaliados os procedimentos indicados pelas normas com relação ao conforto acústico, método de avaliação de desempenho e avaliação de ambiente construído.

3.2 Coleta de dados

As medições de isolamento de ruído de impacto foram realizadas entre novembro de 2017 e junho de 2018, na cidade de João Pessoa-PB, em três edifícios de múltiplos pavimentos. Foram realizadas oito avaliações, todas em ambientes de dormitório, de desempenho de isolamento do sistema de piso com relação ao ruído de impacto nos três edifícios,

Para a caracterização dos ambientes, foram coletados os seguintes dados:

- Forro – identificando o tipo e a espessura;
- Espessura da laje;
- Contrapiso – identificando o tipo e a espessura;
- Revestimento – identificando o tipo e a espessura;
- Área do ambiente de emissão e recepção;
- Volume do ambiente de emissão e recepção;
- Pé Direito.

3.3 Instrumentos

Os equipamentos utilizados durante as atividades experimentais foram:

- Analisador de ruído *Brüel & Kjær* modelo 2270;
- Máquina de impactos padronizada *Brüel & Kjær* modelo 3207;
- Fonte de ruído dodecaédrica *Brüel & Kjær*;
- Amplificador para fonte de ruído *Brüel & Kjær*;
- Calibrador de analisador *Brüel & Kjær*.

3.4 Experimento em campo

Antes de iniciar os testes, foram feitas quatro medições em cada dormitório, uma em cada canto do mesmo, em dois quartos em andares consecutivos, um sobre o outro, sendo definidos por ponto 1 (P1), ponto 2 (P2), ponto 3 (P3) e ponto 4 (P4). O ponto 1 e o ponto 3 possuem uma distância mínima de 50 centímetros das paredes adjacentes. Já o ponto 2 e o ponto 4 possuem uma distância mínima de 60 centímetros das paredes adjacentes.

Após as medições dos pontos, a fonte omnidirecional ficava posicionada no ponto 3, fixa, conectada ao amplificador de potência. O medidor integrador de nível sonoro também era conectado ao amplificador de potência e variava a posição entre os pontos 1, ponto 2 e ponto 4.

O início do teste se dava com a medição do tempo de reverberação, onde o operador posicionava o medidor integrador de nível sonoro no ponto 1 e acionava o equipamento. A fonte omnidirecional emitia as ondas sonoras por 12 lados diferentes, durante 10 segundos, e o medidor integrador de nível sonoro coletava os dados de tempo referentes a frequências variantes de 50 Hz a 5000 Hz.

O experimento continuava com o operador movendo o medidor integrador de nível sonoro para o ponto 2, repetindo o teste, e, logo em seguida, para o ponto 4, repetindo novamente. Esse teste era feito duas vezes pelo operador em cada dormitório.

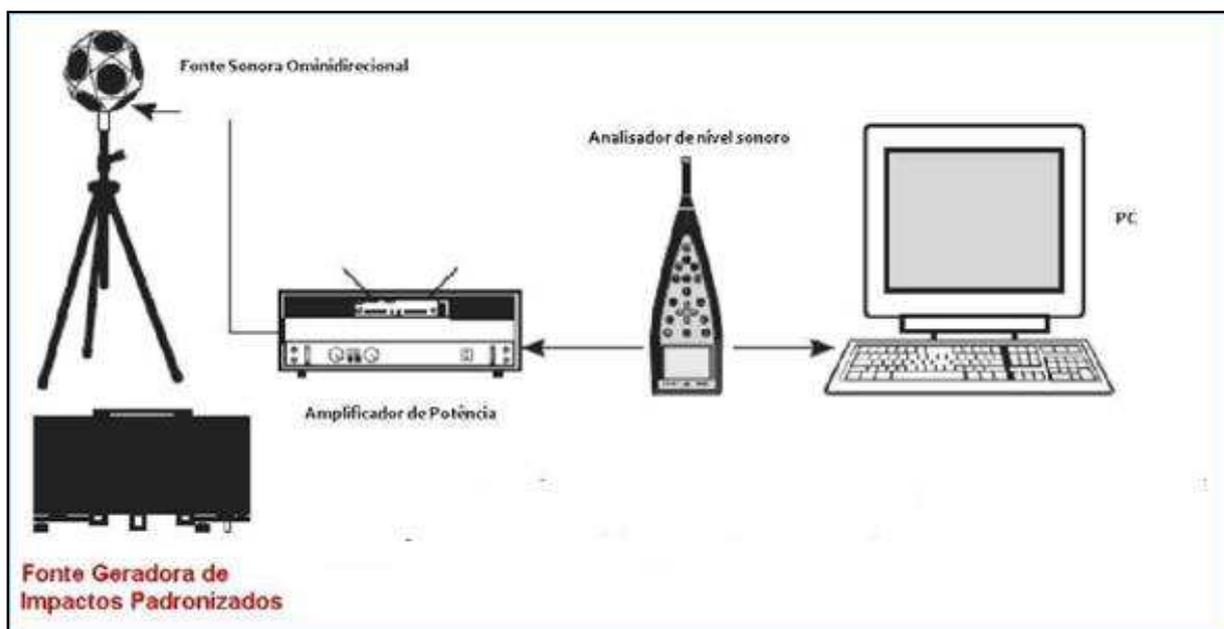
Em seguida, o amplificador de potência e a fonte omnidirecional eram retirados do quarto e o medidor integrador de nível sonoro era posicionado no centro do dormitório para o operador dar início ao teste de captação de ruído de fundo. O medidor integrador de nível sonoro coletava os dados referentes as frequências variantes emitidas pelo ambiente de 50 Hz a 5000 Hz durante cinco minutos.

Após a finalização da captação do ruído de fundo, o operador iniciava a preparação para a medição do ruído de impacto, retornando o medidor integrador de nível sonoro ao ponto 1 do quarto inferior e posicionando a fonte geradora de impacto padronizado no ponto 1 do andar superior.

A fonte geradora de impacto padronizada era acionada, gerando impacto direto sobre a laje maciça ou no piso cerâmico. O operador coletava os dados referentes ao impacto através do medidor integrador de nível sonoro, nas quatro posições, alterando do ponto 1 ao ponto 4, variando de 100 Hz até 3150 Hz, durante o tempo de 10 segundos por posição.

Posteriormente, o operador mudava a posição da fonte geradora de impacto padronizado para o ponto 2 do andar superior e repetia a operação com o medidor integrador de nível sonoro variando as quatro medições do ponto 1 ao ponto 4. Esse teste se repetia para o ponto 3 e o ponto 4 do andar superior. Os passos a serem seguidos para desenvolver o experimento são mostrados na Figura 4.

Figura 4 – Passos para o desenvolvimento da pesquisa *in loco*



Fonte: Adaptado de Brüel & Kjær (2018)

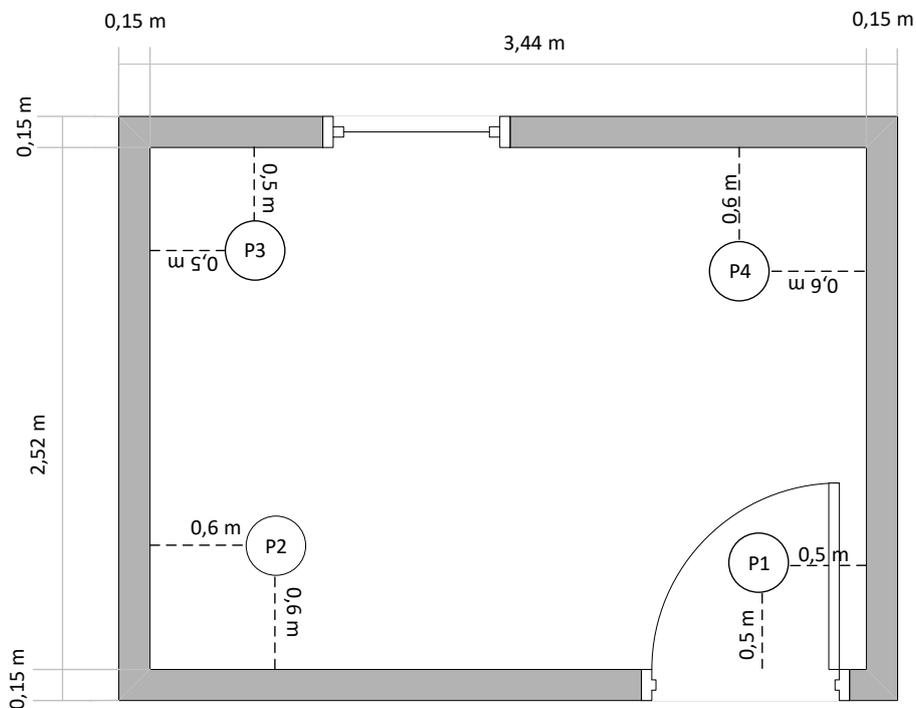
4 Resultados e discussões

As avaliações de desempenho acústico foram feitas em edifícios possuindo a câmara de emissão e a câmara de recepção com as mesmas características construtivas. As medições foram feitas nos dormitórios, sem mobília e com as janelas e portas fechadas. Vale salientar

que as câmaras de emissão estavam sempre acima das câmaras de recepção nos ambientes avaliados.

No Edifício 1 foram feitas duas avaliações em dormitórios diferentes com as seguintes características: porta de madeira, janelas de vidros corrediças, forro de gesso, contrapiso de argamassa comum, revestimento de piso em porcelanato e sem sistema de pisos flutuantes. A distância entre o forro de gesso e laje era de 20 cm, a espessura da laje de 12 cm, o contrapiso tinha 4 cm de espessura e a altura do pé direito era 2,44 m. A Figura 5 ilustra a câmara de recepção do quarto 1.

Figura 5 – Câmara de recepção do quarto 1 do Edifício 1



Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

P1 – Ponto 1

P2 – Ponto 2

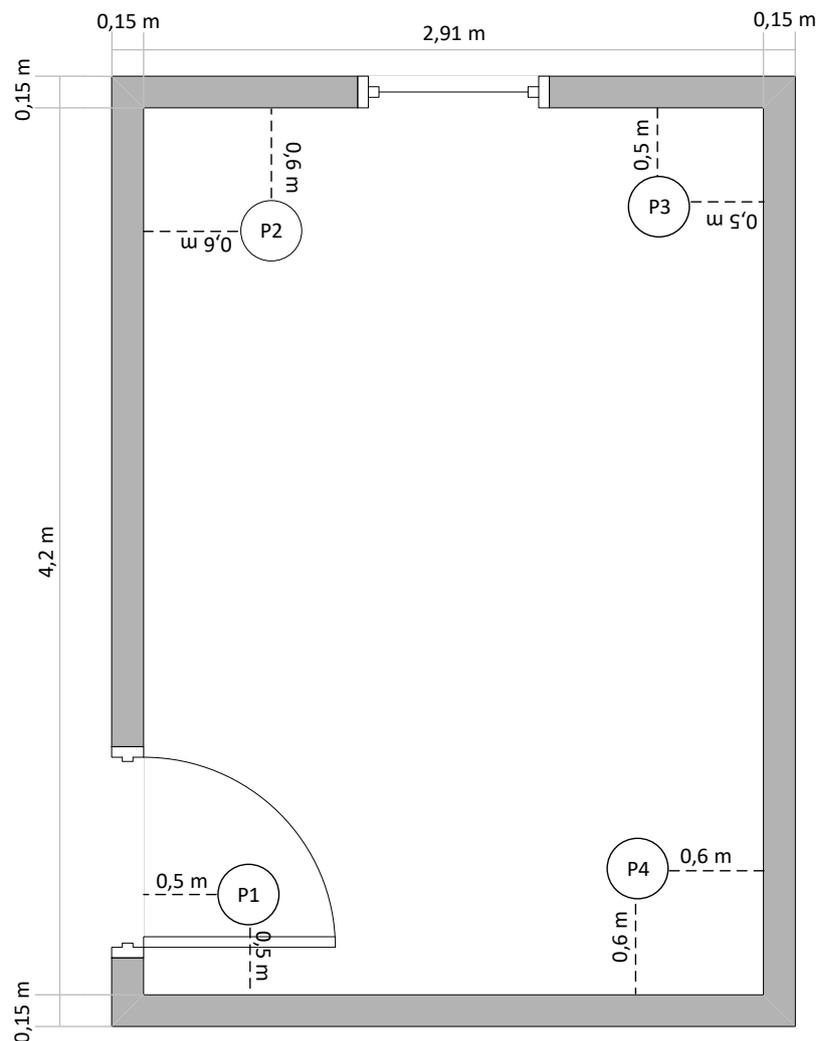
P3 – Ponto 3

P4 – Ponto 4

Os testes de ruído de impacto no quarto 1 resultaram o valor de 54,9 dB na captação do ruído de fundo e 76 dB para o nível de ruído de impacto padronizado, indicando que o sistema de piso avaliado atingiu o limite de desempenho mínimo estipulado pela NBR 15575/2013.

A Figura 6 ilustra a câmara de recepção do quarto 2 no Edifício 1.

Figura 6 – Câmara de recepção do quarto 2 do Edifício 1



Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

P1 – Ponto 1

P2 – Ponto 2

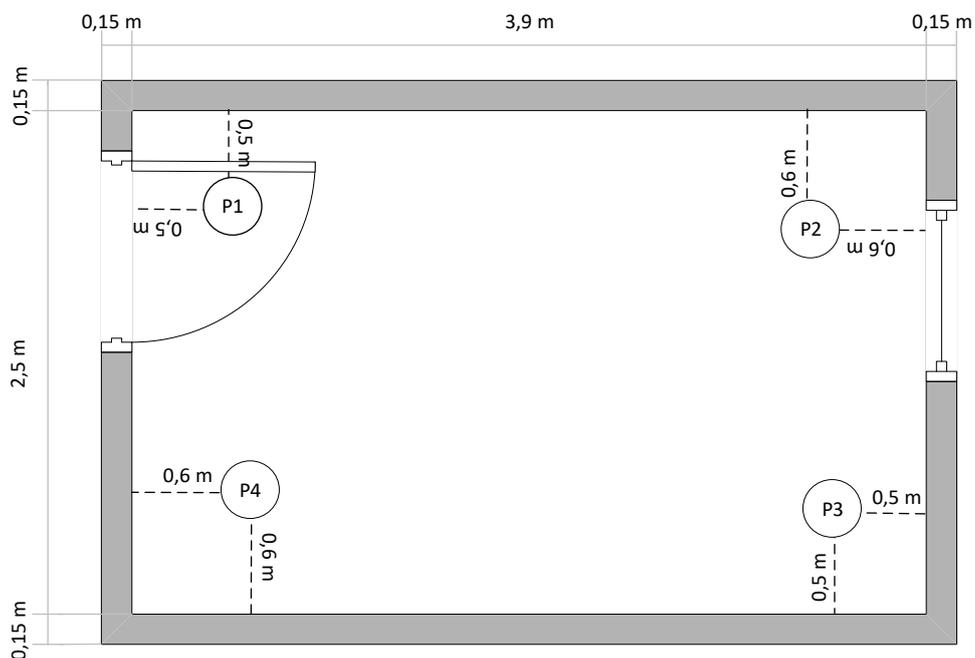
P3 – Ponto 3

P4 – Ponto 4

Os testes de ruído de impacto no quarto 2 resultaram o valor de 61,2 dB na captação do ruído de fundo e 78 dB para o nível de ruído de impacto padronizado, indicando que o sistema de piso avaliado atingiu o limite de desempenho mínimo estipulado pela NBR 15575/2013.

No Edifício 2 foram feitas seis avaliações em três dormitórios distintos. As três primeiras avaliações se desenvolveram enquanto o prédio estava sem o forro, sem contrapiso e sem revestimento e foram realizadas quando os dormitórios possuíam porta de madeira e janelas de vidros corrediças.

As três medições subsequentes ocorreram quando já haviam instalado nos apartamentos o forro de gesso, o contrapiso de argamassa comum e o revestimento de porcelanato. Logo, para este caso a descrição dos ambientes avaliados era: porta de madeira, janelas de vidros corrediças, forro de gesso, contrapiso de argamassa comum, revestimento de piso em porcelanato e sem sistema de pisos flutuantes. A distância entre o forro de gesso e laje era de 11 cm, a espessura da laje de 16 cm, o contrapiso tinha 4 cm de espessura e a altura do pé direito era 2,40 m. A Figura 7 ilustra a câmara de recepção do quarto 1 no Edifício 1.



Fonte: Os Autores (2018)

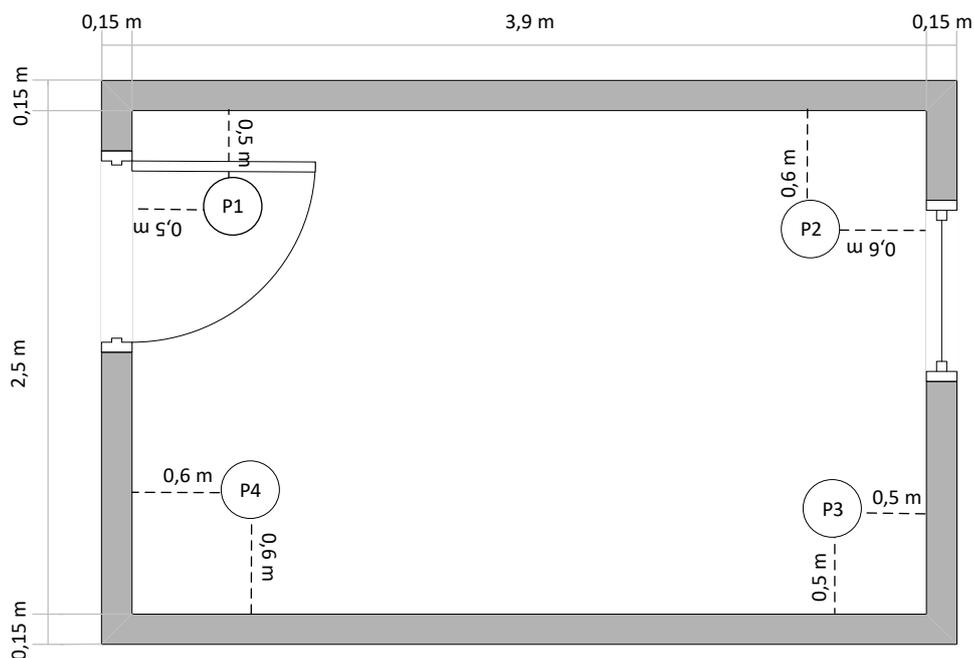
Legenda:

- P1 – Ponto 1
- P2 – Ponto 2
- P3 – Ponto 3
- P4 – Ponto 4

Os testes de ruído de impacto no quarto 1 para a primeira medição (sem forro de gesso, contrapiso e revestimento em porcelanato) resultaram o valor de 47,1 dB na captação do ruído de fundo e 80 dB para o nível de ruído de impacto padronizado. Para a segunda medição de ruído de impacto (já com forro de gesso instalado, contrapiso e revestimento assentados) resultaram o valor de 47,4 dB na captação do ruído de fundo e 80 dB para o nível de ruído de impacto padronizado. Em ambas as situações testadas o ambiente avaliado atingiu o limite de desempenho mínimo em seu valor máximo, de acordo com a NBR 15575/2013.

A Figura 8 ilustra a câmara de recepção do quarto 2 no Edifício 2.

Figura 8 – Câmara de recepção do quarto 2 do Edifício 2



Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

P1 – Ponto 1

P2 – Ponto 2

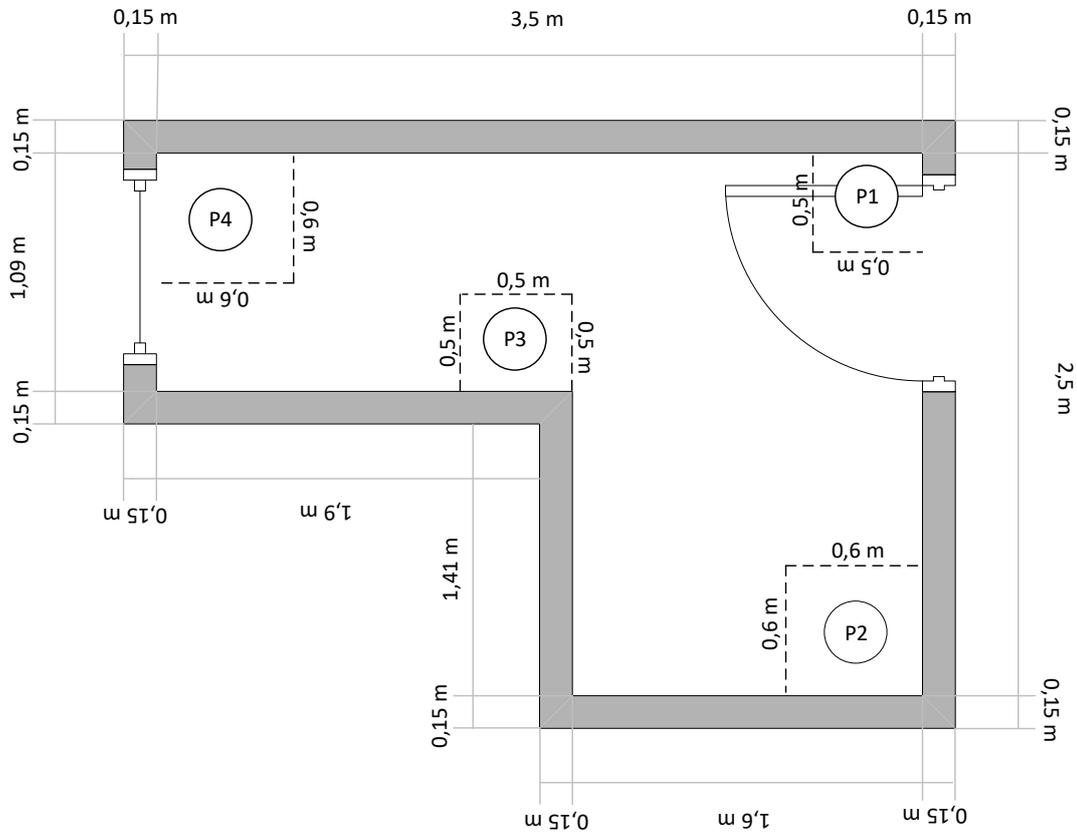
P3 – Ponto 3

P4 – Ponto 4

Os testes de ruído de impacto no quarto 2 para a primeira medição (sem forro de gesso, contrapiso e revestimento em porcelanato) resultaram o valor de 46,2 dB na captação do ruído de fundo e 81 dB para o nível de ruído de impacto padronizado. Para a segunda medição de ruído de impacto (já com forro de gesso instalado, contrapiso e revestimento assentados) resultaram o valor de 49,2 dB na captação do ruído de fundo e 80 dB para o nível de ruído de impacto padronizado. No primeiro teste do quarto 2, o limite mínimo de desempenho não fora atingido. No segundo caso, o ambiente avaliado atingiu o limite de desempenho mínimo em seu valor máximo, de acordo com a NBR 15575/2013. Isso sugere que para este tamanho de ambiente, a presença do forro de gesso, contrapiso e revestimento atenuaram o ruído de impacto no ambiente avaliado.

A Figura 9 ilustra a câmara de recepção do quarto 3 no Edifício 2.

Figura 9 – Câmara de recepção do quarto 3 do Edifício 2



Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

- P1 – Ponto 1
- P2 – Ponto 2
- P3 – Ponto 3
- P4 – Ponto 4

Os testes de ruído de impacto no quarto 3 para a primeira medição (sem forro de gesso, contrapiso e revestimento em porcelanato) resultaram o valor de 46,9 dB na captação do ruído de fundo e 78 dB para o nível de ruído de impacto padronizado. Para a segunda medição de ruído de impacto (já com forro de gesso instalado, contrapiso e revestimento assentados) resultaram o valor de 49,9 dB na captação do ruído de fundo e 77 dB para o nível de ruído de impacto padronizado. Em ambas as situações testadas o ambiente avaliado atingiu o limite de desempenho mínimo, de acordo com a NBR 15575/2013.

A Tabela 1 mostra um sumário das características construtivas e dos resultados encontrados durante os testes de ruído de impacto nos Edifícios 1 e 2.

Tabela 1 – Características construtivas dos edifícios durante as medições

	Quarto	Sistema de Piso	Características Construtivas do Ambiente							L _{ntw} (dB)	Classificação
			F	CP	R	PD	L	A	V		
			cm	cm		m	cm	m ²	m ³		
Edifício 1	1	PNF	20	4	P	2,44	12	8,66	21,13	76	Mínimo (M)
	2							12,22	29,81	78	Mínimo (M)
Edifício 2 (medida 1)	1	PNF	-	-	-	2,40	16	9,75	23,40	80	Mínimo (M)
	2							9,47	22,73	81	Não atingiu
	3							6,07	14,57	78	Mínimo (M)
Edifício 3 (medida 2)	1	PNF	11	4	C	2,40	16	9,75	23,40	80	Mínimo (M)
	2							9,47	22,73	80	Mínimo (M)
	3							6,07	14,57	77	Mínimo (M)

Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

PNF = Piso Não Flutuante;

F = Forro (distância entre forro e laje estrutural em cm);

L = Laje estrutural (espessura total em cm);

CP = Contra Piso;

R = Revestimento Porcelanato/Cerâmica Vitrificada;

A = Área do ambiente de emissão e recepção;

V = Volume do ambiente de emissão e recepção;

PD = Pé Direito.

5 Considerações finais

Nesse trabalho foram realizados ensaios de ruído de impacto em dois edifícios em construção com laje maciça na cidade de João Pessoa – PB.

Com base nos resultados, é possível afirmar que os ambientes avaliados do Edifício 1 obtiveram L_{nTw} , (nível de ruído de impacto padronizado ponderado) de 76 dB e 78dB, enquadrando-se no limite mínimo de desempenho, segundo a NBR 15575/2013, com uma espessura de laje igual a 12 cm e sem sistema de piso flutuante.

Por sua vez, os primeiros testes no Edifício 2, ainda sem forro de gesso, contrapiso e revestimento no piso, e com o martelo de impacto batendo diretamente na laje maciça (com 16 cm de espessura) dos ambientes emissores, obtiveram L_{nTw} , de 80 dB, 81 dB e 78 dB para os três ambientes avaliados. Pode-se perceber que em um deles (81 dB) o limite de desempenho mínimo não foi atingido. enquadrando-se também no limite mínimo de desempenho, de acordo com a NBR 15575:2013.

Os testes subsequentes no Edifício 2, já com forro de gesso instalado, contrapiso de argamassa comum e revestimento de piso em porcelanato, tiveram os L_{nTw} de 80 dB, 80 dB e 77 dB, indicando que a presença daqueles elementos foram importantes em dois dos três ambientes avaliados para a redução dos níveis de ruído de impacto dos ambientes avaliados. Complementarmente, após a colocação dos elementos supracitados, todos os ambientes passaram a estar dentro do limite mínimo de desempenho da NBR 15575/2013.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande, 2014.v.2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA RIO GRANDE DO SUL. **Caderno Técnico AsBEA-RS**: norma de desempenho. 1 ed. Porto Alegre, 2014, v. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os Sistemas Estruturais - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os Sistemas de Pisos - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013.

BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgar Blücher, 2006. 368p.

BRONDANI, S. A. **Pisos flutuantes**: análise da performance acústica para ruídos de impacto. Santa Maria: UFSM, 1999, 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

BRÜEL & KJÆL. **Measurements in building acoustics**. Dinamarca, 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais:** guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR15575/2013. 2. ed. Fortaleza, 2013. 308f.

CORNACCHIA, G. M. M. **Investigação in-situ do Isolamento Sonoro ao Ruído de Impacto em Edifícios.** 2009.161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

FERRAZ, Rafaela. **Atenuação de Ruído de Impacto em Pisos de Edificações de Pavimentos Múltiplos.** 2008. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

GERGES, S. N. Y. **Ruído:** fundamentos e controle. 2. ed. atual e aum. Florianópolis: NR, 2000.

MALVEZZI, Betina Fagundes Martins. **Análise de Relatórios de Isolamento de Ruído de Impacto Padrão em Sistemas de Pisos de Edificações Habitacionais.** 2016. 88 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MARTINS, L.A.C; SAHB, C.A.S.; NETO, M.F.F. **Conforto acústico de apartamentos residenciais quanto ao ruído de impacto.** In: Anais da Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1., Encontro Nacional do Ambiente Construído, 10. São Paulo, 2004.

MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Architectural Acoustics: principles and design.** New Jersey: Prentice Hall, 1999. 445p.

OGAWA, Matheus de Oliveira Afonso; FILHO, Mauro César Ávila; RASSI, Pedro Fábio. **Isolamento Acústico ao Ruído de Impacto em Lajes de Edifícios Habitacionais.** 2014. 71 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

PEDROSO, M. A. T. **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto.** 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PEREIRA, Daniel Augusto de Moura. **Desenvolvimento de ferramentas para predição de isolamento do ruído de impacto em edificações de pavimentos múltiplos com laje nervurada/** Daniel Augusto de Moura Pereira. – João Pessoa, 2018.

SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica.** Belo Horizonte: EDTAL, 1997.

SOUZA, L. C. L.de; ALMEIDA M. G. de; BRAGANÇA L. **Bê á bá da acústica arquitetônica:** ouvindo a Arquitetura. 1. ed. 2. reimpr. São Carlos: EdUFSCar, 2006. (reimpr. 2009).

SPOHR, V. H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas.** 2008. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa maria, 2005.

TRATAMENTO Acústico. Disponível em: <<http://dicasdaarquiteta.ig.com.br/index.php/tag/tratamento-acustico/>>. Acesso em: 20 jul. 2018