

MATERIAIS RESILIENTES PARA REDUÇÃO DE RÚIDO DE IMPACTO EM EDIFÍCIOS: SIMULAÇÃO EXPERIMENTAL DE PROTÓTIPO COM SISTEMA DE CONTRAPISO FLUTUANTE PARA AMBIENTES MULTIANDARES

Vitor Pierre Silva (IC)¹, Paulo César Gonçalves (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Câmara acústica reduzida. Conforto acústico. Ruído de impacto

Introdução

A constante evolução na construção civil, seja nos métodos construtivos, seja no refino nos modelos numéricos para cálculos estruturais, a consolidação de estruturas horizontais, sobretudo lajes, como elementos delgados a fim de se atingir maiores economias em obra apresenta um impacto negativo no que tange ao isolamento contra o ruído de impacto. Desse modo, o emprego de estratégias para alinhar estruturas otimizadas com o conforto acústico mostram-se necessárias visto os malefícios para a saúde indivíduo frente ao convívio com o ruído. Nesse sentido, o presente trabalho visa ao teste de uma de tais estratégias – a aplicação de materiais resilientes para a absorção do ruído de impacto, que se apoia na comparação do isolamento obtido com o mesmo índice normalizado pela norma internacional ISO 717-2:2020, que é medido por meio da elaboração de ensaios acústicos em câmara controlada, que, no caso desta produção, tem-se por objetivo a obtenção de tais parâmetros de modo a testar a eficiência de um modelo de câmara reduzida, a fim de verificar a eficiência desse protótipo ao passo que é testada a qualidade do material resiliente.

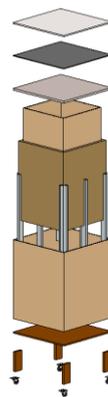
Metodologia

Procedimentos normativos: a sequência de atividades para a execução do ensaio segue a seguinte ordem: geração do ruído de impacto na câmara por meio de máquina *Tapping Machine*, calibragem do sistema de medição, medição do ruído de fundo, aferição do nível de pressão sonora no interior da câmara e processamento dos dados.

Protótipo da câmara em escala reduzida: a câmara, onde o ensaio é conduzido, deve, segundo a ISO 10140-5, possuir volume mínimo de 50 m³, com condições de tempo de reverberação e difusão controlados. No entanto, as condições laboratoriais exigidas não existem, atualmente, nas dependências da Universidade Federal de Itajubá, local de condução da pesquisa. Desse modo,

concebeu-se um modelo de câmara reduzida ao da norma, o qual é dotado das seguintes limitações: ausência de câmara emissora, volume da câmara receptora de 1,20 m³, espessura da laje de 5 cm, sendo que o recomendado é 12 cm e área da superfície do plano da câmara de 1 m². A Figura 1 ilustra uma vista do modelo 3D do protótipo, desenvolvido no *software Revit*.

Figura 1 – elementos da câmara reduzida dispostos em ordem



Fonte – elementos da câmara reduzida dispostos em ordem

Os materiais que compõem a câmara são: base de madeirite plastificado com pés de peroba; isolamento vertical de *dry-wall* preenchidos com lã de rocha; laje de concreto armado com resistência a compressão característica de 20 Mpa; material resiliente de borracha; contrapiso de concreto.

Geração do campo sonoro: O ruído de impacto deve ser gerado, segundo a ISO 10140-3:2021, por meio de uma máquina geradora de impacto padronizada – *Tapping Machine*, com requisito normatizados. Cada conjunto de medições deve ser feito com a maior variabilidade de posições possíveis para uma melhor confiabilidade no valor medido. Além disso, A norma recomenda, para o teste de pisos, que a *Tapping Machine* deva ser posicionada em pelo menos quatro posições diferentes,

com distância mínima de 70 cm entre cada uma, e a distância da máquina às extremidades do piso deve ser de pelo menos 50 cm. Entretanto, como a câmara possui 1 m de comprimento e de largura, torna-se impraticável a conclusão das duas exigências concomitantemente, pois, se a posição da máquina de uma posição para outra varia de 70 cm, restar-se-á apenas 30 cm de distância até as extremidades. Assim, para o caso deste trabalho, que possui piso não homogêneo, com superfície irregular e sem revestimento, a máquina de impacto será posicionada em posições adicionais além das quatro exigidas pela norma e em direções diferentes e em 45° de inclinação em direção às quinas do piso.

Medição do ruído de fundo e do tempo de reverberação na câmara receptora: as medições dos níveis de ruído de fundo devem ser feitas para garantir que as observações na câmara receptora não sejam afetadas pelo ruído de fundo. Sons provenientes de outros ambientes, ruídos elétricos, oriundos de seres humanos e de animais ou interferência elétrica entre a fonte e os sistemas de recepção, contribuem para o nível de ruído de fundo. De acordo com a ISO 10140-4:2021, o nível de ruído de fundo deve ser pelo menos 6 dB (e preferencialmente mais de 15 dB) abaixo do nível de sinal e do ruído de fundo combinados em cada faixa de frequência.

Se a diferença nos níveis for menor que 15 dB, mas maior que 6 dB, calcula-se as correções para o nível de sinal de acordo com a Equação 1.

$$L = 10 \log \left(10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right) \quad (1)$$

Sendo L o nível de sinal ajustado, L_{sb} o nível de sinal e ruído de fundo combinados, em decibel, e L_b o nível de ruído de fundo, em decibel.

Nível de pressão sonora de impacto normalizado: o nível de pressão sonora de impacto normalizado L_n é dado pelo nível de pressão sonora de impacto L_i , que é medido no ensaio, acrescido por um termo de correção e dado em decibels, de acordo com a Equação (2).

$$L_n = L_i + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (2)$$

Sendo L_n expresso em decibel, A a área equivalente de absorção e A_0 a área equivalente de absorção de referência, igual a 10 m².

Sendo L_i determinado, de acordo com a ISO 10140-4:2021, por bandas de terço de oitava segundo a Equação (3).

$$L_i = 10 \log \left[\frac{\sum p_n^2}{n p_0^2} \right] \quad (1)$$

Em que p_n é expresso em decibel e n o número de posições do sonômetro para as medições.

Tratamento matemático dos resultados: A partir da norma ISO 717-2:2020, cujo escopo prescreve o tratamento matemático das medições feitas, comparando, para tanto, o desempenho do material ensaiado com aquele de mesma característica, mas com perfil linearizado do desempenho acústico ao ruído de impacto de uma laje, o qual é colocado em superposição à curva de desempenho do sistema em análise num gráfico, cujo eixo das abcissas são dadas pelas faixas de frequências em bandas de terças de oitavas e o das ordenadas pelo nível de pressão sonora de impacto normalizado, em dB. O método da norma supracitada baseia-se na análise do comportamento da curva de referência do gráfico de modo que o desempenho do sistema em questão se mostre negativo de acordo com as seguintes premissas: a maior diferença negativa possível não deve exceder 8 dB; a soma das diferenças negativas dos valores nas bandas de um terço de oitavas deve ser o mais próxima possível de 32 dB, mas não maior que este; o número único que governa a análise do desempenho acústico ao ruído de impacto do sistema analisado será o valor do perfil de referência, em dB, para a frequência de 500 Hz, e, portanto, será esse valor o que caracterizará o nível de desempenho acústico do material.

Equipamentos utilizados: para a geração do ruído de impacto, a máquina geradora de impacto utilizada nos ensaios experimentais foi do modelo *Tapping Machine Type 3207*, da empresa fabricante dinamarquesa *Hottinger Brüel & Kjær*. A Figura 2 evidencia o modelo da máquina de impacto utilizado.

Figura 3 - Tapping Machine Type 3207



Fonte - Hottinger Brüel & Kjær (2022)

E quanto ao equipamento para realizar as medições, utilizou-se um sonômetro de modelo *Soundadvisor™*

XL2 Acoustic Analyze, da fabricante NTI Audio, o qual está ilustrado na Figura 3.

Figura 4 - XL2 Acoustic Analyzer



Fonte – NTI Audio (2024)

Montagem do sistema de contrapiso flutuante e obtenção dos resultados: o ensaio será composto por um conjunto de testes com o fito de determinar a eficiência do modelo como um todo. Desse modo, primeiramente, será testada a eficiência da câmara sem a aplicação do material de resiliente, de modo a obter um nível de pressão sonora para cada frequência. Após esse, será testado, na câmara, o sistema com aplicação da manta resiliente, obtendo, com isso, a curva de mesma natureza, que servirá para fins comparativos da eficiência do sistema.

Resultados e discussão

Montagem do sistema de contrapiso flutuante e obtenção dos resultados: a confecção da câmara seguiu os critérios supracitados deste trabalho, sendo que a base foi fabricada artesanalmente por trabalho de marcenaria, o isolamento vertical por meio de instalação de dry-wall em comércio especializado e a porção superior – laje e contrapiso – moldada in loco.

A Figura 5 mostra o resultado da câmara, posicionada no Laboratório de Estruturas da Universidade Federal de Itajubá, local onde serão executados os ensaios, a Figura 6 o contrapiso finalizado, o qual foi inserido sobre o material resiliente na câmara e a Figura 7 a visualização do esquema de camadas entre a laje, o contrapiso flutuante e o contrapiso.

Figura 5 – Posicionamento da laje acabada sobre a câmara



Fonte - Laboratório de Estruturas da UNIFEI (2024)

Figura 6 – Posicionamento da laje acabada sobre a câmara



Fonte - Laboratório de Estruturas da UNIFEI (2024)

Figura 7 – Posicionamento do contrapiso e esquema de camadas



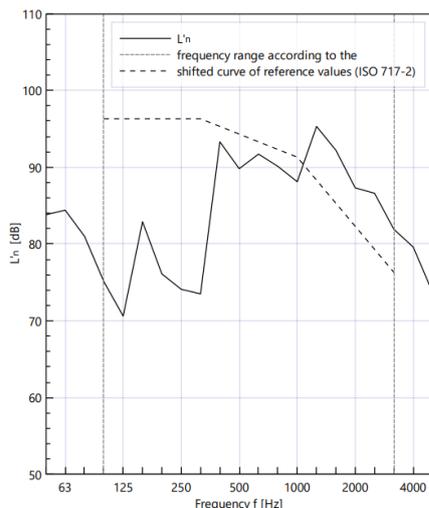
Fonte - Laboratório de Estruturas da UNIFEI (2024)

Visualização dos resultados do ensaio: a análise do conjunto de ensaios será feita com base na representação

gráfica da curva de desempenho para dois cenários – com e sem a aplicação do contrapiso flutuante.

O Gráfico 1 ilustra os resultados obtidos do nível de pressão sonora, para cada frequência, no interior da câmara sem a aplicação do sistema de contrapiso flutuante.

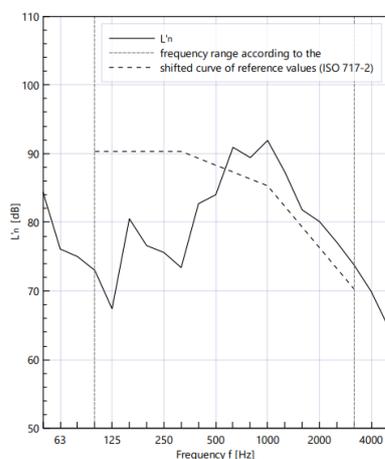
Gráfico 1 – Nível de pressão de pressão sonora no interior da câmara versus frequência do sistema sem aplicação de contrapiso flutuante



Fonte – Software XL2, NTI (2024)

Quanto aos resultados obtidos do nível de pressão sonora no interior da câmara com a aplicação efetiva do contrapiso flutuante, esses estão representados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Nível de pressão de pressão sonora no interior da câmara versus frequência do sistema com aplicação de contrapiso flutuante



Fonte – Software XL2, NTI (2024)

Conclusões

Na análise dos níveis de pressão sonora, percebe-se que a maior redução no nível de pressão sonora proporcionada pelo material resiliente deu-se na frequência de 1250 Hz, que proporcionou uma redução de 23,3 dB. Quanto à menor diferença, esta obteve um valor de 0,2 dB, em 50 Hz. No entanto, a redução ponderada do nível de pressão sonora global foi de 8 dB, sendo que alguns materiais com o mesmo objetivo no mercado produzem uma diferença de 20 dB. Assim, algumas justificativas para tal valor global ter apresentado baixa significância podem ser apoiadas no fato de a câmara apresentar possíveis defeitos construtivos, como a incompleta vedação de flancos, além de a qualidade do material resiliente testado não possuir qualidade adequada para tanto.

Agradecimentos

Agradeço a realização deste trabalho ao Prof. Paulo pelo convite de pesquisar um tema tão relevante para o mercado da construção civil, ao Eng. Jaime Alves pela coorientação e ensinamentos constantes, à empresa Zeta Lab por apoiar o projeto e patrocinar a confecção da câmara, tornando possível a realização deste trabalho. Além desses, gostaria de agradecer profundamente à UNIFEI, de modo geral, por propiciar um ambiente acadêmico fomentador da ciência e pela oportunidade de exercer o pensamento científico com o auxílio de bolsa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO 717-2:2020 - Acústica - Classificação de isolamento acústico em edificações e elementos de edificações - Parte 2: Isolamento a ruído de impacto**. Rio de Janeiro. 2020.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle o ruído**. São Paulo: Blucher, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **EN ISO 10140-3:2021 – Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 4: Measurement procedures and requirements**. Bruxelas, Bélgica. 2021.

PEDROSO, Miguel Angelo Teixeira. **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuante quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto**. Santa Maria: UFSM, 2007, 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, 2007.