

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE IMPACTO APLICADOS EM REVESTIMENTOS RESILIENTES DE PISOS

Davi Teixeira de Sousa, sousadavi10@gmail.com¹
Gerardo Alves Braga Neto, gerardo-nogueira@hotmail.com¹
Murilo Ribeiro Cardoso, murilo@ufpa.br¹
Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br¹
André Luiz Amarante Mesquita, andream@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Correa, 01, Guamá, CEP 66075-110

Resumo: A poluição sonora é um problema recorrente na vida das pessoas que moram nas zonas urbanas, em especial àquelas que residem em condomínios verticais, visto que a população urbana cresce cada vez mais e ficam cada vez mais expostas. Em um olhar mais próximo, identifica-se que a transmissão de ruído de impacto (provocado por queda de objetos, arrastamento de móveis, passos, pulos etc.), pelo sistema de pisos de edificações habitacionais verticais, é um problema real e cada vez mais analisado por diversas metodologias e tecnologias a fim de se obter ambientes mais confortáveis para os usuários. Revestimentos com pisos flexíveis (macios, resilientes ou ainda elásticos) tais como o carpete, pisos vinílicos, emborrachados, de PVC, entre outros, podem ser usados para o controle do ruído de impacto, pois possuem as vantagens de ter um custo potencialmente baixo, fácil instalação e, principalmente, possuem um bom desempenho de isolamento acústico. Desta forma, este artigo tem como objetivo geral analisar os resultados de isolamento de ruído de impacto de revestimentos resilientes de pisos por meio de método alternativo de medição de nível de ruído proposto por Baruch et al., que utiliza uma caixa acústica composta por materiais isolantes e absorvedores para isolamento do ruído aéreo, o que permite apenas a medição do ruído de impacto gerado por uma tapping machine. Os resultados são comparados com a metodologia tradicional de laboratório de acordo com ISO 10.140-1 e com a metodologia proposta pela norma 16251-1, a qual utiliza uma bancada de pequenas dimensões em modelo de laje de concreto com medições de vibração em vez de medições acústicas.

Palavras-chave: Ruído de impacto, revestimentos resilientes de piso, ISO 10140-1, ISO 16251-1.

1. INTRODUÇÃO

A poluição sonora é um problema recorrente na vida das pessoas que moram nas zonas urbanas, em especial àquelas que residem em condomínios verticais, visto que a população urbana cresce cada vez mais e ficam cada vez mais expostas. O IBGE (2016) em sua última publicação da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) completa, que 84,75% da população brasileira reside em zona urbana, com destaque para a região Sudeste com 93,14% residindo na área urbana.

Estudos em cidades brasileiras destacam o crescimento do ruído urbano, como por exemplo, em Uberaba (MG), em estudo feito por Barbosa et al (2020), demonstrou que todos os locais analisados ultrapassaram os limites estabelecidos por Normas. Outro estudo feito no interior de São Paulo, Rio Claro, demonstrou com uma metodologia de cruzamento de dados entre ruído e entrevistas populacionais, o quanto o ruído urbano impacta no indivíduo (Bressane et al., 2016). Isto acontece, pois, a intensidade do tráfego urbano tende a aumentar em cada ano que passa. Para demonstrar a importância do estudo, a Organização Mundial da Saúde considera a poluição sonora como um problema de saúde pública. Aliado a esses dados, possíveis danos à saúde humana podem estar surgindo devido ao aumento do ruído urbano. Distúrbios de saúde podem acometer as pessoas, se expostas ao ruído urbano, inclusive durante o sono, e isto se deve a alterações do funcionamento do corpo humano, dentre eles o aumento da produção de hormônios, contrações dos vasos sanguíneos, distúrbios do sono, dentre outras. Caso isso se prolongue no decorrer do tempo, pode ocorrer persistência dos sintomas e afetar a saúde global do indivíduo (Basner et al, 2013).

Desta forma, quando observamos em mais detalhes nas edificações verticais, a poluição sonora destaca-se como um problema na convivência entre as pessoas, seja por fontes de ruído internas (tais como televisões, conversas, festas, dentre outros na própria edificação), ou externas a edificação (tráfego urbano, aeronaves, buzinas etc.), quando somadas podem causar grandes desconfortos. Dentre estes podemos destacar o ruído de impacto que, segundo conceitos e normas técnicas (Brasil, 2021), o ruído de impacto é aquele que possui picos de energia acústica em duração inferior a 1 segundo, com intervalos entre eles maior de 1 segundo.

Em um olhar mais próximo, identifica-se que a transmissão de ruído sonoro pelo sistema de pisos de edificações habitacionais, em especial às verticais, são um problema real e cada vez mais analisado por diversas metodologias e tecnologias a fim de se obter ambientes mais confortáveis para os usuários (Ermann, 2015; Mehta *et al.*, 1999). A Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 15.575-3 (ABNT, 2021) estabelece os requisitos e os critérios de desempenho que este sistema de pisos deve ter a fim de trazer conforto aos usuários; porém o método é dificultoso e, por muitas vezes, oneroso. Diversos materiais podem ser utilizados a fim de buscar a melhor isolamento acústica nas edificações, e produtos verdes também tem sido objeto de estudo, além dos já tradicionalmente comerciais.

Desta forma, após a apresentação das informações quanto a relevância do tema e a necessidade de aprofundar cada vez mais o assunto, este artigo se faz relevante tendo como objetivo geral analisar os resultados de isolamento de ruído de impacto de revestimentos resilientes de pisos por meio de método alternativo de medição de nível de ruído proposto por Baruch *et al.* (2018), que utiliza uma caixa acústica composta por materiais isolantes e absorvedores para isolamento do ruído aéreo, o que permite apenas a medição do ruído de impacto gerado por uma *tapping machine*, e comparar com os resultados obtidos com a metodologia tradicional de laboratório de acordo com ISO 10.140-1 e com a metodologia proposta pela norma 16251-1, a qual utiliza uma bancada de pequenas dimensões em modelo de laje de concreto com medições de vibração em vez de medições acústicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo apresenta a medição de níveis de ruído, buscando analisar a utilização de material granulado de pneus reciclados aglomerado com poliuretano, com base no método de medição alternativo proposto por Baruch *et al.* (2018), tendo os resultados comparados com a metodologia tradicional de laboratório de acordo com ISO 10.140-1 e com a metodologia proposta pela norma 16251-1, a qual utiliza uma bancada de pequenas dimensões em modelo de laje de concreto com medições de vibração em vez de medições acústicas.

O método de medição proposto por Baruch *et al.* (2018) baseia-se na construção de uma caixa isoladora de ruído que tenha a capacidade de analisar apenas o ruído emitido pela vibração produzida pelo equipamento (*tapping machine*) que gera a excitação de impacto. A construção desta caixa deu-se com a utilização de madeira compensada comercial em configurações variáveis, indo de espessuras de 15 e 20 mm, gesso tipo *dry-wall* standard de espessura 12,5 mm e lã de pet entre o compensado e a placa de gesso. A partir de então, montou-se a o modelo proposto da caixa acústica, sendo composta de três estruturas principais: a base, as laterais e a tampa. Desta forma, conforme Fig. 1, tem-se imagens da caixa acústica isoladora construída após todo o processo de construção, seguindo metodologia contida em Baruch *et al.* (2018).

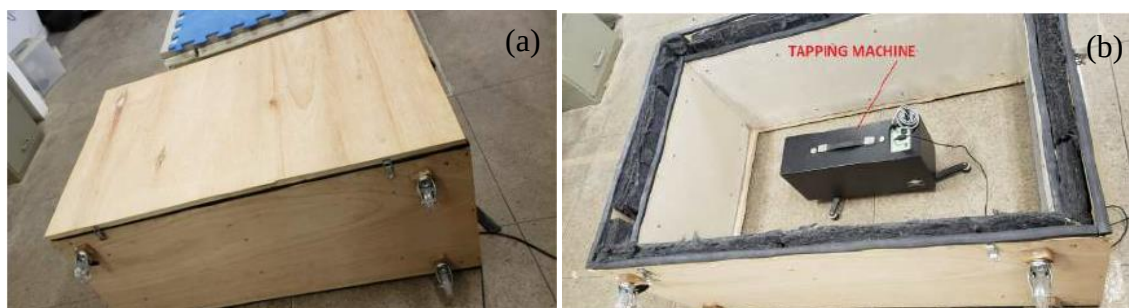


Figura 1 – Caixa acústica isoladora: (a) fechada, (b) aberta.

Para aplicação deste método, fez-se a medição com 2 posições da *tapping machine* diferentes e 4 posições de microfones diferentes em cada uma delas, obedecendo os métodos apresentados também na norma ISO 10.140 (2021). Para isto, deve-se seguir distâncias mínimas de posicionamento exigidos pela norma, que são: 0,7 m entre as posições de microfones; 0,7 m entre qualquer posição de microfone e os limites da sala; 0,7 m entre qualquer posição de microfone e qualquer difusor; 1,0 m entre qualquer posição de microfone e amostra; e 1,0 m entre qualquer posição de microfone e fonte sonora.

Para análise dos resultados, as medições devem ocorrer da seguinte forma, em todas com a *tapping machine* ligada: (1) com a caixa aberta, sem amostra; (2) com a caixa fechada, sem a amostra; (3) com a caixa aberta, com a amostra utilizada; e (4) com a caixa fechada, com a amostra utilizada. Após estes passos, posicionam-se os microfones e nas posições determinadas e iniciam-se as medições.

Para este estudo, foi utilizada amostra de piso de material granulado de pneus reciclados aglomerado com poliuretano, na espessura 16mm, conforme Fig. 2. Essa amostra foi usada no cálculo de redução de ruído de impacto seguindo metodologia descrita no estudo de Baruch *et al.* (2018) e comparadas com resultados de uma bancada de testes desenvolvida seguindo os direcionamentos da norma ISO 16251-1 (ISO, 2014) e resultados do método tradicional de isolamento de ruído de impacto descrito na Norma ISO 10140-1 (ISO, 2021).



Figura 2 – Amostra de material granulado de pneus reciclados aglomerado com poliuretano de espessura 16mm

Os resultados de isolamento sonoro usando a norma ISO 10140-1 foram obtidos a partir de dados do fabricante da amostra e pelos trabalhos de Siqueira (2016) e Braga Neto (2021). Esses resultados foram obtidos com uma amostra do mesmo material da Fig.2, mas com dimensões de 4,46 m × 4,35 m sobre uma laje de concreto maciça pré-fabricada de 0,12 m de espessura, totalizando 19,401 m² de revestimento de piso. A redução do nível de pressão sonora de impacto (ΔL) foi calculada de acordo com a Eq. (1), na qual se executa o cálculo da subtração do nível normalizado de ruído de impacto sem a amostra de interesse (Ln_0) pelo nível de ruído com o revestimento aplicado sobre a laje (Ln), medidos na sala receptora (inferior).

$$\Delta L = Ln_0 - Ln \quad (1)$$

São também apresentados os valores da curva de isolamento acústico em bancada conforme descrito pela norma ISO 16251-1 (ISO, 2014). Os resultados foram obtidos conforme pesquisa desenvolvida por Braga Neto (2021). Neste estudo, a bancada de concreto utilizada possui dimensões de (120±5) cm x (80±5) cm x (20±1) cm, sendo apoiado por apoios elásticos nos quatro cantos com área inferior a 10x10 cm. Neste método, Braga Neto (2021) seguiu os parâmetros das normas necessárias, aplicando 10 medições no total, a fim de cumprir com a necessidade metodológica normativa de 5 posições de acelerômetro diferentes com 2 posições da *tapping machine*. Esta técnica de análise na bancada é de perda por inserção, sendo necessário medidas diferentes de aceleração: (1) com a bancada sofrendo a excitação sem a amostra ($L_{0;t,a}$); (2) com a bancada sofrendo a excitação com a amostra analisada ($L_{s;t,a}$); e (3) medição da vibração ambiente com a máquina desligada ($L_{b;a}$). Portanto, o nível de isolamento de ruído obtido por Braga Neto (2021) foi dado pelas Eq. (2) e Eq. (3), aplicando-se posteriormente correções necessárias para a vibração do ambiente.

$$\Delta L_{t,a} = L_{0,t,a} - L_{s,t,a} \quad (2)$$

$$\Delta L = \frac{1}{N} \sum t \sum a \Delta L_{t,a} \quad (3)$$

sendo que s está relacionado a amostra estudada, t e a apontam o posicionamento da *tapping machine* e do acelerômetro, respectivamente, variando de 1 ao total utilizado, e N é o número total de medições de nível de aceleração de vibração para cada amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig. 3 apresenta as curvas de ΔL e valores de ΔLw (redução ponderada de nível de pressão sonora de impacto) segundo o método tradicional (ISO 10140-3) e pelo método de Baruch *et al.* (2018) (uso da caixa acústica). De acordo com a Fig. 3 percebe-se uma boa correlação entre os dados, mas, a curva produzida com a caixa acústica permanece abaixo da referência em praticamente toda a faixa de frequência, o que traduz numa diferença de ΔLw de 2 dB. O que mostra que são resultados promissores, devendo a caixa ter alguns ajustes para produzir melhores resultados.

Ao analisar-se os erros em cada frequência na curva de ΔL pelo método de Baruch *et al.* (2018) em relação ao procedimento pela ISO 10140-3, verifica-se um valor máximo ($\delta L_{máx}$) de 15,6 dB e um desvio quadrático médio (DQM) de 6,9 dB como mostra a Fig. 4. Os maiores erros estando em alta frequência, entre 2500 Hz e 3150 Hz.

A Fig. 5 mostra os resultados as curvas de ΔL e valores de ΔLw segundo o método da norma ISO 16251-1 e pelo método de Baruch *et al.* (2018). Novamente as curvas apresentam boa correlação apresentando ΔL crescente com a frequência, mas, novamente a curva obtida com a caixa acústica possui valores de ΔL menores. E neste caso a diferença é ainda maior, o que reflete numa diferença de ΔLw de 3 dB.

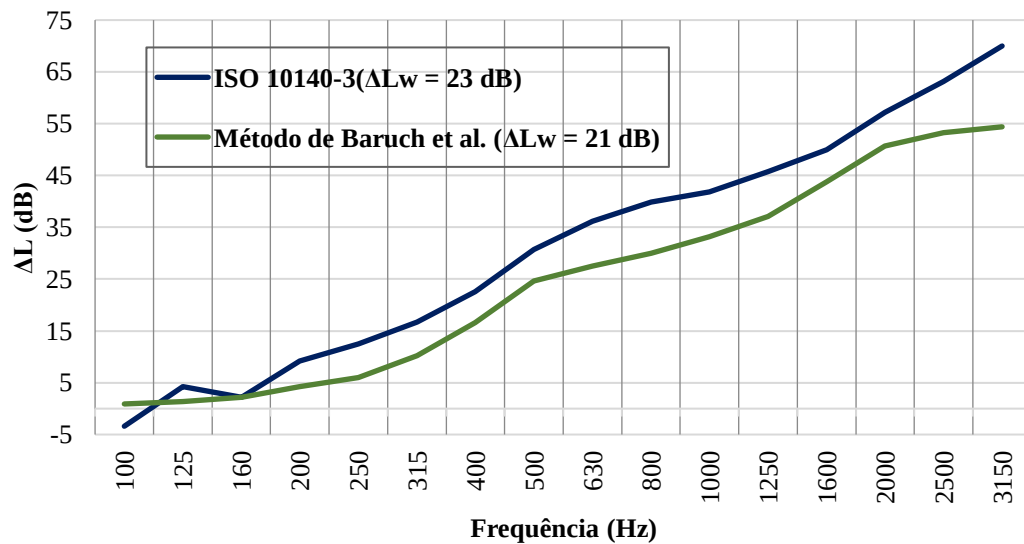


Figura 3 – Curva de ΔL para os Métodos da ISO 10140-3 e Baruch *et al* (2018).

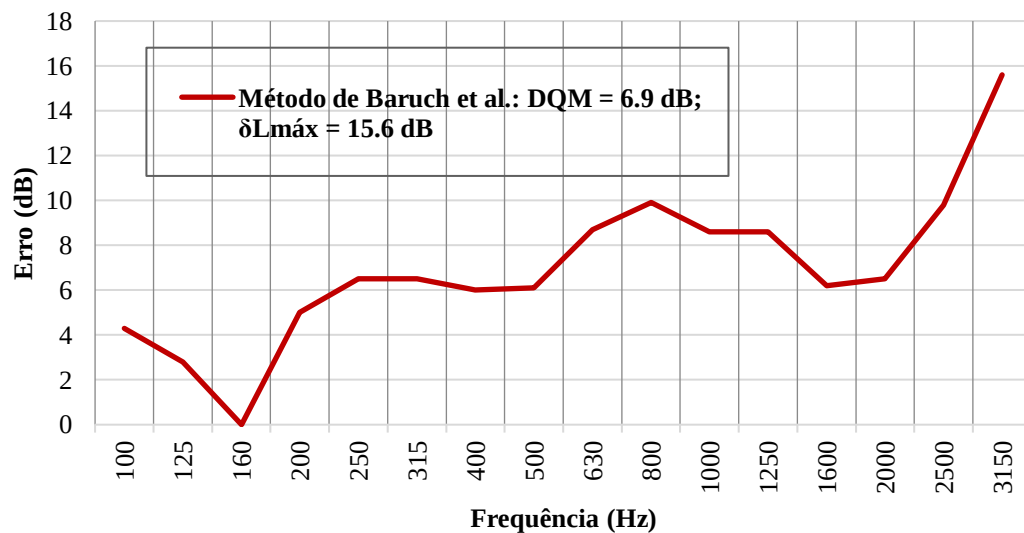


Figura 4 – Erro em frequência da curva de ΔL obtida com método de Baruch *et al.* (2018) em relação a curva obtida com a ISO 10140-3

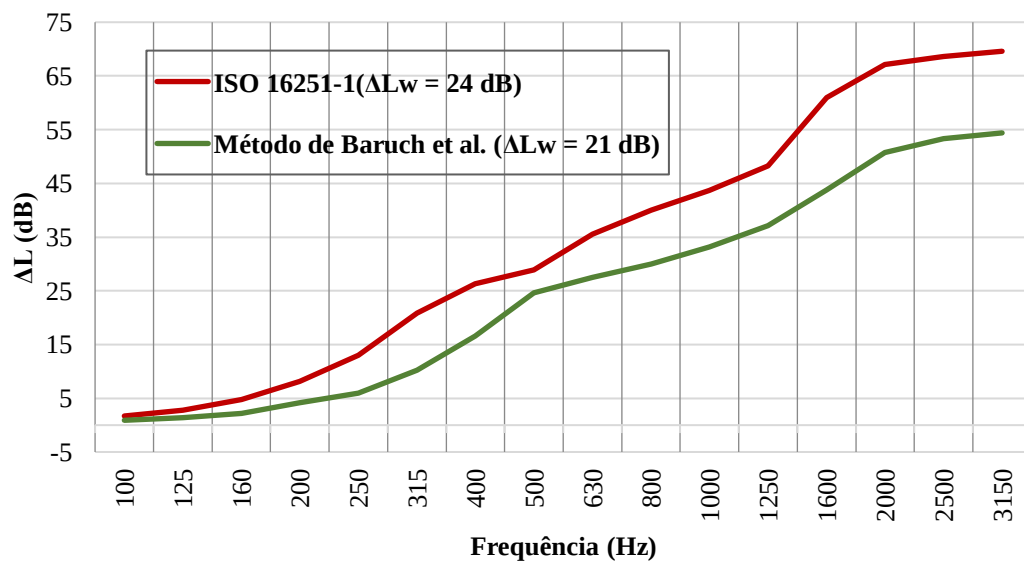


Figura 5 – Curva de ΔL para os Métodos da ISO 16251-1 e Baruch *et al* (2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados verificou-se resultados promissores de determinação de ΔL e ΔL_w utilizando a caixa acústica, no entanto ajustes devem ser realizados para melhoria dos resultados.

Com os resultados aqui apresentados, percebe-se a importância da continuidade do estudo utilizando métodos alternativos de medição de níveis de ruído em pisos, de forma que se busquem metodologias com maior praticidade aliado ao fator de custo reduzido, visto que os resultados demonstram similaridade entre as metodologias abordadas.

Como sugestão de trabalhos futuros, além da melhoria na bancada de caixa acústica, sugere-se aplicar todas as metodologias com novas amostras em diversos ambientes, aumentando a repetitividade e confiabilidade dos resultados a serem alcançados, gerando um grau de confiança maior na aplicação do estudo.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia – PROCAD/Amazônia, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil.

6. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-3**: edificações habitacionais: desempenho: parte 3: requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2021.
- Barbosa, M. C. R.; Gothelf, G. W.; Carvalho, L. A.; Prata, M. S. Avaliação de ruído ambiental da região central da cidade de Uberaba – MG. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, [S. l.], v. 9, p. 80–95, 2020. DOI: 10.24302/sma.v9i0.2456. Disponível em: <<http://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/2456>>. Acesso em: 2 dez. 2021.
- Baruch, K.; Szela, A.; Rubacha, J.; Hailon, K. An engineering method to measure the impact sound reduction due to soft coverings on heavyweight floors. Elsevier, v. 142, p. 18 – 28, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X18301-956?via>>. Acesso em: 17 set. 2021.
- Basner, Mathias; Babisch, Wolfgang; Davis, Adrian, et al. **Auditory and non-auditory effects of noise on health**. The Lancet, Reino Unido, v.383, n.9925, p. 1325 – 1332, Abril, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3988259/>>. Acesso em 17 nov. 2021.
- Bistafa, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 3ed. São Paulo: Blucher, 2018.
- Braga Neto, G. A. N. **Determinação da Isolação Sonora por meio de Método Alternativo de Vibração**: comparação com método tradicional e aplicação de pisos flutuantes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará. Belém, 108 p. 2021.
- Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n. 15**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>>. Acesso em 21 nov. 2021.
- Bressane, A.; Mochizuki, P. S.; Caram, R. M.; Roveda, J. A. F. A system for evaluating the impact of noise pollution on the population's health. Cadernos de Saúde Pública, v. 32, n. 5, p. 10-15, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00021215>>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- Ermann, M. **Architectural Acoustics Illustrated**. Alemanha: Wiley, 2015.
- IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios**: síntese de indicadores. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=298887>>. Acesso em 18 nov. 2021.
- International Standard Organization. **ISO 10140-3**: Acoustics: laboratory measurement of sound insulation of building elements: part 3: measurement of impact sound insulation. Bruxelas, 2010.
- International Standard Organization. **ISO 16251-1**: Acoustics: laboratory measurement of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a small floor mock-up: part 1: heavyweight compact floor. Bruxelas, 2014.
- International Standard Organization. **ISO 10140-1**: Acoustics: laboratory measurement of sound insulation of building elements: part 1: application rules for specific products. Bruxelas, 2021.
- Mehta, M.; Rocafort, J.; Johnson, J. A. **Architectural Acoustics**: Principles and Design. Reino Unido: Prentice Hall, 1999.
- Siqueira, A. N. P. **Análise do desempenho acústico de pisos flutuantes**: uso de camada resiliente à base de pneus reciclados. São Leopoldo, 2018. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Vale do Rio Sinos, São Leopoldo, 2018.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

COMPARATIVE ANALYSIS OF IMPACT NOISE MEASUREMENT METHODS APPLIED IN RESILIENT FLOOR COATINGS

Davi Teixeira de Sousa, sousadavi10@gmail.com¹

Gerardo Alves Braga Neto, gerardo-nogueira@hotmail.com¹

Murilo Ribeiro Cardoso, murilo@ufpa.br¹

Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br¹

André Luiz Amarante Mesquita, andream@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Correa, 01, Guamá, CEP 66075-110

Abstract. Noise pollution is a recurring problem in the lives of people who live in urban areas, especially those who live in vertical condominiums, as the urban population grows more and more and are increasingly exposed. When we look in more detail at vertical buildings, noise pollution stands out as a problem in the coexistence between people, whether due to internal noise sources (such as televisions, conversations, parties, among others in the building itself) or external to the building (urban traffic, aircraft, horns, etc.), when added together, can cause great discomfort. At a closer look, it is identified that the transmission of impact noise (caused by falling objects, furniture being dragged, steps, jumping, etc.) analyzed by different methodologies and technologies in order to obtain more comfortable environments for users. Coatings with flexible floors (soft, resilient or even elastic) such as carpet, vinyl, rubber and PVC floors, among others, can be used to control impact noise, as they have the advantages of having a potentially low cost, easy installation and, above all, they have good sound insulation performance. Thus, this article has the general objective of analyzing the results of impact noise insulation of resilient floor coverings by means of an alternative method of measuring the noise level proposed by Baruch et al., which uses an acoustic box composed of insulating materials. and absorbers for airborne noise isolation, which allows only the measurement of impact noise generated by a tapping machine. The results are compared with the traditional laboratory methodology according to ISO 10140-1 and with the methodology proposed by the standard 16251-1, which uses a small bench in a concrete slab model with vibration measurements instead of measurements. acoustics.

Keywords: Impact noise, resilient floor coverings, ISO 10140-1, ISO 16251-1.