



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Estudo de soluções para o isolamento de ruído de impacto gerado nas academias de edifícios multifamiliares

Luz, J.L.¹; Rivera, L.M.²; Schmitt, R.³; Freitas, A.R.⁴; Marquez, J.C.⁵

^{1,3,4,5} Scala Acústica, Blumenau, SC, Brasil, {jean, rafael, andrew, julio}@scaladb.com.br

^{2} Engenharia Aeroespacial, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil, larissa_martins95@hotmail.com

Resumo

A falta de espaço para se construir é um fenômeno que vem ocorrendo em grandes cidades. Com isso, edifícios multifamiliares são a grande solução para este acontecimento. Nestes empreendimentos, uma das formas de agregar valor é implementar áreas de uso coletivo para os moradores usufruírem. Como exemplo, podemos citar as academias que, por sua vez, proporcionam aos praticantes de atividades físicas a vantagem de não precisar se deslocar externamente para prática de exercícios. Porém, academias em edifícios residenciais acabam exigindo muita atenção quando o assunto é Acústica, pois caso não haja projeto acústico específico, existe a possibilidade de ocorrer reclamações de moradores pelo uso destes ambientes. Corrida em esteiras, uso de equipamentos articulados, solturas de halteres e *kettlebell*, costumam ser as fontes de ruído causadoras de incômodos. Atualmente, este tipo de ruído está sendo avaliado de forma não padronizada conforme procedimentos e descritores estabelecidos na norma ABNT NBR 10152:2017 [1] (níveis máximos L_{ASmax}). Pela atual redação vigente da norma de desempenho ABNT NBR 15575-3:2021 [2], as avaliações de ruído de impacto em piso utilizam a fonte padronizada máquina de impacto que simula o sapatear/caminhar de pessoas, porém este tipo de fonte não representa em termos práticos os impactos originados pela soltura de pesos em ambientes de academia, por exemplo. Este artigo apresenta o estudo feito, por meio de ensaio acústico padronizado, que tem como objetivo trazer soluções que proporcionam um isolamento acústico destes ambientes, utilizando materiais comercialmente fornecidos. Para garantir a execução das medições e a confiabilidade dos resultados, foi padronizada a geração deste ruído de impacto, causado pelas quedas livres de peso. Para tal, foi utilizado um peso padrão (*kettlebell*) como a fonte do impacto, o mesmo é identificado como uma das principais fontes de impacto em situações reais dentro das academias de edifícios residenciais. Definida a padronização da fonte geradora de ruído, o próximo passo foi montar o sistema real onde os pesos caíam e qual material seria utilizado para compor o sistema de isolamento proposto. Os materiais foram fornecidos por fabricantes internacionais e nacionais, que consistiam em mantas emborrachadas, molas helicoidais, mantas de polietileno expandido e de fibra de poliéster, *pads* de poliuretano de células mistas (PU), variando as suas espessuras e configurações. Para análise de resultados e conclusão de um isolamento eficiente ou não, inicialmente houve o ensaio com o sistema sem nenhum isolamento. Os ensaios foram realizados em um pavimento de um edifício em construção, localizado na cidade de Blumenau-SC. O ambiente de emissão do ruído estava situado um certo pavimento do empreendimento, e após 3 solturas para cada amostra do sistema foi possível fazer as coletas dos níveis máximos (L_{ASmax}), coletas que, para avaliação do ruído de impacto ascendente e descendente, foram realizadas no ambiente diretamente abaixo e acima do ambiente emissor. Os resultados coletados foram satisfatórios, uma vez que esses



materiais já são utilizados para isolar outras fontes de ruído de impacto em outros casos, o ensaio mostrou que, para o quadro real escolhido e a combinação de materiais e suas configurações, de acordo com os fornecedores, bem como toda a estruturação do ensaio proposto, é possível alcançar níveis de reduções sonoras que proporcionam conforto acústico às unidades habitacionais.

Palavras-chave: ruído, impacto, academia, isolamento, máquina de impacto.

PACS: 43.40.At, 43.40.Kd, 43.50.Gf, 43.50.Pn, 43.55.Br, 43.55.Dt.

Study of solutions for the isolation of impact noise generated in gyms in multifamily buildings. **Abstract**

As an example, we can mention the gyms, that provide practitioners of physical activities the benefit of not having to travel externally to practice exercises. However, gyms in residential buildings end up demanding a lot of attention when it comes to acoustics, because if there is no specific acoustic project, there is the possibility of complaints from residents for the use of these places. Treadmill running, use of articulated equipment, dumbbell and kettlebell drop, are often the sources of noise that cause disturbance. Currently, this type of noise is being evaluated in a non-standardized way according to procedures and descriptors established in the norm ABNT NBR 10.152:2017 [1] (maximum L_{ASmax} levels). By the current wording of the performance norm ABNT NBR 15.575:2021, floor impact noise assessments use the tapping machine standardized source that simulates people tapping/walking, however, this type of source does not represent, in practical terms, the impacts caused by the release of weights in gyms. This article presents the study realized through standardized acoustic testing which aims to bring solutions that provide acoustic isolation in these places, using commercially supplied materials. To ensure the execution of measurements and reliability of the results, the generation of this impact noise was standardized, caused by weight-free falls. To this end, a standard weight (kettlebell) was used as the source of the impact, which is identified as one of the main sources of impact in real situations within the gyms of residential buildings. Defining the standardization of the noise generating source, the next step was to assemble the real system where the weights would fall and what material would be used to compose the proposed isolation system. The materials were provided by international and national manufacturers, which consisted of rubberized blankets, helical spring, expanded polyethylene and polyester fiber blankets, mixed cell polyurethane pads, varying its thickness and settings. For analysis of results and conclusion of an efficient isolation or not, initially there was a test with the system without any isolation. The tests have been performed on the floor of a building under construction, located in the city of Blumenau-SC. The noise emission was located on a certain floor of the building, and after 6 (six) releases for each sample of the system it was possible to collect the maximum levels (L_{ASmax}), and the samples for the evaluation of the upward and downward impact noise were taken in the area directly below and above the emitting room. The results collected were satisfactory, since these materials are already used to isolate other sources of impact noise in other cases. The test showed that, for the actual framework chosen and the combination of materials and their settings, according to the suppliers, as well as the entire structure of the proposed test, it is possible to achieve sound reduction levels that provide acoustic comfort in housing units.

Key words: Noise, impact, gym, isolation, tapping machine

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem surpreendido, ao longo dos anos, com inovações que proporcionam a praticidade e conforto para seus moradores, levando assim a valorização dos empreendimentos. Grande parte das construtoras vêm apostando em áreas de convívio social, como piscinas, academias, salão de jogos e quadras esportivas, seja para uma nova construção ou uma reforma do ambiente existente [3].

Nos últimos anos as procuras por academias na região onde procuram morar ou moram vem aumentando significativamente, fator que contribuiu diretamente para tais investimentos dentro de edifícios multifamiliares. As academias em prédios se tornaram uma tendência no mercado imobiliário. Para conseguir o melhor aproveitamento dos edifícios e sem precisar aumentar a área prevista ou já construída é possível notar a verticalização de ambientes, situando-os no mesmo bloco dos apartamentos, realidade que já acompanha os condomínios de grandes cidades. Esse crescimento tem colocado os problemas de desempenho acústico em evidência, principalmente os relacionados ao ruído de impacto nos pisos, o que gera desconforto e conflitos na convivência entre vizinhos de unidades autônomas sobrepostas [4,5].

O ruído de impacto está vinculado a sons altos e com uma duração curta. A queda dos pesos dentro de academias gera o ruído de impacto. Os impactos são vibrações que se difundem pelas estruturas do edifício e quando geradas nos pisos, se propagam nos elementos intrínsecos ao piso. Em edificações residenciais, construídas com vigas de aço ou concreto a transmissibilidade do som por meio das vigas e lajes é favorecida em toda a estrutura [6,7]

A energia sonora procura as trajetórias mais fáceis de propagação assim como elementos dissipadores, como por exemplo os elementos no estado de ressonância. De acordo com Samir, (2000) a transmissão do ruído de impacto em prédios é dependente de vários

fatores que levam a laje a vibrar, o que permite a transmissão do ruído ao ambiente inferior, ou até mesmo a amplificação do ruído que foi gerado no andar superior.

Os ruídos de impacto que são produzidos na superfície do revestimento podem ser reduzidos em função da transmissão da energia sonora de um andar para o outro, quando usadas estratégias específicas que contribuam com a atenuação da propagação dessa energia. O isolamento acústico do ruído de impacto em edifícios com múltiplos pavimentos que estão na fase de execução das obras, pode ser feito por piso flutuante que consiste basicamente na introdução de material resiliente entre a laje estrutural e o contrapiso. Para edifícios já construídos é possível realizar o mesmo sistema de desconexão, ou facilmente fazer a combinação com mantas resilientes de alta densidade com um piso emborrachado. Com tais procedimentos, é possível alcançar uma redução significativa dos ruídos de impacto na superfície, causados pelas quedas dos pesos, especificamente os halteres e *kettlebell* [5,8].

O contrapiso e todas as cargas podem ser classificados como massa e essas ficam montadas sobre um material resiliente, que podem ser classificados como mola, e funcionando como um sistema massa-mola, cuja a frequência primária de ressonância está abaixo da frequência mínima de excitação. [3] Os materiais resilientes usados em um piso flutuante podem ser mantas, painéis ou pads elásticos de baixa ou alta densidade para que a energia da percussão possa se transformar em deformação física do material, e não em energia sonora, como revestimentos rígidos de pisos [9].

Pensando em melhorar as condições de aproveitamento do ambiente e que esse aproveitamento, para empreendimentos concluídos ou em fase de execução, não cause incômodos aos moradores, este artigo propôs também um estudo de soluções que, em tese, proporcionam uma atenuação dos ruídos indesejados por meio de uma desconexão de pisos entre os andares, e também a abordagem de um novo padrão avaliativo para a aferição dessa atenuação.



A fonte de ruídos padronizados para o ensaio de ruído em impacto, é determinada pela ISO 16283-2:2021 [10], no qual é a máquina de impactos. Para essa pesquisa, a utilização da máquina de impactos não permitiria a emissão do ruído semelhante à queda do peso em um determinado instante de tempo, uma vez que a mesma provoca uma excitação constante na superfície, causada por martelletes, por um curto período de tempo. Sendo assim, este estudo propôs uma padronização para os ensaios, permitindo que o mesmo possa ser reproduzido em ensaios posteriores e sem variações de resultados, e que possibilite as coletas de resultados para o L_{asmax} das amostras ensaiadas a partir de um único impacto na superfície.

A padronização proposta consiste na fixação do valor da carga, altura de queda, na geometria do objeto que seria solto, e na forma como ele será solto no chão. A soltura do peso por uma pessoa implicaria em uma análise de como ela seguraria o mesmo e como o mesmo seria solto, fatores que podem provocar variações de resultados, por esse motivo a geometria escolhida que representa o peso foi a do *kettlebell* e o sistema que solta os pesos foi automatizado, deixando-o insuscetível a interferência humana. O sistema de soltura do peso será descrito ao longo do artigo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Méndez et al. (1994, p. 129-130), “O conceito que se tem de ruído de impacto (som transmitido num meio sólido) é o de um som gerado por uma excitação mecânica de curta duração.” Ferraz (2008, p. 11) afirmou que o impacto é resultado de uma excitação de curta duração podendo ser repetitivo, mas normalmente não periódico. Sons gerados por pisadas, pessoas dançando ou pulando, arrastando móveis, batendo porta, e quedas de objetos são considerados exemplos de ruído de impacto em edificações [11,12].

Para a escolha de uma fonte padronizada de ruídos de impacto a fim de realizar ensaios de ruído, a máquina de impacto foi a que mais se adequou. De acordo com Ferraz (2008, p. 2) a

máquina de ruído de impacto padrão, a qual reproduz ruídos com níveis de referência para avaliar os ruídos comumente encontrados em edificações de múltiplos pavimentos, como o caminhar de pessoas e a queda de objetos sobre o piso [12,13].

Além disso, os primeiros estudos significativos sobre o assunto incluindo uma referência para a comunidade científica datam do final dos anos 1970 e início dos anos 1980, escritos pelo pesquisador alemão Eddy Gerretsen, no qual ele critica a metodologia adotada pela comunidade para a avaliação do nível de isolamento de ruído de impacto nas lajes. Em seu trabalho “*A New System for Assessment Impact Insulation*” (1976) o autor comparou, com base na experiência prática, o método usual utilizado pela máquina de impacto para avaliar o ruído estrutural em relação a outras possíveis fontes de ruído de impacto, como por exemplo pessoas andando. O pesquisador, no final de seu trabalho, chegou a conclusão que a máquina de impacto proposta pela ISO é a melhor opção encontrada para a avaliação do ruído de impacto em residências, pois o método se adapta melhor ao cotidiano e também aponta que a utilização de equipamentos que emitem o andar humano não é necessário e nem desejável, pois pode produzir níveis de ruído mais baixos, podendo até ser danoso para testes em situações onde o ruído de fundo é muito alto [14].

Porém, os ruídos emitidos em uma academia residencial, não são da mesma intensidade sonora dos que são provindos de unidades habitacionais. Tendo em vista que em academias, a predominância de impactos sonoros são provenientes do uso de equipamentos articulados, queda de halteres, corrida em esteiras, entre outros, que por sua vez, alcançam uma energia sonora superior a de situações que ocorrem em apartamentos residenciais, quedas de pequenos objetos e o caminhar de pessoas.

Em vista disto, a Nota do item 12.3.1 da NBR 15575-3:2021 [2], recomenda que seja realizado estudos mais específicos para os ruídos de impactos gerados em ambientes de

academias, crossfit e similares, como queda de pesos de equipamentos de musculação, não podem ser analisados da mesma forma que se avalia o isolamento ao ruído de impacto para o caminhar, quedas de objetos. Uma vez que a Norma de Desempenho utiliza para determinar o nível de isolamento a ruídos de impacto em sistemas de piso, a máquina de impactos como fonte sonora, no qual simula o espectro sonoro semelhante ao tipo de ruído comumente em apartamentos residenciais, que não seria a situação de uma academia residencial.

Por este motivo, quando consultores acústico se deparam com reclamações envolvendo academias residenciais gerando incômodos nas unidades habitacionais do próprio empreendimento, acabam utilizando os parâmetros e metodologias da NBR 10152:2017 [1], no qual, apresenta valores de referência que estabelecem o nível de pressão sonora adequado para determinados tipos de ambientes.

Salas de estar e dormitórios são os ambientes com maior peso na avaliação em casos onde há queixa dos moradores, decorrentes da percepção de ruídos que são emitidos de academias no mesmo conjunto habitacional. A NBR 10152:2017 estabelece valores de referência para o L_{ASmax} (RL_{ASmax}) para determinados ambientes, dentre eles são apresentados os dormitórios e salas de estar. O valor medido de RL_{ASmax} para dormitório deve ser menor ou igual a 40 dB, e para salas de estar o requisito possui uma restrição menor, sendo o valor medido de L_{ASmax} deve ser menor ou igual a 45 dB, adotando-se para ambas situações uma tolerância de 5 dB quando for resultado de medição [1].

A NBR 10152:2017 também estabelece padrões de como realizar as medições no ambiente receptor. No entanto, não determina uma fonte sonora para a realização dos ensaios. Tendo em vista que é para ser utilizado o próprio ruído que está gerando incômodo.

Por este motivo, quando um consultor acústico é acionado para avaliar uma situação de academia gerando ruídos perceptíveis em

unidades habitacionais, o equipamento emissor acaba ficando ao seu critério, ou seja, não há uma padronização na metodologia deste tipo de avaliação. As situações que são mais comuns de serem simuladas são as de corridas em esteiras, uso de equipamentos articulados e solturas de halteres, *kettlebell* e barras, no qual, o peso, tipo, tempo e outros parâmetros de emissão, ficam a critério de quem realizará o ensaio.

Além disso, é comum algumas construtoras, incorporadoras e projetistas não darem a devida importância para situações de academias que estão localizadas em um pavimento térreo, a qual dispõe de pavimentos tipo diretamente acima do ambiente emissor, e acabam construindo-a sem nenhum tipo de isolamento acústico para o ruído de impacto, pois subentende-se que, por não haver quartos ou salas residenciais diretamente abaixo da academia, não ocorrerá incômodos de percepção sonora do uso deste ambiente. No entanto, tal pensamento não condiz com a realidade, dado que o ruído de impacto se transmite estruturalmente, e, se não houver nenhuma intervenção acústica, ele será transmitido por toda a estrutura e percorrerá os ambientes ascendentes.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma proposta de metodologia padronizada para a avaliação acústica em situações onde uma academia residencial está gerando ruídos perceptíveis nas unidades habitacionais do próprio empreendimento, sendo esses ambientes localizados abaixo ou acima das academias.

3. DESENVOLVIMENTO

A realização dos ensaios foi em um empreendimento localizado em Blumenau-SC, o qual possui uma academia de 84,18 m³ no pavimento térreo que serviu como ambiente de emissão. Para os pontos receptores foi avaliada a transmissão sonora ascendente e descendente, onde uma sala de estar de 105,74 m³, localizada diretamente acima da academia, foi escolhida para estudar propagação sonora ascendente e para a descendente, diretamente abaixo da academia foi construído um



ambiente de 71,60 m³ provisório onde suas paredes foram compostas por madeirites.

Foram utilizados os seguintes equipamentos para aferição nos ambientes receptores, conforme orientações da ISO 16283-2:2020 : 02 (dois) medidores de nível de pressão sonora, sendo eles o modelo Black Solo, fabricante 01dB, com certificado RBC3-11743-478 e o modelo Fusion, fabricante 01dB, com certificado RBC3-11259-376 [10].

O equipamento escolhido para representar a fonte emissora de som, foi o *kettlebell* (uma esfera de ferro fundido com uma alça), por ser um dos equipamentos mais utilizados em academias, acessível e de fácil manuseio.

Para estabelecer a metodologia de ensaio, foi determinada uma quantidade mínima de 6 (seis) solturas do *kettlebell* a uma altura de 50 cm da superfície do sistema, que variou com a quantidade de amostras dos materiais isolantes. A origem da fabricação desses materiais se divide entre Brasileira e Europeia, e somam o total de 24 (vinte e quatro) amostras. Pensando em garantir uma janela maior de medições, foi estabelecido número total de solturas tornando possível analisar o comportamento das quedas e se ocorrem de forma padronizada. O Quadro 01 apresenta as descrições do que constitui cada amostra.

Nos pontos receptores, foram definidos 3 pontos para o posicionamento do microfone, e realizado 2 medições por ponto, conforme instruções estabelecidas pela NBR 10152:2017 [1].

O sistema de laje se manteve o mesmo para todos os pavimentos, sendo ele: Laje maciça de concreto armado 20 cm (densidade 2500 kg/m³) e contrapiso argamassado 5 cm (densidade 2000 kg/m³). Além disso, manteve-se o mesmo sistema de revestimento de piso, sendo ele: Piso pré-fabricado a partir de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano 15 mm (densidade 1000 kg/m³).

Em determinadas amostras, foi utilizado um sistema simulando um contrapiso após o material de estudo, sendo eles: AM01 até a AM15 um provete de contrapiso argamassado (traço 1:3) 60 x 60 x 5 cm (densidade 2000 kg/m³), AM16 um painel wall 60 x 60 x 4 cm (800 kg/m³) e chapa OSB 0,111 cm (800 kg/m³), AM17 e AM18 duplo painel wall: 60 x 60 x 4 cm (800 kg/m³) e a AM19 até a AM24 foi estudado somente o material descrito.

Quadro 01: Quadro descritivo das amostras.

Amostra	Descrição da amostra
AM01	Não há
AM02	Manta de polietileno expandido: 60 x 60 x 1 cm (densidade 20 kg/m ³)
AM03	Manta de polietileno expandido: 60 x 60 x 0,5 cm (densidade 20 kg/m ³)
AM04	Manta de fibra de poliéster: 60 x 60 x 0,8 cm (densidade 30 kg/m ³)
AM05	Manta ondulada pré-fabricada de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano: 60x60x1,7 cm (densidade 750 kg/m ³)
AM06	Dupla camada de manta ondulada pré-fabricada de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano: 60 x 60 x 1,7 cm (densidade 750 kg/m ³)
AM07	Manta pré-fabricada de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano: 60 x 60 x 3,4 cm (densidade 700 kg/m ³)

AM08	Piso absorvedor pré-fabricado a partir de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano: 60 x 60 x 4 cm (densidade 755 kg/m ³)
AM09	Placa de polietileno expandido: 60 x 60 x 2 cm (densidade 30 kg/m ³) + Poliestireno expandido: 60 x 60 x 1 cm (densidade 10 kg/m ³) com 1 PAD composto por borracha natural (1100 kg/m ³), inserido no centro e de acabamento 1 camada de borracha laminada: 60 x 60 x 0,2 cm (densidade 2000 kg/m ³)
AM10	4 PAD's compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 8 x 8 x 1,25 cm (capacidade de carga 5,5 t/m ²), inserido em cada extremidade do provete
AM11	4 PAD's compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 8,2 x 8,2 x 2,5 cm (capacidade de carga 5,5 t/m ²), inserido em cada extremidade do provete
AM12	4 PAD's compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 4,6 x 4,6 x 2,5 cm (capacidade de carga 22 t/m ²), inserido em cada extremidade do provete
AM13	4 PAD's compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 8,4 x 8,4 x 5 cm (capacidade de carga 5,5 t/m ²), inserido em cada extremidade do provete
AM14	Placa de polietileno expandido: 60 x 60 2,5 cm (20 kg/m ³) com 4 PAD's compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 8,2 x 8,2 x 2,5 cm (capacidade de carga 5,5 t/m ²), inserido em suas extremidades
AM15	Placa de polietileno expandido: 2,5 cm (20 kg/m ³) com 1 PAD compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 8,6 x 8,6 x 2,5 cm (capacidade de carga 22 t/m ²), inserido no seu centro
AM16	4 PAD's compostos por poliuretano microcelular de célula mista: 7,7 x 7,7 x 2,5 cm (capacidade de carga 5,5 t/m ²), inserido em cada extremidade do provete
AM17	4 amortecedores à base de molas helicoidais de aço: Ø 4,5 cm e h= 5,5 cm (rigidez 5,17 kgf/mm), inserido em cada extremidade do provete
AM18	4 amortecedores à base de borrachas naturais: Ø 5 cm e h= 4 cm (rigidez 21,86 kgf/mm), inserido em cada extremidade do provete
AM19	Manta pré-fabricada de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano: 60 x 60x 3,4 cm (densidade 700 kg/m ³)
AM20	Piso absorvedor pré-fabricado a partir de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano: 60 x 60 x 4 cm (densidade 755 kg/m ³)
AM21	Manta de poliuretano microcelular de célula aberta: 60 x 60 x 12,5 cm
AM22	Manta de poliuretano microcelular de célula aberta: 60 x 60 x 2,5 cm
AM23	Manta de poliuretano microcelular de célula aberta: 60 x 60 x 5 cm
AM24	Manta de poliuretano microcelular de célula aberta 60 x 60 x 7,5 cm

Para que os pesos fossem soltos da mesma forma em todo o ensaio, foi proposto um sistema que permitia a soltura dos pesos de

forma que ficasse padronizada sem a possível interferência humana nos resultados. Foi fabricado um pórtico metálico que consistia em



cantoneiras de perfil “L” de Aço 1020 de 50 x 50 x 2 mm nas laterais e a parte superior por um perfil quadrado com Aço 1020 de 5 x 50 x 2 mm a dimensão total do pórtico foi calculada para atender a demanda de variação de altura, e consistia em 1,15 m de altura por 0,9 m de largura, tendo a largura suficiente para a base ficar centralizada entre a estrutura. Para prender o preso foi utilizado uma cinta com sistema de regulagem e um fecho preso do *kettlebell*, que poderia ser solto após pressioná-lo. O sistema de regulagem tornou possível o ajuste para que o peso ficasse 50 cm da superfície.

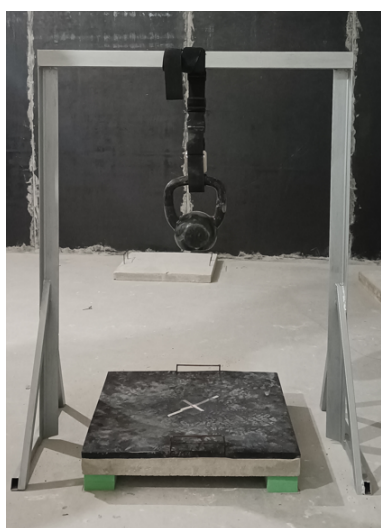


Imagem 01: Estrutura metálica com o sistema de soltura dos pesos. (Fonte: Os autores, 2022)

No mercado, existem diversos modelos de *kettlebell*, variando de acordo com o seu peso, indo de 2 até 70 kg. Para definir qual modelo seria utilizado neste estudo, realizaram-se medições prévias utilizando os sistemas que inicialmente apontavam para o melhor desempenho no âmbito de isolamento acústico, alterando gradativamente o modelo do *kettlebell*, até que fosse possível encontrar o peso que era capaz de emitir sonoramente um ruído em torno de 10 dB a mais que o ruído de fundo no local, mas que também não alcançasse um peso elevado a ponto de interferir na mobilidade e agilidade do ensaio. Com isso, concluiu-se que o modelo que melhor se adequa a essas condições é o *kettlebell* de 10 kg.

A faixa espectral sonora de medição adotada foi em bandas de 1/1 de oitava entre 31,5 Hz a 8 kHz e apesar da NBR 10152:2017 [1] recomendar iniciar em 63 Hz, neste estudo optou-se por incluir a frequência central de 31,5 Hz pois foram observados níveis sonoros significativos nas baixas frequências.

Para análise de dados das medições, foi utilizado o *software dBTrait 6*, tornando possível analisar o histórico espectral das medições coletadas para cada queda dos *kettlebell*, pois no momento da medição foram codificados, para que, no pós processamento dos dados, fosse possível identificar cada ponto de medição, tanto no ambiente inferior, quanto no superior ao ambiente de teste. Após isso, foram extraídos os valores por frequência em banda de terço de oitava (1/3) e em seguida transformados em bandas de oitava (1/1).

A partir disso, obteve-se os valores de L_{ASmax} de todas as amostras, nos quais observaram-se pequenas diferenças nos resultados entre solturas, variando de 1 a 3 dB. Por este motivo, para a escolha de qual valor seria utilizado na análise de resultados, os valores obtidos foram submetidos a um método estatístico chamado Teste de Grubbs.

O Teste de Grubbs é uma análise estatística utilizada para verificar se existem “outliers”, denominados pontos fora da curva ou do conjunto dos dados que foram obtidos. Por meio desse teste é possível encontrar os valores que podem e devem ser desconsiderados na análise. O teste estatístico chamado de (G) consiste em obter a razão da diferença de cada resultado, chamado de (x_i), com a média de todos os resultados ($\bar{x}$) pelo desvio padrão (S). Um valor é considerado outlier quando o “ G ” for maior que o valor crítico ($G_{critico}$) que é tabelado. A curva analisada para significância dos dados é de 95%, e deve ser repetido até não serem encontrados esses pontos que não se enquadram nos resultados [15].

$$G = \frac{[x_i - \bar{x}]}{S} \quad (1)$$

Tendo isso em vista, foi possível verificar a incidência “outliers” dentro do número de

ensaios realizados e partir destes resultados foram escolhidos os maiores valores de L_{ASmax} para serem apresentados neste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das medições, foi possível verificar os valores de L_{ASmax} para cada amostra nos ambientes de recepção descendente e ascendente. Os resultados globais para as amostras descritas anteriormente, estão apresentados no Gráfico 01 e os valores por espectro de frequência (1/1) nos receptores de ruído descendente nos gráficos 02 e 03, e os receptores de ruído ascendente nos gráficos 04 e 05.

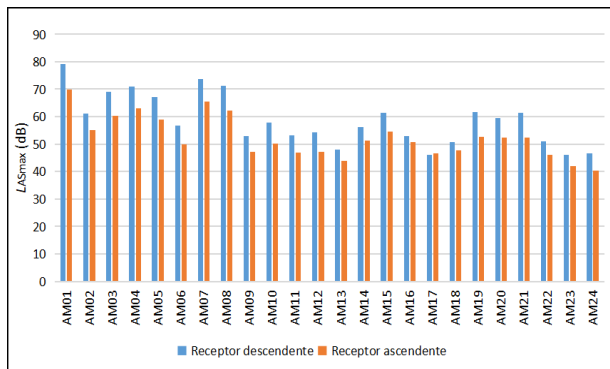


Gráfico 01: Comparação entre valores de L_{ASmax} (dB) por amostra nos ambientes de recepção descendente e ascendente. (Fonte: Os autores, 2022)

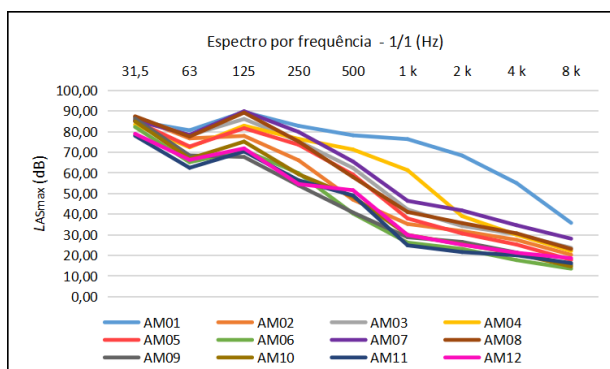


Gráfico 02: Espectro por frequência-Receptor do ruído descendente das amostras AM01 até AM12. (Fonte: Os autores, 2022)

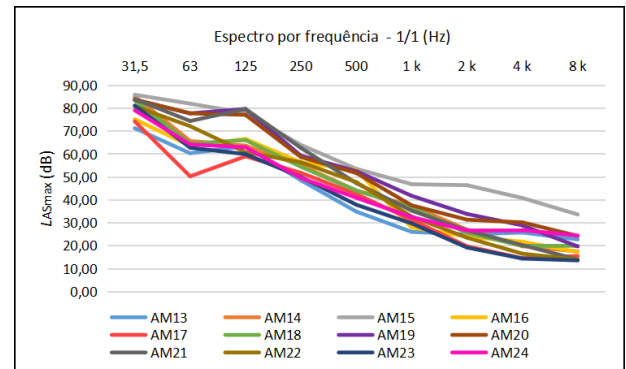


Gráfico 03: Espectro por frequência-Receptor do ruído descendente das amostras AM013 até AM24. (Fonte: Os autores, 2022)

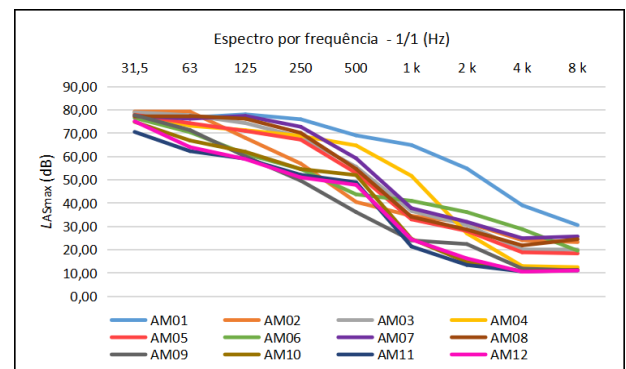


Gráfico 04: Espectro por frequência-Receptor do ruído ascendente das amostras AM01 até AM12. (Fonte: Os autores, 2022)

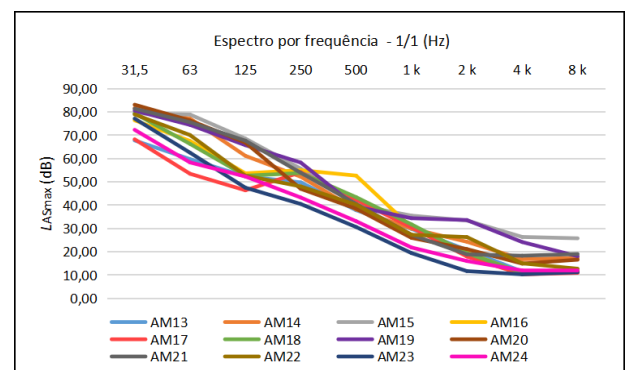


Gráfico 05: Espectro por frequência-Receptor do ruído ascendente das amostras AM013 até AM24. (Fonte: Os autores, 2022)

A partir dos resultados, é possível identificar, de acordo com o sistema de isolamento indicado por cada amostra, a diferença entre níveis sonoros de um ambiente receptor que está acima e um abaixo do ambiente emissor. De acordo com o gráfico 01 a amostra AM01 apresentou um delta de variação dos níveis medidos, de um ambiente para o outro, em torno de 10 dB, sendo a maior diferença medida para as amostras nos



ambientes. A amostra AM17 que indicou a menor variação de valores entre as medições dos ambientes receptores de ruído ascendente e descendente, indicando que o maior valor medido provinha do ambiente receptor superior.

Além disso, através dos valores discriminados por faixa de frequência, é possível notar o comportamento de cada amostra quando submetida a situação de alto impacto.

4.1 - Análise de atenuação sonora das amostras.

Dentre os 24 (vinte e quatro) sistemas analisados, a AM01 foi a amostra que definiu o sistema de referência, sistema no qual não houve nenhum material que proporciona isolamento acústico. A composição da amostra AM01 referencial consistia no contrapiso e o piso emborrachado, que comumente é utilizado em academias. A partir dos resultados obtidos na AM01, foi possível determinar o índice de redução sonora para as demais amostras, por meio da análise comparativa, que consiste na subtração do resultado da AM01 pelo valor encontrado na amostra que estava sendo analisada.

Os resultados globais para as amostras descritas anteriormente, estão apresentados no Gráfico 06 e os valores comparativos entre as amostras por espectro de frequência (1/1) nos receptores de ruído descendente nos gráficos 07 e 08, e os receptores de ruído ascendente nos gráficos 09 e 10.

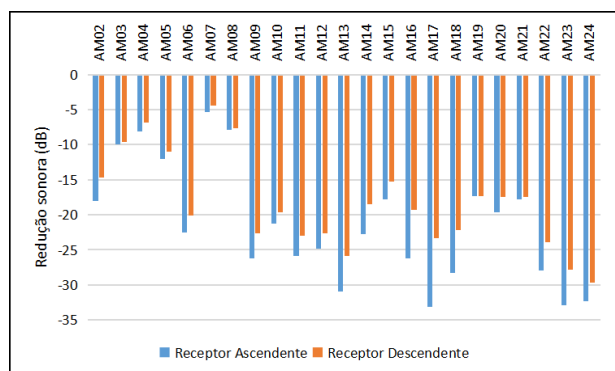


Gráfico 06: Comparação entre valores de redução sonora (dB) por amostra nos ambientes de recepção descendente e adjacente. (Fonte: Os autores, 2022)

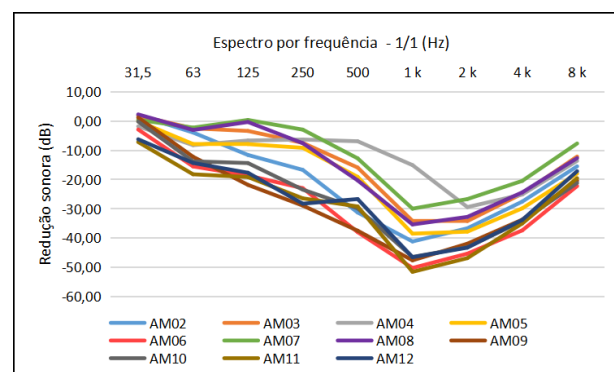


Gráfico 07: Comparação entre valores de redução sonora (dB) por frequência em banda de oitava (Hz) no ambiente de recepção descendente nas amostras AM02 até AM12. (Fonte: Os autores, 2022)

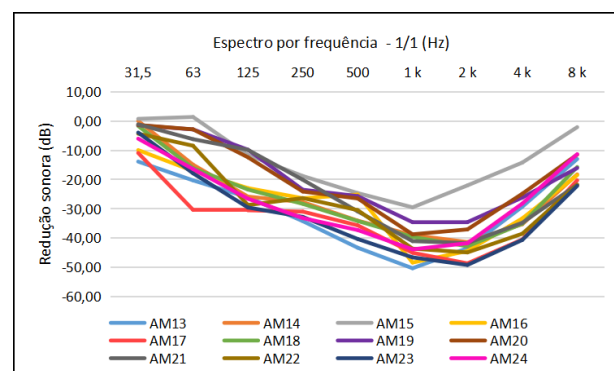


Gráfico 08: Comparação entre valores de redução sonora (dB) por frequência em banda de oitava (Hz) no ambiente de recepção descendente nas amostras AM13 até AM24. (Fonte: Os autores, 2022)

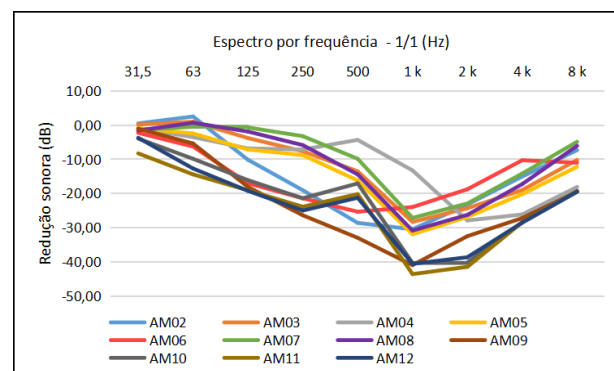


Gráfico 09: Comparação entre valores de redução sonora (dB) por frequência em banda de oitava (Hz) no ambiente de recepção ascendente nas amostras AM02 até AM12. (Fonte: Os autores, 2022)

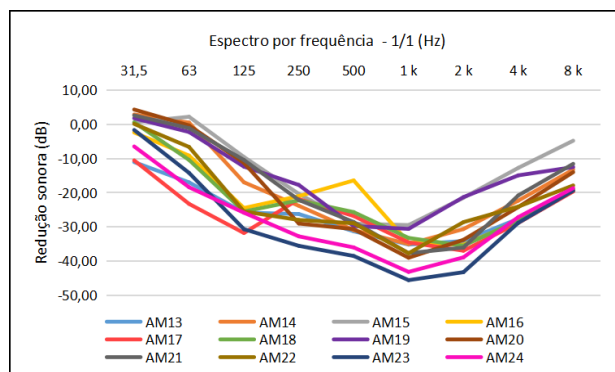


Gráfico 10: Comparação entre valores de redução sonora (dB) por frequência em banda de oitava (Hz) no ambiente de recepção ascendente nas amostras AM13 até AM24 (Fonte: Os autores, 2022)

Com base nos resultados obtidos, identificam-se os índices de isolamento das amostras, tais valores que podem servir como base para a escolha de soluções quando se depara com circunstâncias de academias em empreendimentos. Além disso, através dos resultados por frequência, pode-se observar uma certa dificuldade de isolamento nas frequências de 31,5 e 63 Hz, nas quais, ocorreram, em algumas amostras, uma amplificação sonora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível estudar um método que possa ser padronizado, viabilizando a utilização de uma fonte sonora alternativa que proporcionou a emissão de ruído de impacto semelhante ao ruído emitido das academias localizadas em edifícios multifamiliares, tornando possível a realização dos ensaios acústicos dos ambientes do mesmo.

O estudo foi realizado em uma obra localizada em Blumenau-SC, onde no pavimento térreo há uma academia.

O método utilizado constituiu-se em utilizar como fonte de emissão sonora um peso comumente utilizado em academias denominado *kettlebell*, que é composto por um material maciço metálico com peso fixo de 10 kg, preso por uma cinta e um fecho com sistema de regulagem de altura, que ficavam fixos em um pórtico metálico. A altura de soltura da base do peso até a superfície era de 50 cm, e foram testadas 24 (vinte e quatro) amostras compostas por diferentes sistemas

acústicos de fabricantes nacionais e internacionais.

Foram selecionados 02 (dois) ambientes para as medições de recepção sonora ascendente e descendente, sendo elas: uma sala de estar diretamente acima da academia e a outra um ambiente provisório construído diretamente abaixo da sala emissora.

A partir do ensaio foi possível obter os resultados e analisar o comportamento de cada sistema acústico quando exposto a tal fonte de emissão sonora. Os resultados trazem pontos significativos para determinar a eficiência do material no âmbito de atenuação sonora, específico para cada receptor analisado.

É possível notar que a transmissão sonora ascendente, onde há um ambiente acima do local responsável pela geração do ruído, e que não possui a transmissão direta do mesmo, foi altamente perceptível, isso porque, a geração de ruído pela fonte pode ser considerada de alto impacto, da mesma forma como em academias. Desta forma, é de grande importância se atentar para os andares superiores na hora de realizar a academia no pavimento térreo.

Portanto, pode-se concluir que a fonte sonora de impacto proposta para a realização do ensaio se mostrou eficaz, uma vez que esta tornou possível analisar todas as questões apresentadas anteriormente. No entanto, faz-se necessário aprofundar o estudo, alternando o tipo da fonte a ser utilizada e com os materiais acústicos instalados por todo o ambiente emissor, tornando possível o avanço de pesquisas que abordem o desempenho acústico dos materiais e suas respectivas combinações.

REFERÊNCIAS

- [1] NBR 10152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos e edificações. Rio de Janeiro: ABNT (2017).
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-3: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro (2021).



- [3] Revista Direcional Condomínios. Prédios acompanham Mudanças De Hábitos E Investem Nas Academias. São Paulo, n. 229, 2017. Disponível em: <https://direcionalcondominios.com.br/sindicos/edicoes-2017/edicao-229-nov-dez-17.html>. Acesso em: 13 fev. 2022.
- [4] Rede Provectum. Prédios investem em academias sofisticadas para ampliar seu uso. 2018. Disponível em: <https://redeprovectum.com.br/predios-investem-em-academias-sofisticadas-para-ampliar-seu-uso/#:~:text=Com%20um%20gestao%20de%20cerca,para%20levar%20s sociais%20e%20chutes>. Acesso em: 13 fev. 2022.
- [5] XAVIER, Leilane Aguiar Almeida; MELO, Aluísio Braz; FERREIRA, Enildo Tales. Isolamento do ruído de impacto no sistema de piso com aplicação de revestimento sobre o piso original. Ambiente Construído, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 445-463, dez. 2020. FapUNIFESP. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000400482>.
- [6] HOPKINS, C. Sound insulation. Burlington: Elsevier, 2012.
- [7] SAMIR, 2010. pág 224-225.
- [8] SIMÕES, F. M. Acústica arquitetônica. Rio de Janeiro: PROCEL Edifica, 2011.
- [9] BISTAFA, S. R. Acústica aplicada ao controle do ruído. São Paulo: Blücher, 2011.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 16283-2: Acústica — Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 2: Isolamento a ruído de impacto. Rio de Janeiro (2021).
- [11] MÉNDEZ A. M. et al. Acústica arquitetônica. 1. ed. Buenos Aires: UMSA, 1994.
- [12] FERRAZ, RAFAELA. Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de pavimentos múltiplos. 2008. 156 f. Dissertação (mestrado) - curso de engenharia de estruturas, universidade federal de minas gerais, minas gerais, 2008.
- [13] KALEF, Andressa de Mello. Isolamento acústico ao ruído de impacto em edifícios habitacionais. 2011. 117 f. tcc (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil – Dec, Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc, Joinville, 2011.
- [14] CORNACCHIA, Gianni Maria Machado. Investigação in-situ do isolamento sonoro ao ruído de impacto em edifícios residenciais. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- [15] GRANATO, Daniel; OLIVEIRA, Camila Cardoso de; KIST, Airton. Análise estatística descritiva aplicada à ciência e tecnologia de alimentos usando programas estatísticos. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2018. 133 p. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/06/1102067/analise-estatistica-descritiva-aplicada-a-ciencia-e-tecnologia_5mVM607.pdf. Acesso em: 14 fev. 2022.