



2024

XIII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

Santiago de Chile, 2–4 diciembre 2024

Academias em edifícios multipavimentos: resposta acústica de diferentes tipos de fontes e desafios nas avaliações acústicas

Schmitt, R.¹; Coelho, F.C.²

¹ Scala Acústica, Blumenau, SC, Brasil, rafael@scaladb.com.br

² Síntese Acústica Arquitetônica, Brasília, DF, Brasil, fabiana@sintesearquitectura.com.br

Resumo

O crescente interesse na prática de exercícios físicos tem levado à construção de academias em edifícios multipavimentos, atendendo à demanda por proximidade ao trabalho ou mesmo dentro do próprio prédio residencial. Este aumento tem gerado reclamações devido ao ruído, especialmente o de impacto, que se propagam pela estrutura. As avaliações acústicas enfrentam desafios técnicos devido as normativas brasileiras não definirem padrões e procedimentos específicos para estas situações. Este artigo apresenta o resultado das respostas acústicas de diversas fontes de ruído de impacto em academias, com atividades de musculação e funcional. Os ensaios foram realizados em 08 academias diferentes conforme os procedimentos da ABNT NBR 10152:2017 [1]. O objetivo é analisar padrões nas curvas dos espectros sonoros decorrentes do impacto de objetos semelhantes em sistemas construtivos diferentes. A comparação das curvas de nível de pressão sonora em função da frequência, demonstram uma tendência de comportamento, e evidenciam que alguns tipos de fontes de impacto são mais expressivos quando utilizados em edificações de estrutura rígida de concreto. A análise dos resultados aponta a necessidade de categorização das fontes por tipo de objeto e atividade para auxiliar em estudos futuros visando a possível padronização de fontes em ensaios acústicos de academias.

Palavras-chave: academia, ruído, ruído de impacto, resposta em frequência, fonte de impacto.

1. Introdução

O aumento da prática de atividades físicas no Brasil tem impulsionado uma crescente demanda por espaços dedicados ao exercício, como academias em edifícios residenciais e comerciais. De acordo com o Ministério da Saúde, cerca de 35% dos adultos brasileiros praticam atividades físicas, refletindo-se na preferência de 34% dos consumidores por edifícios com academias e no desejo de 30% de ter uma academia próxima de casa [2]. A revista Medicina/AS também relatou um aumento significativo no número de academias no país nos últimos dois anos.

O prolongamento da expectativa de vida no Brasil, que atualmente é de 75,5 anos, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [3], torna essencial a manutenção de um estilo de vida saudável. A prática regular de exercícios físicos é fundamental para a qualidade de vida e longevidade, impulsionando a construção de academias em diversos locais, incluindo edifícios residenciais, clubes e prédios comerciais.

No entanto, a incorporação de academias em edifícios multipavimentos traz desafios significativos, especialmente no que diz respeito à acústica. O aumento dessas instalações tem gerado queixas devido aos níveis de ruído, especialmente os de impacto, que se propagam pela estrutura do edifício. No Brasil, existem inúmeras decisões judiciais sobre funcionamento de academia em condomínios, com reclamações relacionadas ao ruído excessivo da academia de ginástica, tanto em andar superior e/ou inferior ao apartamento do demandante. Fica configurado que o sossego foi comprometido,

sujeitando-se, inegavelmente, a uma situação de efetivo abalo psicológico com determinação judicial para interdição temporária do ambiente, até que seja providenciada a devida solução dos problemas [4]. Em outros países, também há evidências de aumento nos processos judiciais devido a instalações de academias que não reduziram adequadamente seus impactos acústicos nos espaços adjacentes. Em 2013, o proprietário de uma academia de ginástica em Nova York teve de pagar US\$ 250.000,00 para resolver as reclamações dos vizinhos do edifício de uso misto que estava alugando [5].

A ProAcústica, Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, observou pelos relatos de seus membros associados um aumento nas solicitações de consultoria, projetos e avaliação acústica para academias, evidenciando a crescente preocupação com esse problema. Em resposta a essa demanda, o Comitê de Acústica de Salas da ProAcústica criou o grupo de trabalho GT Academias [6], que iniciou suas atividades em janeiro de 2023, com 20 membros de 17 empresas, majoritariamente consultores acústicos, além de alguns fabricantes de materiais. Os autores do presente trabalho atuam como coordenador e secretária do referido grupo de trabalho.

Para apoiar as investigações do grupo, os consultores acústicos compartilharam dados de medições realizadas em obras, registrando os níveis de pressão sonora em ambientes como dormitórios localizados em edifícios com academias. Essas medições foram realizadas em academias situadas diretamente acima ou abaixo de quartos e abrangeram diferentes tipos de estruturas, acabamentos e fontes de impacto comuns. No total, 58 medições foram analisadas por 06 laboratórios acústicos distintos. Adicionalmente, a ProAcústica está desenvolvendo um boletim técnico intitulado "O Ruído das Academias: Desafios e Boas Práticas", com previsão de publicação a definir. O boletim, composto por 09 capítulos, aborda preocupações relacionadas aos ruídos em ambientes de exercício, oferece uma visão panorâmica dos estudos acústicos em academias ao redor do mundo, explora diferentes tipos de espaços de exercício e suas fontes de ruído, examina normas nacionais para avaliação acústica e sugere boas práticas para o uso, projeto e medição em academias. O boletim também discute as futuras direções para o desenvolvimento dessas abordagens.

Os desafios técnicos nas avaliações acústicas decorrem da ausência de metodologias padronizadas e critérios específicos para a avaliação acústica de academias, tanto em normas nacionais quanto internacionais. Além disso, a variedade de fontes sonoras, como atividades de impactos repetitivos e de alto impacto, podendo ser impactos acidentais ou inevitáveis por serem inerentes à modalidade, fontes de corpo duro ou mole, bem como diretos ou indiretos na estrutura das edificações. Frente a isso nos deparamos com as questões: como projetistas, consultores, peritos e laboratórios acústicos devem avaliar os níveis sonoros dos ruídos provocados pela utilização das academias? Como garantir a reprodutibilidade e confiabilidade da medição sendo que não há fontes padronizadas para avaliar impactos de equipamentos e atividades cotidianas destes espaços?

Este estudo visa investigar a resposta acústica de diferentes tipos de fontes sonoras em academias localizadas em edifícios de múltiplos andares, com foco na análise dos padrões nas curvas dos espectros sonoros resultantes do impacto de objetos semelhantes em sistemas construtivos diferentes. A pesquisa iniciou-se em duas academias, uma em Blumenau/SC e outra em Goiânia/GO, onde foram adotadas 08 fontes sonoras buscando a reprodutibilidade dos impactos, proporcionando que as equipes pudessem reproduzir as atividades de forma similar. Complementarmente, outras seis academias residenciais também foram incluídas no estudo, embora com um número menor de fontes.

2. Fundamentos

As atividades físicas em academias podem gerar reclamações dos residentes próximos, que são perturbados por várias fontes, podendo ser ruído de impacto que são transmitidos pela estrutura das edificações devido à queda de pesos no chão, pulos, corrida em esteiras, uso de equipamentos articulados e por ruído aéreo normalmente decorrente de níveis sonoros por música amplificada ou

fala elevada. As intrusões resultantes não são exclusivas dos residentes; outros espaços comerciais adjacentes também podem ser afetados [7].

Com maior relevância, destacam-se os exercícios que envolvem impactos, gerando um nível de energia induzida e conteúdo de frequência significativos [8]. Neste estudo, não vamos adentrar nos cálculos e equacionamentos de um sistema fonte-receptor, que possa caracterizar a resposta de vibração da laje do piso a uma excitação de força unitária em um local de impacto [9]. O foco está em investigar a resposta acústica de diferentes tipos de fontes sonoras em academias localizadas em edificações de múltiplos andares, por ensaios acústicos *in loco*.

2.1 Diretrizes internacionais

É crucial destacar que, além das dificuldades na caracterização das fontes sonoras em espaços de exercícios, há obstáculos técnicos para avaliar adequadamente as reclamações sobre os ruídos gerados. Essas dificuldades decorrem da falta de metodologias e parâmetros de ensaio padronizados, bem como critérios de avaliação registrados em normas nacionais ou internacionais. Na conferência *Euronoise* 2018 em Creta, após alguns autores pesquisadores apresentarem uma sugestão para padronizar determinada metodologia de ensaios em academias, foi formado um grupo de trabalho de partes interessadas. Em seguida, a ANC (*Acoustics and Noise Consultants*), o IOA (*Institute of Acoustics*) e o CIEH (*Chartered Institute of Environmental Health*) do Reino Unido colaboraram com todo o setor para produzir uma orientação que apresenta uma abordagem padronizada para avaliar como as academias de ginástica e espaços para exercícios afetam as adjacências sensíveis ao ruído [10].

Foi elaborado o guia *ProPG: Gym Acoustics Guidance* [11] e publicado em março de 2023, sendo estudadas diretrizes existentes como *BS4142* [12], *BS8233* [13], *NANR45* [14], *LFNR* [15], entre outras, concluindo que nenhuma delas é totalmente apropriada. Portanto, julgaram necessário ajustar e elaborar suas próprias orientações, para a avaliação e projeto da acústica de academias e espaços fitness. Os critérios de referência são baseados em análises por faixas de frequências baseadas em curvas de referência específicas para academias (*G-curves*), sendo por tipo de receptor e atividades conforme Figura 1 abaixo:

Receptor type	Guide Criteria (for third octave band values plots against the stated G curve - see Figure 2)	
	Airborne Sound (e.g., music) $L_{eq,T}$ (31.5Hz to 8kHz)	Heavy Impact Sound $L_{max,F}$ (31.5Hz to 8kHz)
Commercial Offices	G25-G35	G35-G45
Retail Areas	G30-G45	G35-G50
Residential Areas	G15-G25 (day) G10-G20 (night)	G20-G25 (day) G15-G20 (night)

Figura 1: Critérios acústicos por tipos de atividades e receptores (*ProPG: Gym Acoustics Guidance*) [11]

Destaca-se também a diretriz *Guideline for Acoustic Assessment of Gymnasiums and Exercise Facilities* [16] desenvolvida pelos consultores acústicos da *AAAC (Association of Australasian Acoustical Consultants)* na Austrália em fevereiro de 2022, que oferece orientações sobre a avaliação e gerenciamento do ruído associado às instalações para exercícios físicos.

Para ruído aéreo, música amplificada por exemplo, foi adotado o critério $L_{A10(15min)}$, range de frequência entre 31,5 Hz e 8 kHz e não devendo exceder em 5 dB em relação ao ruído de fundo em qualquer frequência de banda de oitava. Em se tratando de ruído impulsivo de quedas de peso ou outras fontes semelhantes, adotaram o critério L_{AFmax} , de acordo com os ranges abaixo:

- $L_{AFmax(Oct,31,5-2500Hz)} \leq 35$ dB para horário diurno (7h às 18h);
- $L_{AFmax(Oct,31,5-2500Hz)} \leq 30$ dB para horário da noite (18h às 22h);
- $L_{AFmax(Oct,31,5-2500Hz)} \leq 25$ dB para horário noturnos (22h às 7h).

Os níveis máximos de ruído gerados pelo novo empreendimento proposto em termos de L_{eq} / L_{Fmax} devem ser demonstrados, para não exceder a curva NR 15 / 20, respectivamente, dentro das habitações existentes.

2.2 Normas técnicas brasileiras

No Brasil, para as avaliações sonoras envolvendo academias, está sendo aplicada a ABNT NBR 10152:2017 [1]. Esta norma estabelece procedimentos de medição e avaliação de níveis sonoros em ambientes internos de edificações, considerando a função e o propósito de uso desses espaços. No escopo normativo, é esclarecido que essa norma não abrange a avaliação do desempenho acústico da edificação nem a avaliação do impacto ambiental. Em outras palavras, ela se destina a avaliar o ambiente receptor, sem determinar se a responsabilidade pelo controle dos níveis sonoros cabe à edificação (desempenho acústico da edificação) ou ao responsável pela fonte sonora. Cabe dizer também, que esta norma, não apresenta uma abordagem padronizada em termos de fontes de ruído para a execução dos ensaios, impossibilitando desta maneira imputar resultados encontrados no presente estudo com os valores de referência estabelecidos. Esta norma adotou os descritores L_{Aeq} e L_{ASmax} com faixa espectral sonora em bandas de 1/1 de oitava entre 63 Hz a 8 kHz. Considerando a realidade brasileira e o desenvolvimento do trabalho do GT Academia da ProAcústica, optou-se por utilizar os procedimentos de medição e descritores definidos nesta norma.

2.3 Exercícios em ambientes internos

Os tipos de espaços de exercícios em ambientes internos onde englobam sons produzidos por atividades físicas comuns, normalmente são locais de luta, estúdios de dança e academias de musculação. Para entender os possíveis impactos sonoros desses locais em pontos receptores sensíveis, é essencial compreender os tipos de exercícios realizados nesses espaços, sendo eles: musculação, exercício aeróbico e cardiovascular, pilates, treino funcional, *spinning*, yoga e alongamento, lutas e artes marciais, dança e *crossfit*. Este estudo se limitou à espaços de musculação e funcional, focado em ruído de impacto pela sua maior complexidade envolvendo a transmissão sonora estrutural por vibração, devido ao caráter de ruído impulsivo gerado por atividades como pular corda e utilizar esteiras, equipamentos articulados, *halteres*, *kettlebells*, anilhas, *box jump*, entre outros. De acordo com as discussões do grupo de trabalho GT Academias da ProAcústica no Brasil, buscou-se um entendimento inicial de agrupar categorias de fontes em função do tipo de exercício e da rigidez do corpo de impacto.

Os tipos de ruído comumente são: repetitivos produzidos por exercícios ritmados, como corrida na esteira, pular corda, *jumping*, *kangoo*, entre outros; alto impacto produzido por exercícios típicos de treinos funcionais, *crossfit*, lutas e algumas modalidades de dança. Essa caracterização também está presente no *Guideline for Acoustic Assessment of Gymnasiums and Exercise Facilities* [16].

Nem todos os exercícios realizados na musculação ou funcional, necessariamente causam impacto, podendo ser classificados como: sem impacto ao exemplo aeróbico no elíptico, pilates solo. No entanto, outros exercícios podem causar impacto devido a um acidente, como desequilíbrio, perda de controle ou queda de um objeto manipulado; podendo assim ser classificado como impacto acidental. Em outras situações, o impacto inevitável no desenvolvimento da atividade, tais como exercícios de pular corda, correr na esteira, *jumping* na cama elástica, *burpee*, movimentos de dança, *box jumping*, levantamento tipo olímpico.

Levando em conta que o objeto responsável pelo impacto/ruído em academias pode variar em massa/rigidez, realizamos um paralelo com as citações da ABNT NBR 15575:2021 [17] onde traz os conceitos de corpo duro e corpo mole. Para o primeiro caso, estes impactos são causados por objetos rígidos e com pouca capacidade de deformação e absorção de energia de impacto, como *halteres*, anilhas, *kettlebell*, barras. No segundo caso, os impactos são causados por objetos com certa flexibilidade, apresentando boa ou média capacidade de deformação para absorver parte da energia de impacto, como o próprio corpo humano, *slam ball*, *medicine ball*, caneleiras de areia.

E por fim, dependendo da modalidade de exercício, os impactos na estrutura da edificação podem ser: diretos onde o corpo/objeto impacta diretamente o piso ou paredes da edificação, como o pular corda, *wall ball*, levantamento tipo olímpico; e indiretos onde o impacto ocorre em um equipamento que transmite a energia para piso, parede ou teto de edificação, como por saco de pancada, cama elástica, *steps*, corrida na esteira.

Neste trabalho, priorizou-se a análise de exercícios que causam impacto inevitável e acidental na edificação através de corpos duros ou moles de forma direta ou indireta.

3. Desenvolvimento

O procedimento de medição foi realizado segundo a norma ABNT NBR 10152:2017 [1], que estabelece a determinação dos níveis de pressão sonora representativos de ambientes internos às edificações através dos descritores acústicos L_{Aeq} sendo o nível pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A e L_{ASmax} sendo o nível máximo de pressão sonora ponderado em A e ponderado em S. Ressalta-se que, foi adotada esta norma com propósito único de medir os níveis sonoros nos ambientes receptores, sem aplicação de avaliação de conformidade, uma vez que os receptores possuem funções diversas. Considerou-se o range espectral em bandas de 1/1 de oitava entre 63 Hz a 8 kHz e registros sonoros em 03 pontos por receptor avaliado. Os sonômetros utilizados são de Classe 1, devidamente calibrados por laboratórios credenciados na RBC, modelos *Fusion* e *Black Solo*, fabricante 01dB.

Foram convencionadas 08 diferentes tipos de fontes de impacto, com comportamentos distintos em modo de operação e ciclos. Abaixo, o Quadro 1 ilustra as 04 fontes sonoras de impacto de corpo mole (F1 a F4) e o Quadro 2, ilustra as 04 fontes sonoras de impacto de corpo duro (F5 a F8), utilizadas nas academias estudadas. Os ensaios envolvendo registros sonoros pelas fontes emissoras de F1 a F8 foram concentrados em 02 academias, uma delas localizada em Blumenau/SC dentro de um clube esportivo (receptor vestiário) e outra em Goiânia/GO, na cobertura de um edifício residencial (receptor dormitório). De forma complementar, em outras 03 academias residenciais localizadas em SC, 02 em DF e 01 em GO com receptores em dormitórios e salas, foram avaliadas por fontes emissoras aleatórias dentre F1 a F8.

Quadro 1: Fontes sonoras emissoras de impacto de corpo mole (F1 a F4).

Fonte	Classificação impacto	Foto	Modo	Ciclo
F1 Esteira	indireto, repetitivo, inevitável, corpo mole		Velocidade 10 km/h, superfície plana	Corrida contínua por 30 segundos

F2 Corda de pular	direto, repetitivo, inevitável, corpo mole		Salto simples	Saltos contínuos por 30 segundos
F3 <i>Slam Ball</i> 20 kg	direto, alto impacto, inevitável, corpo mole		Queda com bola encaixada no quadril, braços esticados (aprox. 65 cm do piso)	10 quedas livres no intervalo de 30 segundos
F4 Caixa de saltos 45 cm	direto e indireto, alto impacto, inevitável, corpo mole		Pulo sobe/desce	Pulos contínuos por 30 segundos

Quadro 2: Fontes sonoras emissoras de impacto de corpo duro (F5 a F8).

Fonte	Classificação impacto	Foto	Modo	Ciclo
F5 <i>Kettlebell</i> 10 kg	direto, alto impacto, acidental, corpo duro		Altura de queda livre 20 cm	03 quedas livres no intervalo de 30 segundos
F6 <i>Kettlebell Deadlift</i> 10 kg	direto, repetitivo, inevitável, corpo duro		Peso encosta no chão (agacha/estende)	15 agachamentos no intervalo de 30 segundos
F7 Estação puxada alta	indireto, acidental, corpo duro		04 pesos de 5 kg altura de queda livre 20 cm	03 quedas livres no intervalo de 30 segundos
F8 Estação puxada alta	indireto, acidental, corpo duro		04 pesos de 5 kg altura de queda livre 08 cm	03 quedas livres no intervalo de 30 segundos

A seguir, no Quadro 3 encontram-se as 08 academias objetos de estudo com as respectivas fontes utilizadas em cada uma delas e a tipificação dos ambientes receptores medidos por tipo, volume e área de intersecção academia e ambiente.

Quadro 3: Academias estudadas em função das fontes utilizadas e ambientes receptores medidos.

Academia	Fonte	Descrição	Ambiente receptor		
			Tipo	Volume (m ³)	Área de intersecção academia e ambiente (m ²)
1	F1	Esteira	Vestiário (não mobiliado)	85,16	25,96
	F2	Corda de pular			
	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg			
	F4	Caixa de saltos 45 cm			
	F5	<i>Kettlebell</i> 10 kg			
	F6	<i>Kettlebell Deadlift</i> 10 kg			
	F7	Estação puxada alta			
	F8	Estação puxada alta			
2	F1	Esteira	Dormitório (não mobiliado)	37,43	14,97
	F2	Corda de pular			
	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg			
	F4	Caixa de saltos 45 cm			
	F5	<i>Kettlebell</i> 10 kg			
	F6	<i>Kettlebell Deadlift</i> 10 kg			
	F7	Estação puxada alta			
	F8	Estação puxada alta			
3	F1	Esteira	Sala e Dormitório integrados (não mobiliado)	84,25	33,70
	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg			
	F4	Caixa de saltos 45 cm			
	F5	<i>Kettlebell</i> 10 kg			
	F6	<i>Kettlebell Deadlift</i> 10 kg			
	F8	Estação puxada alta			
4	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg	Sala (não mobiliado)	134,00	21,90
	F5	<i>Kettlebell</i> 10 kg			
	F6	<i>Kettlebell Deadlift</i> 10 kg			
5	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg	Sala (não mobiliado)	134,00	21,15
	F5	<i>Kettlebell</i> 10 kg			
	F6	<i>Kettlebell Deadlift</i> 10 kg			
6	F2	Corda de pular	Dormitório (não mobiliado)	46,59	17,58
	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg			
7	F1	Esteira	Dormitório (não mobiliado)	20,36	7,54
	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg			
8	F1	Esteira	Dormitório (não mobiliado)	20,36	7,54
	F3	<i>Slam Ball</i> 20 kg			

Nota: os impactos produzidos pelas fontes F5 e F6 da Academia 1 foram realizados sobre um revestimento de piso de borracha 10 mm, para evitar a danificação do piso laminado em madeira existente. Na Academia 8, também se adotou o mesmo critério de proteção mecânica.

Já no Quadro 4, estão relacionadas as 08 academias em função de suas características construtivas, geométricas e volumétricas.

Quadro 4: Sistemas construtivos das academias estudadas.

Academia	Sistema construtivo
1	Laje pré-moldada com vigotas em concreto, capa 4 cm, preenchimento cerâmico 8 cm, contrapiso 3 cm, piso laminado de madeira sobre manta polietileno expandido 2 mm.
2	Laje maciça em concreto armado 15 cm, manta emborrachada 5 mm, contrapiso 5 cm, piso vinílico.
3	Laje maciça em concreto armado 12 cm, manta emborrachada ondulada 17/8 mm, contrapiso 5 cm, piso vinílico.
4	Laje concreto armado 20 cm, <i>pads</i> de borracha natural 4 cm, contrapiso armado 8 cm, piso emborrachado 50 mm.
5	Laje concreto armado 20 cm, <i>pads</i> de borracha natural 4 cm, contrapiso armado 8 cm, manta emborrachada 34 mm sob piso emborrachado 0,5 mm.
6	Laje nervurada com preenchimento em EPS 20 cm, contrapiso não declarado, absorvedor de choques em poliuretano micro celular 25 mm, piso emborrachado 15 mm.
7	Laje concreto armado 21 cm, manta polietileno expandido 5 mm, contrapiso 6 cm, piso laminado de madeira sobre manta polietileno expandido 2 mm, espaçamento laje-forro 15 cm, forro placas de gesso.
8	Laje concreto armado 21 cm, manta polietileno expandido 5 mm, contrapiso 6 cm, piso laminado de madeira sobre manta polietileno expandido 2 mm, piso emborrachado 15 mm, espaçamento laje-forro 15 cm, forro placas de gesso.

Os ambientes receptores medidos possuem volumetrias entre 20,36 e 134,00 m³ e áreas de intersecção entre academia e ambiente receptor variando de 7,54 a 33,70 m², em alguns casos ambientes mobiliados e outros sem mobília. Foram adotados 03 pontos de medição em cada ambiente receptor e a cada ponto registrado, considerou-se até 03 amostragens dependendo da fonte sonora avaliada.

4. Resultados e discussões

Estão representados nas Figuras 2 a 17 os gráficos em bandas de 1/1 de oitava entre 63 Hz a 8 kHz respectivos aos descritores L_{eq} e L_{Smax} e os respectivos valores globais L_{Aeq} e L_{ASmax} referentes aos sistemas ensaiados das Academias 1 a 8, de acordo com as respectivas fontes sonoras F1 a F8. As fontes sonoras de impacto de corpo mole são representadas de F1 a F4 e as 04 fontes sonoras de impacto de corpo duro, de F5 a F8.

No grupo das fontes de impacto de corpo mole, observa-se que nas medições realizadas com F1 e F2 por se tratarem de exercícios ritmados (esteira e corda), os resultados de L_{ASmax} são próximos ao L_{Aeq} , atingindo diferenças de até 2,8 dB.

A fonte F3 (*slam ball*), apresentou diferenças médias de 11,8 dB e máxima de 15,3 dB entre L_{ASmax} e L_{Aeq} . Especificamente, as Academias 3, 4 e 5 são as que apresentaram diferenças mais acentuadas, observado posteriormente pelos laboratoristas responsáveis pelas medições que a *slam ball* apresentava aspecto “bola murcha” (baixa pressão interna), possivelmente sendo responsável por esta característica que se difere aos resultados das Academias 1, 2, 6, 7 e 8 com aspecto “bola cheia” (maior pressão interna). Isto demonstra a necessidade do controle da pressão interna, para a correta comparação de resultados. A fonte F4 (caixa de saltos), apresentou diferenças médias de 9,4 dB e máxima de 10,7 dB entre L_{ASmax} e L_{Aeq} .

A fonte mais significativa, em termos de valor global é F3 (*slam ball*), evidenciando uma possível tendência destacando-se em relação às demais tipos de fontes de impacto de corpo mole quando utilizado em edificações de estrutura rígida de concreto. Para F3, o nível L_{ASmax} mais elevado registrado foi de 77,7 dB na Academia 3, já para a fonte F4 foi de 71,3 dB na Academia 1.

Em termos de bandas de oitavas de 63 Hz a 8000 Hz, as análises se concentram nos níveis máximos de pressão sonora L_{Smax} por se demonstrarem representativos em relação aos níveis equivalentes. Nas Academias 1 a 3, as fontes F3 e F4 destacam-se em duas frequências críticas, sendo em 63 Hz e 125 Hz atingindo valores respectivos entre 68,5 dB a 88,5 dB para 63 Hz e de 72,9 dB a 90,3 dB para 125 Hz.

Nas Academias 4 e 5, onde também houve registros da fonte F3, os níveis em 63 Hz ficaram entre 80,5 dB e 82,8 dB e em 125 Hz, respectivamente 59,9 dB e 62,0 dB demonstrando que o sistema flutuante com *pads* de borracha natural 4 cm sob contrapiso foi eficiente para 125 Hz mas em 63 Hz a atenuação foi pouco significativa, similar a Academia 1 onde tem apenas um sistema de piso laminado flutuante simples.

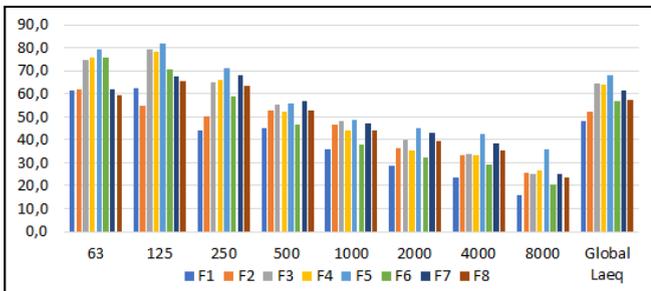


Figura 2: Academia 1 Espectro de L_{eq}

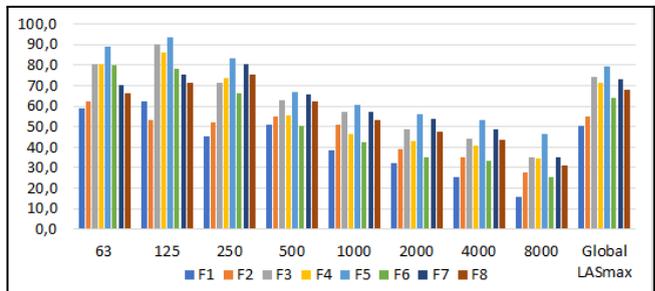


Figura 3: Academia 1 Espectro de $L_{S,max}$

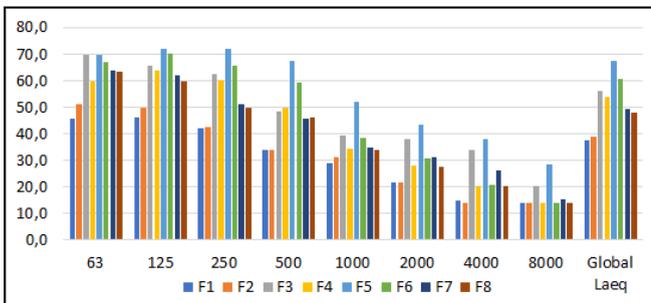


Figura 4: Academia 2 Espectro de L_{eq}

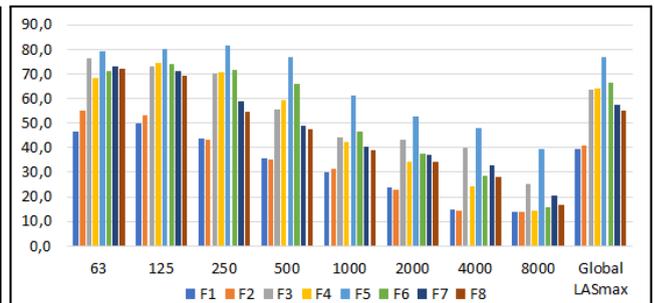


Figura 5: Academia 2 Espectro de $L_{S,max}$

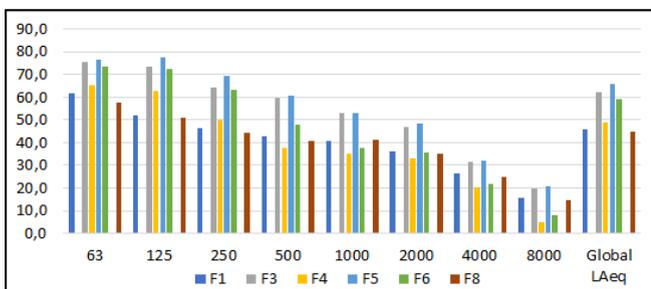


Figura 6: Academia 3 Espectro de L_{eq}

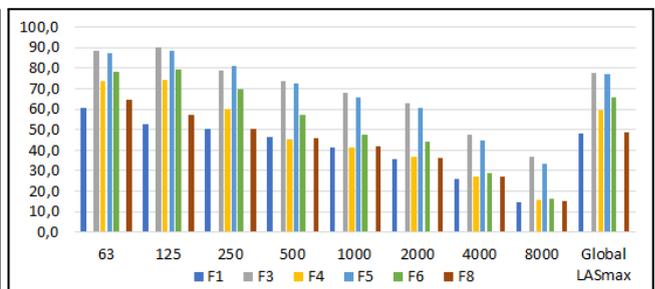


Figura 7: Academia 3 Espectro de $L_{S,max}$

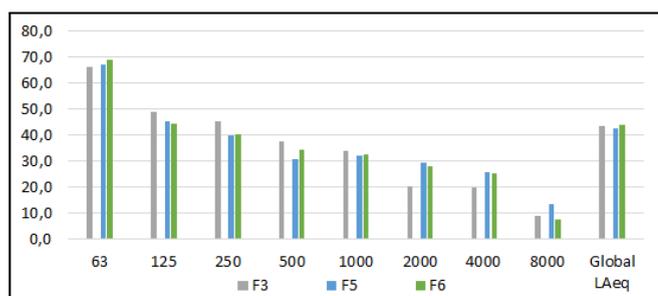


Figura 8: Academia 4 Espectro de L_{eq}

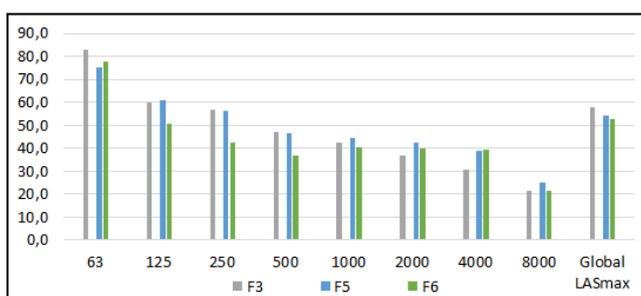


Figura 9: Academia 4 Espectro de $L_{s,max}$

No grupo das fontes de impacto de corpo duro (F5 a F8), apresentaram diferenças médias de 9,3 dB e máxima de 11,8 dB entre L_{ASmax} e L_{Aeq} . As análises a seguir, se concentram nos níveis máximos de pressão sonora por se demonstrarem representativos em relação aos níveis equivalentes.

A fonte F5 (*kettlebell* 10 kg), apresentou diferenças médias de 11,0 dB e máxima de 11,8 dB entre L_{ASmax} e L_{Aeq} , apresentando em todas as 08 academias comportamento similar. O nível L_{ASmax} mais elevado registrado foi de 79,6 dB na Academia 1 com sistema de piso laminado flutuante simples e o menor encontrado foi 49,6 dB na Academia 6 com sistema de absorvedor de choques em poliuretano micro celular 25 mm sob proteção mecânica em placa emborrachada.

A fonte F6 (*kettlebell deadlift* 10 kg), apresentou diferenças médias de 7,6 dB e máxima de 9,2 dB entre L_{ASmax} e L_{Aeq} . O nível L_{ASmax} mais elevado registrado foi de 66,5 dB na Academia 2 com sistema de manta emborrachada 5 mm sob contrapiso e o menor encontrado foi 48,2 dB na Academia 5 com sistema de com *pads* de borracha natural 4 cm sob contrapiso.

As fontes F7 e F8 (estação puxada alta) apresentaram diferenças médias de 8,3 dB e máxima de 11,6 dB entre L_{ASmax} e L_{Aeq} . Nas Academias 1 e 2, os resultados foram bem similares e diferenças significativas, porém na Academia 3 os resultados de L_{ASmax} são próximos ao L_{Aeq} atingindo diferenças de até 3,7 dB demonstrando que o sistema de manta emborrachada ondulada 17/8 mm sob contrapiso auxiliou na redução para este tipo de fonte com impacto indireto.

Em termos de bandas de oitavas de 63 Hz a 8000 Hz, as análises também se concentram nos níveis máximos de pressão sonora L_{Smax} por se demonstrarem representativos em relação aos níveis equivalentes. Nas Academias 1 a 3, as fontes F7 e F8 destacam-se em três frequências críticas, sendo em 63 Hz, 125 Hz e 250 Hz atingindo valores respectivos entre 64,5 dB a 72,8 dB para 63 Hz, de 57,2 dB a 75,3 dB para 125 Hz e para 250 Hz, de 50,4 dB a 80,6 dB. O nível mais crítico está em 250 Hz na Academia 1, que apresenta um sistema de piso laminado flutuante simples.

As fontes F5 e F6 utilizam o *kettlebell* 10 kg porém em formas diferentes sendo queda livre e estilo *deadlift*, destacam-se em três frequências críticas, sendo em 63 Hz, 125 Hz e 250 Hz atingindo valores respectivos entre 59,7 dB a 88,8 dB para 63 Hz, de 47,7 dB a 93,5 dB para 125 Hz e para 250 Hz, de 41,8 dB a 83,4 dB. O nível mais crítico está em 125 Hz na Academia 1, que apresenta um sistema de piso laminado flutuante simples.

A fonte mais significativa, no grupo de impacto de corpo duro, em termos de valor global e por frequência é F5 (*kettlebell* 10 kg), evidenciando uma possível tendência destacando-se em relação às demais tipos de fontes de impacto de corpo duro quando utilizado em edificações de estrutura rígida de concreto.

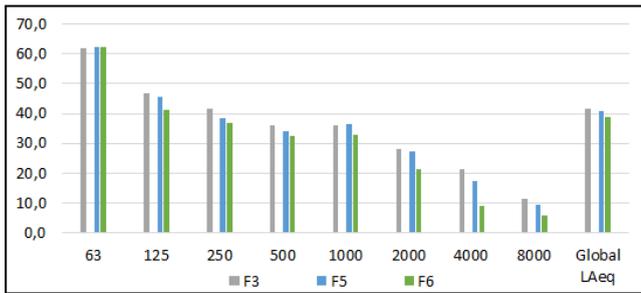


Figura 10: Academia 5 Espectro de L_{eq}

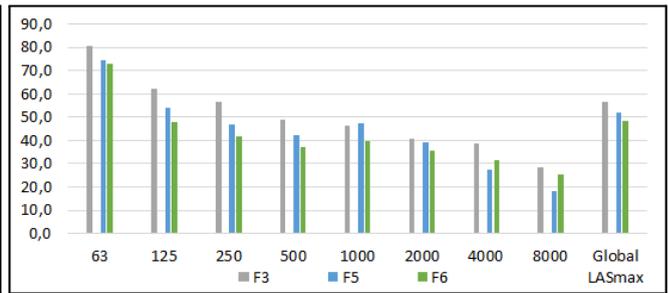


Figura 11: Academia 5 Espectro de $L_{S,max}$

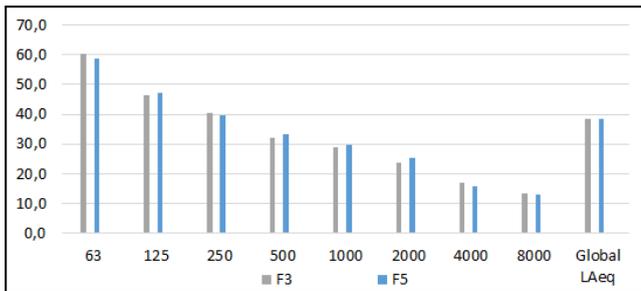


Figura 12: Academia 6 Espectro de L_{eq}

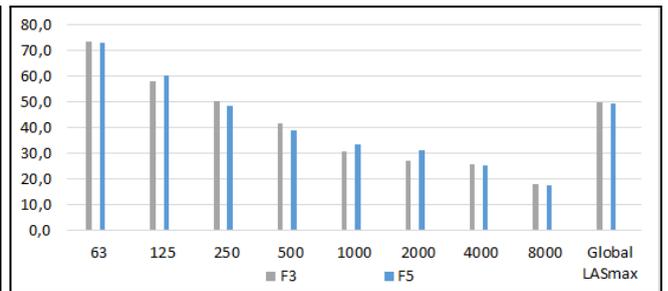


Figura 13: Academia 6 Espectro de $L_{S,max}$

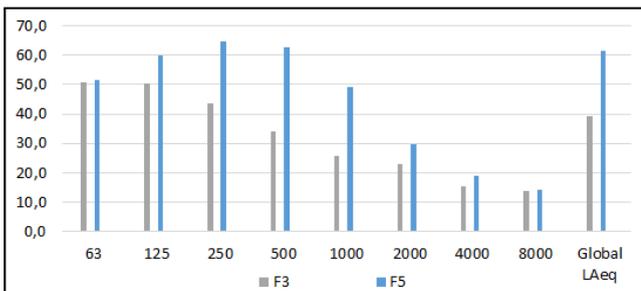


Figura 14: Academia 7 Espectro de L_{eq}

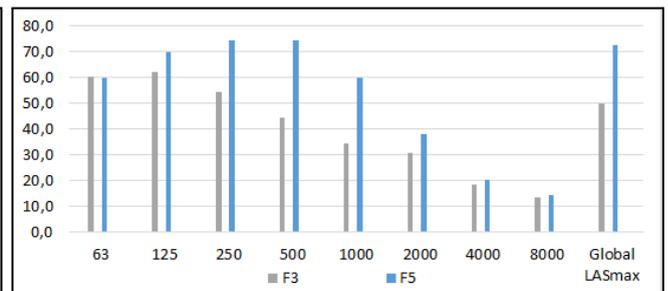


Figura 15: Academia 7 Espectro de $L_{S,max}$

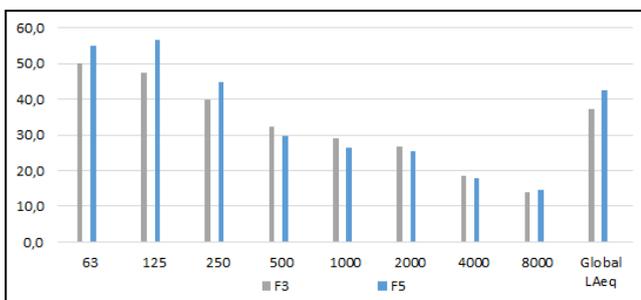


Figura 16: Academia 8 Espectro de L_{eq}

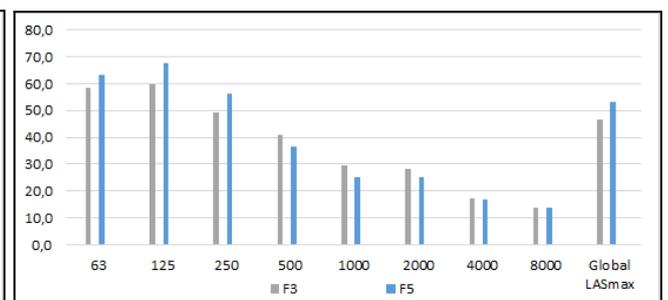


Figura 17: Academia 8 Espectro de $L_{S,max}$

5. Conclusões

A incorporação de academias em edifícios multipavimentos traz desafios significativos, o aumento dessas instalações tem gerado queixas devido aos níveis de ruído, especialmente os de impacto, que se propagam pela estrutura do edifício. O desafio atual está em desenvolver um método de como avaliar os níveis sonoros dos ruídos de impacto provocados pela utilização das academias, bem como como garantir a reprodutibilidade e confiabilidade da medição sendo que não há fontes padronizadas para avaliar impactos de equipamentos e atividades cotidianas destes espaços. Portanto, evidencia-se a ausência de metodologias padronizadas e critérios específicos para a avaliação acústica de academias, tanto em normas nacionais quanto internacionais.

A pesquisa envolveu medições acústicas em 08 academias no Brasil, sendo 01 de caráter comercial dentro de um clube esportivo e 07 alocadas em edifícios residenciais multipavimentos com receptores sensíveis. As fontes de impacto englobaram atividades físicas das modalidades musculação e funcional, priorizando a análise de exercícios que causam impacto inevitável e acidental na edificação através de corpos duros ou moles de forma direta ou indireta.

O propósito foi investigar a resposta acústica de 08 diferentes tipos de fontes sonoras (F1 a F8) com foco na análise dos padrões nas curvas dos espectros sonoros resultantes do impacto de objetos semelhantes em sistemas construtivos diferentes, pelos descritores L_{eq} e L_{Smax} (63 Hz a 8 kHz) e valores globais L_{Aeq} e L_{ASmax} conforme os procedimentos de medição da ABNT NBR 10152:2017 [1]. Ressalta-se que foi adotada esta norma com propósito único de medir os níveis sonoros nos ambientes receptores, sem aplicação de avaliação de conformidade.

A comparação das curvas de nível de pressão sonora na resposta em frequência (bandas de 1/1 de oitava) das academias avaliadas, de acordo com as fontes sonoras adotadas, revelam tendências de comportamento em diferentes sistemas construtivos com tipologias que envolvem lajes de concreto, contrapisos flutuantes com mantas resilientes, *pads* resilientes e revestimentos flexíveis.

Foram observadas que alguns tipos de fontes de impacto obtiveram resultados mais expressivos quando utilizados em edificações de estrutura rígida de concreto. Para impactos de corpo mole que são causados por objetos que apresentam boa ou média capacidade de deformação para absorver parte da energia de impacto, entre as fontes de F1 a F4 pesquisadas, a fonte F3 (*slam ball*) demonstra reproduzir o comportamento das demais fontes com maior intensidade e relevância. Atenta-se a problemática em controlar a pressão interna da bola, com necessidade de futuros estudos para pesquisar as variações de resultados por diferenças de pressões bem como propor um método de queda padronizada.

Para impactos de corpo duro que são causados por objetos rígidos e com pouca capacidade de deformação e absorção de energia de impacto, entre as fontes de F5 a F8 pesquisadas, a fonte F5 (*kettlebell* 10 kg) em queda livre demonstra reproduzir o comportamento das demais fontes com maior intensidade e relevância. Atenta-se a problemática da uniformidade de queda devido ao *kettlebell* possuir sua base achatada, bem como propor um método de queda padronizada. Recomenda-se futuros estudos para comparar seu comportamento com *kettlebells* de 20 a 35 kg [11] e outras fontes tais como *dumbbells* hexagonais/cilíndricos de 12, 24 e 40 kg [18] e até, esferas cilíndricas de aço usadas na modalidade olímpica de arremesso de peso com objetivo de obter impactos mais uniformes.

Outro ponto de atenção para direcionar futuras pesquisas no Brasil, se diz respeito ao descritor L_{AFmax} (nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F) para respostas impulsivas, já adotado em diretrizes internacionais existentes voltadas para academias como *ProPG: Gym Acoustics Guidance* [11] e *Guideline for Acoustic Assessment of Gymnasiums and Exercise Facilities* [16]. Além de comparar comportamentos entre resposta *Slow (S)* e *Fast (F)*, pode-se incluir em novos estudos a banda de 31,5 Hz também sendo utilizada pelas diretrizes acima, visto que neste presente estudo de caso observamos níveis sonoros significativos em baixas frequências nas bandas de 63, 125 e 250 Hz.

Referências

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 10152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro: ABNT (2017). Errata 1 (2020).
2. Grupo OLX, Pesquisa DataZAP Tendências de Moradias, Perfil Comprador, Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.datazap.com.br/tendencias-de-moradia-perfil-comprador/>.
3. Agência IBGE, Em 2022 expectativa de vida era de 75,5 anos, Brasil, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/38455-em-2022-expectativa-de-vida-era-de-75-5-anos>.

4. Jusbrasil, Jurisprudência sobre Funcionamento de Academia em Condomínios, Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/busca?q=funcionamento+de+academia+em+condominios>.
5. Hernandez, Diego; Tavera, Felipe; Salter, Ethan C. *Experiences with Gym Noise and Vibration in Mixed-Use Buildings*. Em *Noise Control Engineering (NOISE-CON 2019)*, San Diego, California, 2019.
6. Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (ProAcústica), Comitê Acústica de Salas, GT Academias, São Paulo, Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.proacustica.org.br/iniciativas/comites-tecnicos-e-grupos-de-trabalho/>.
7. Hernandez, Diego; Salter, Ethan C. *Mitigation of gym noise and vibration in mixed-use buildings*. Em *International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (InterNoise 2015)*, San Francisco, California, 2015.
8. Carels, Patrick; Pinto, Paulo; Masoumi, Hamid. *Lightweight Floating Floor Innovations in Gym/Sports Applications*. Em *Noise Control Engineering (NOISE-CON 2019)*, San Diego, California, 2019.
9. Hoffmann, Gabrielle K.; Nepomuceno, José A.; Kulakauskas, Fábio L. V. Q. *Fitness Club Adjacent to a Quiet Corporate Office – Prototypes*. Em *International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (InterNoise 2024)*, Nantes, França, 2024.
10. Rogers, Peter; Woodhams, Sebastian. *Gym Acoustics Guidance - the standardised UK approach*. Em *International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (InterNoise 2022)*, Glasgow, Reino Unido, 2024.
11. *Acoustics and Noise Consultants (ANC), ProPG: Gym Acoustics Guidance (GAG)*, Londres, Inglaterra, 2023. Disponível em: <https://www.association-of-noise-consultants.co.uk/wp-content/uploads/2023/03/ProPG-Gym-Acoustic-Guidance-Document.pdf>.
12. *British Standards Institution (BSI), BS4142: Methods for rating and assessing industrial and commercial sound*, London, 2019.
13. *British Standards Institution (BSI), BS8233: Guidance on sound insulation and noise reduction for buildings*, London, 2014.
14. *Acoustics Research Centre (ARC), NANR45: Procedure for the assessment of low frequency noise complaints*, University of Salford, Salford, 2011.
15. Broner, N. and Leventhall, H. G. *Low Frequency Noise Annoyance Assessment by Low Frequency Noise Rating (LFNR) Curves*, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 2(1), pp. 20–28. doi: 10.1177/026309238300200103, 1983.
16. *Association of Australasian Acoustical Consultants (AAAC), Guideline for Acoustic Assessment of Gymnasiums and Exercise Facilities*, Austrália, 2022. Disponível em: <https://aaac.org.au/widget/Guidelines-&-Downloads>.
17. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT (2021).
18. Buen, Anders. *Impulse forces and noise from dropped weights on concrete floors*. doi: 10.13140/RG.2.2.14930.79049, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/342347305>.