XIV CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
Del 12 al 14 de agosto de 2026

Ruído de academias em edifícios residenciais: análise de ensaios de campo e critérios de avaliação acústica

Coelho, F. C.[1]; Nascimento, N. L. F.[1]; Schmitt, R.[2]

[1] Síntese Acústica Arquitetônica, Brasília, DF, Brasil, fabiana@sintesearquitetura.com.br; neio@sintesearquitetura.com.br

[2] Scala Acústica, Blumenau, SC, rafael@scaladb.com.br

Resumo

A crescente inserção de academias de musculação em edifícios residenciais tem intensificado as reclamações relacionadas ao ruído, especialmente devido à predominância de impactos transmitidos pela estrutura. As atividades físicas geram impactos impulsivos e excitações repetitivas, frequentemente com conteúdo significativo em baixas frequências, o que limita a aplicabilidade dos critérios tradicionais de avaliação acústica. Este trabalho apresenta a análise de resultados obtidos em ensaios acústicos de campo realizados em 15 academias localizadas em edificações residenciais, considerando diferentes tipologias construtivas e fontes de impacto. As fontes avaliadas incluem atividades representativas de musculação, abrangendo impactos de corpo duro e corpo mole, diretos e indiretos. Os ensaios foram realizados utilizando os procedimentos de medição da ABNT NBR 10152:2017. Os resultados foram analisados a partir dos níveis de pressão sonora, considerando tanto descritores globais quanto a análise espectral em bandas de 1/3 de oitava, a partir de 20 Hz. A análise de diferentes descritores, consagrados ou em discussão na literatura técnica, busca contribuir para a construção de um entendimento mais consistente sobre parâmetros adequados para a avaliação acústica de academias.

Palavras-chave: academia, ruído de impacto, edificações.

1. Introdução

A crescente implantação de academias de musculação em edifícios de uso misto com residências tem intensificado os conflitos relacionados ao ruído, especialmente em função das atividades que envolvem impactos estruturais e geração de vibrações. Esse cenário tem despertado interesse internacional e motivado o desenvolvimento de documentos técnicos específicos para orientar a avaliação acústica desse tipo de empreendimento. Nos últimos anos, associações profissionais de diferentes países publicaram diretrizes especificas para avaliação destinadas ao tema, como a *Association of Australasian Acoustical Consultants* (AAAC), na Austrália e Nova Zelândia, a *Association of Noise Consultants* (ANC), no Reino Unido e mais recentemente a ProAcústica no Brasil. A publicação desses documentos evidencia que o ruído gerado por academias deixou de representar uma situação pontual, passando a constituir uma questão recorrente em diferentes contextos construtivos e regulatórios.

Apesar desse avanço, ainda não existe consenso quanto aos critérios mais adequados para a avaliação acústica dessas atividades. As diferentes diretrizes adotam abordagens para definição das fontes sonoras e procedimentos de ensaio. Apesar das diferenças metodológicas, todas as associações ressaltam os atuais descritores e critérios acústicos constantes em normas e legislações vigentes dos diferentes países não são adequados para avaliar o problema, refletindo a complexidade inerente ao fenômeno. Por isso, em algumas publicações são propostas descritores e critérios alternativos, mais adequados. As academias concentram diferentes atividades que produzem mecanismos distintos de geração sonora,

incluindo eventos contínuos, repetitivos e impulsivos, associados a equipamentos cardiovasculares, máquinas de musculação, pesos livres e exercícios funcionais. Essa diversidade resulta em diferentes distribuições espectrais e níveis de energia, dificultando a adoção de procedimentos padronizados para sua avaliação.

O incômodo, percebido no ambiente receptor, decorre da interação entre três elementos fundamentais: a fonte sonora, o caminho de transmissão e as características acústicas do ambiente receptor. O desempenho de isolamento da edificação influencia diretamente a quantidade de energia sonora transmitida entre os ambientes, enquanto fatores como ruído residual, geometria do recinto e tempo de reverberação modificam a percepção do usuário. Entretanto, quando analisadas as fontes típicas de academias, observa-se que o tipo de atividade desenvolvida e a intensidade dos impactos exercem influência predominante sobre o potencial de incômodo, uma vez que determinam tanto a energia introduzida na estrutura quanto o conteúdo espectral do ruído transmitido.

Nesse contexto, a compreensão do desempenho acústico de academias exige a análise conjunta da capacidade de isolamento da edificação e das características das fontes sonoras utilizadas durante sua operação. Assim, este trabalho concentra-se na avaliação desses dois fatores, por meio da análise de resultados obtidos em ensaios de campo realizados em academias implantadas em edifícios multipavimentos. São investigadas diferentes tipologias de fontes de impacto em situações controladas, buscando contribuir para a discussão de descritores e critérios mais representativos para a avaliação acústica desse tipo de ruído.

2. Conceitos aplicados à avaliação acústica de academias

Para este trabalho, foram analisados os conceitos apresentados nos guias orientativos publicados pela *Association of Australasian Acoustical Consultants* (AAAC), pela *Association of Noise Consultants* (ANC) e pela ProAcústica. Todos os documentos propõem uma categorização das principais fontes de ruído presentes em academias. Em comum, abordam o ruído aéreo, proveniente principalmente de sistemas de amplificação sonora, mas também consideram a voz elevada dos instrutores e as vocalizações associadas ao esforço físico, como o *kiai*, característico das artes marciais japonesas. Entretanto, este estudo concentra-se exclusivamente nos ruídos de impacto transmitidos pela estrutura da edificação, uma vez que os próprios guias indicam que o controle do ruído aéreo pode ser realizado por meio das soluções tradicionalmente empregadas em outros tipos de ambientes, mesmo quando há utilização de sistemas de sonorização.

No *Guideline for Acoustic Assessment of Gymnasiums and Exercise Facilities* [1], publicado pela AAAC em fevereiro de 2022, além do ruído aéreo, são considerados dois mecanismos principais de propagação: a transmissão estrutural por vibração e o ruído estrutural gerado pelos impactos.

Já o *ProPG: Gym Acoustics Guidance* (GAG) [2], elaborado pela *Association of Noise Consultants* (ANC) e publicado em março de 2023, propõe uma classificação mais detalhada dos ruídos estruturais. O primeiro grupo é denominado *High Impact Response* (*HIR*), traduzido como Resposta a Impactos de Alta Energia, e corresponde aos impactos produzidos por massas rígidas ou resilientes, como halteres, *kettlebells* e *slam balls*. O segundo grupo é denominado *Synchronised Repetitive Excitation* (*SRE*), traduzido como Excitação Repetitiva Sincronizada, referente às vibrações geradas por atividades cíclicas e repetitivas, como corrida em esteiras ou pular corda.

Por sua vez, o Guia ProAcústica [3] para o Ruído das Academias: Boas Práticas de Projetos, publicado em abril de 2026, diferencia o ruído de impacto com base no comportamento e tipo de fonte Assim como no *ProPG*, os impactos são classificados em impactos repetitivos de baixa ou moderada intensidade, que favorecem a propagação contínua de vibrações pela estrutura, e impactos de alta energia, caracterizados por forças dinâmicas impulsivas de elevada magnitude. O guia também utiliza os termos de impacto de corpo duro e impacto de corpo mole, conforme a ABNT NBR 15575:2021[4], para diferenciar fontes rígidas, como halteres e barras, de fontes resilientes, como o corpo humano.

Além disso, classifica a origem do impacto em direta, quando ocorre sobre a estrutura da edificação, e indireta, quando ocorre sobre equipamentos ou objetos apoiados ou fixados à estrutura.

Os três documentos também apresentam uma classificação das diferentes modalidades de atividade física desenvolvidas em academias. Entretanto, o presente estudo limita-se aos espaços destinados a exercícios aeróbicos/ cardiovasculares e musculação com pesos livres e equipamentos com pesos guiados, por serem os mais comuns nos edifícios multipavimentos residenciais no Brasil. Enquanto o guia da AAAC [1] apenas relaciona essas modalidades, o *ProPG* [2] apresenta uma breve descrição de cada uma delas, ilustrando seus principais equipamentos e formas de utilização. Já o Guia ProAcústica [3] amplia essa abordagem ao analisar o tipo de esforço dinâmico transmitido à estrutura da edificação em cada modalidade.

Os exercícios aeróbicos e cardiovasculares caracterizam-se, em geral, por maior duração e menor intensidade de esforço [3]. Podem ser realizados individualmente, por meio de esteiras, bicicletas ergométricas, simuladores de escada e equipamentos elípticos, ou coletivamente, como nas modalidades de *spinning* e *body jump*. Também incluem atividades baseadas em movimentos corporais, como polichinelos e saltos com corda. Essas modalidades podem produzir forças dinâmicas contínuas, capazes de gerar excitações repetitivas sincronizadas (*SRE*) e impactos diretos ou indiretos na estrutura da edificação, dependendo do tipo de exercício executado [3].

Os exercícios de musculação, por sua vez, utilizam pesos livres, como halteres e barras, ou equipamentos baseados em sistemas de contrapesos, roldanas, molas, elásticos ou mecanismos hidráulicos. Nessas atividades, as forças dinâmicas são geradas principalmente pelo choque entre os pesos e o piso ou entre os pesos e os próprios equipamentos. Em geral, esses impactos não fazem parte da execução normal do exercício, sendo decorrentes do manuseio inadequado ou acidental dos pesos, especialmente dos pesos livres [3]. Diferentemente dos exercícios aeróbicos, esses impactos são eventos impulsivos de alta energia, cuja intensidade depende principalmente da massa do objeto, da altura da queda, da rigidez da fonte de impacto e das características mecânicas do sistema de piso da academia.

2.1 Critérios de avaliação

O *Guideline for Acoustic Assessment of Gymnasiums and Exercise Facilities* [1], da AAAC, estabelece critérios distintos para a avaliação do ruído contínuo e do ruído impulsivo em receptores residenciais. Para o ruído contínuo, proveniente principalmente de sistemas de sonorização, música e vocalizações dos usuários, recomenda-se a utilização do descritor $L_{\mathrm{A10,15\ min}}$. Nessa condição, o nível sonoro da academia não deve exceder em mais de 5 dB o som residual no período compreendido entre 7h e 22h. Durante o período noturno, entre 22h e 7h, a contribuição sonora da academia não deve ultrapassar o próprio som residual. Entretanto, a diretriz reconhece que esse critério não é adequado para a avaliação de ruídos impulsivos, cuja completa inaudibilidade, embora desejável, nem sempre é tecnicamente viável. Para esses casos, é proposto o descritor L_{AFmax}, calculado a partir das bandas de oitava de interesse, normalmente iniciando em 31,5Hz. Os valores máximos recomendados são de 35 dB no período diurno, 30 dB no período de entardecer e 25 dB no período noturno.

O *ProPG: Gym Acoustics Guidance* [2] apresenta três abordagens tradicionalmente utilizadas para a definição de critérios de ruído: valores absolutos de referência, variação do nível sonoro e contribuição relativa, baseado na comparação entre o nível sonoro da fonte e o som residual. O documento analisa diferentes normas e critérios amplamente empregados na avaliação acústica e conclui, baseado na experiência acumulada do grupo de trabalho responsável pela elaboração do documento, que a utilização das curvas *Noise Rating* (NR) está associada a baixos índices de reclamações da população. A partir desse conceito foram desenvolvidas as G-Curves, um sistema de classificação baseado em um índice único, semelhante às curvas NR, porém definido em bandas de um terço de oitava, proporcionando maior resolução espectral. A classificação é obtida pela maior G-Curve que não é excedida pelos níveis sonoros medidos em cada banda de frequência. Essa metodologia permite uma avaliação mais representativa das baixas frequências, principais responsáveis pelo incômodo decorrente

do ruído de impacto em academias. Assim, quando o som residual predomina nas médias e altas frequências e compromete a representatividade do valor único da G-Curve, é recomendado avaliar especificamente as baixas frequências e verificar sua conformidade com a G-Cuve de referência. Para receptores residenciais, o *ProPG* estabelece critérios distintos para ruído aéreo e ruído de impacto, com descritores e limites específicos para os períodos diurno e noturno, conforme apresentado no Tabela 1.

Tabela 1: Critérios orientativos para o nível sonoro interno gerado por atividades em academias - Residencial (livre tradução e adaptado *Tabel* 2)[2].

Tipo de receptor	Critério orientativo (para níveis em bandas de um terço de oitava representados graficamente em relação à G-Curve correspondente)	
	Ruído Aéreo $Leq_{,T}$ (31,5Hz a 8kHz)	Ruído de impacto $L_{F,max}$ (31,5Hz a 8kHz)
Área Residencial	G15 – G25 (diurno)	G20 – G25 (diurno)
	G10 – G20 (noturno)	G15 – G20 (noturno)

O *ProPG* [2] também reconhece que os critérios propostos podem não ser adequados para todas as situações. Em ambientes com níveis de som residual muito baixos, os valores recomendados podem não ser suficientes para garantir a proteção dos receptores sensíveis. Em contrapartida, em locais com elevados níveis de som residual, critérios menos restritivos podem ser adotados.

Por sua vez, o Guia ProAcústica para o Ruído das Academias: Boas Práticas de Projetos [3] não propõe critérios específicos para a avaliação acústica de academias. O documento destaca que as atuais normas técnicas brasileiras aplicáveis às edificações residenciais não contemplam critérios representativos para a avaliação do ruído estrutural decorrente de impactos de alta intensidade, evidenciando a necessidade de desenvolvimento de metodologias específicas para esse tipo de fonte sonora.

2.2 Métodos de avalição

As diretrizes da AAAC [1] propõem que, em cada ambiente receptor, sejam medidos os níveis sonoros produzidos por quatro impactos de queda de peso, sendo o valor representativo do ambiente obtido pela média logarítmica dos níveis de L_{AFmax} registrados em cada impacto. O documento ressalta que o cenário de ensaio deve ser compatível com a forma de utilização da academia. Em instalações onde não é permitida a soltura de pesos, quedas com alturas de até 20 cm podem representar situações acidentais de apoio inadequado dos pesos ao piso. Por outro lado, em academias nas quais a queda de pesos faz parte da prática esportiva, como no levantamento olímpico, a altura de queda adotada no ensaio deve ser representativa da utilização prevista, podendo chegar a 1,50 m.

O *ProPG: Gym Acoustics Guidance* [2] apresenta dois métodos de ensaio. O Método 1 destina-se à avaliação preliminar da edificação, visando verificar sua aptidão para receber uma academia e fornecer subsídios para o desenvolvimento do projeto acústico. Esse procedimento também pode ser utilizado em ensaios de comissionamento. Trata-se de uma avaliação da Resposta a Impactos de Alta Energia (*High Impact Response* – HIR), na qual deve ser empregada uma massa capaz de excitar adequadamente a estrutura, recomendando-se pesos entre 20 kg e 35 kg, lançados de uma altura de 0,50 m. A massa utilizada deve possuir geometria que proporcione uma área de contato constante entre os impactos e revestimento em borracha. Para cada posição de ensaio devem ser realizados, no mínimo, três impactos.

O Método 2 é destinado à avaliação de academias em operação, sendo particularmente indicado para investigações de reclamações ou para a validação do desempenho acústico em condições reais de uso. A diretriz recomenda a avaliação das principais fontes de impacto previstas para a academia, incluindo slam balls com massa mínima de 10 kg, lançadas a partir de aproximadamente 1,50 m; halteres de aproximadamente 35 kg; barras olímpicas com massa de até 150 kg, submetidas a quedas de 0,50 m; corrida em esteira ergométrica a aproximadamente 10 km/h; e máquinas de musculação com pesos

guiados, nas quais se recomenda a liberação de aproximadamente 50 kg a partir de 0,20 m. O documento também recomenda a avaliação de outras atividades potencialmente críticas, como exercícios com corda naval, sacos de peso e outras modalidades que produzam impactos significativos [3].

Para cada condição de ensaio devem ser realizados no mínimo três impactos, sendo recomendável a execução de até seis impactos, especialmente quando são utilizadas fontes resilientes, como as *slam balls*. Devido à sua deformabilidade, essas fontes apresentam maior tempo de contato durante o impacto, podendo gerar respostas estruturais diferentes daquelas produzidas por pesos rígidos. Esse comportamento tende a ser mais pronunciado em bolas com menor pressão interna de enchimento, condição que aumenta sua deformabilidade e altera a força de impacto transmitida à estrutura [4].

O Guia ProAcústica para o Ruído das Academias: Boas Práticas de Projetos [3] não estabelece um método específico de ensaio, mas apresenta recomendações técnicas para a realização de avaliações e simulações. O documento enfatiza que os ensaios devem reproduzir, da forma mais fiel possível, as condições reais de utilização da academia, contemplando tanto fontes de alto impacto quanto fontes de excitação repetitiva, evitando procedimentos que superestimem artificialmente as solicitações dinâmicas e observando as boas práticas de utilização do ambiente.

3. Coleta de dados

A maioria das academias avaliadas encontrava-se em fase de comissionamento. Dessa forma, as fontes sonoras foram simuladas de maneira controlada, em conformidade com as condições previstas de utilização dos ambientes. Foram avaliadas 15 academias localizadas em edificações residenciais, entre os anos de 2024 e 2026. Em razão do aumento das reclamações relacionadas ao ruído de impacto, a maior parte dessas academias não possuía áreas destinadas à prática de musculação com pesos livres, como medida para reduzir os impactos decorrentes da queda de anilhas, barras e halteres.

As medições foram realizadas com sonômetros classe 1, ambos do modelo Fusion, fabricante 01dB, calibrado por laboratório acreditado pela Rede Brasileira de Calibração (RBC). Antes do início de cada série de medições, foi realizado o ajuste de campo do sonômetro, utilizando calibrador acústico acoplado ao microfone. Ao término das medições, foi realizada a verificação do ajuste de campo, constatando-se que a diferença entre a leitura final e o valor ajustado inicialmente não ultrapassou 0,5 dB. Dessa forma, todas as medições foram consideradas válidas.

O tempo de medição em cada ponto foi de, no mínimo, 30 segundos. Para as fontes de alto impacto, adotou-se um intervalo mínimo de 10 segundos entre impactos, sendo realizados três impactos em cada ponto de medição. Os níveis sonoros foram registrados em bandas de um terço de oitava, abrangendo as frequências centrais de 20 Hz a 8 kHz, e modo a representar tanto o conteúdo de baixas frequências associadas aos impactos estruturais quanto os principais componentes espectrais das fontes avaliadas.

Conforme estabelecido na ABNT NBR 10152:2017 (Versão Corrigida 1:2020) – Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações [5], o tempo de integração adotado foi de 1 s. Dessa forma, foram registrados, para cada banda de frequência, os descritores $L_{\mathrm{eq,1s}}$ e L_{Smax} em valores lineares.

Em cada ambiente receptor foram realizadas medições em, no mínimo, três posições, localizadas a aproximadamente 1,0 m de superfícies refletoras ou de elementos com potencial de transmissão sonora significativa, como janelas. A distância mínima entre os pontos de medição foi de 0,70 m.

Para as análises foram considerados os níveis sonoros correspondentes às condições com as fontes em funcionamento. Os resultados não foram submetidos a correções relacionadas ao tempo de reverberação, mesmo nos ambientes receptores sem mobiliário, condição predominante entre os ensaios realizados. Nos casos em que ocorreram ruídos intrusivos, os trechos correspondentes foram excluídos do registro temporal antes do processamento dos dados.

3.1 Limitações metodológicas na comparação dos descritores

Os critérios propostos pela AAAC e pelo *ProPG: Gym Acoustics Guidance* [1]são baseados em descritores obtidos com ponderação temporal *Fast* (*F*), cuja constante de tempo é de 125 ms. Entretanto, os dados analisados neste estudo foram obtidos conforme os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 10152:2017 (Versão Corrigida 1:2020) [5], que adota tempo de integração de 1 s para o registro dos níveis sonoros em bandas de um terço de oitava, resultando na obtenção do descritor L_{Smax}.

Embora os descritores L_{Fmax} e L_{Smax} representem o nível máximo de pressão sonora, eles diferem quanto à resposta temporal do registro do realizado pelo sonômetro. Para eventos impulsivos de curta duração, como alguns impactos avaliados neste estudo, a maior constante de tempo do descritor *Slow* (*S*), geralmente, tende a reduzir o valor do nível de pressão sonora registrado em comparação com os níveis L_{Fmax} correspondentes. Essa diferença decorre do processo de integração temporal do sinal.

Diante dessa limitação, optou-se por realizar a comparação utilizando os valores de L_{Smax}, reconhecendo que essa substituição não reproduz integralmente os critérios originalmente propostos pelas diretrizes internacionais. Assim, a avaliação apresentada é uma análise preliminar de conformidade, para nortear futuros estudos quanto a critérios e valores aplicáveis a realidade brasileira, consequentemente, reitera-se que a presente uma avaliação é potencialmente mais permissiva que a originalmente proposta nos documentos internacionais.

3.2 Caracterização dos casos estudados

O Quadro 1 apresenta as características das fontes sonoras utilizadas neste estudo. As fontes F1, F4 e F7 geram excitações repetitivas sincronizadas (*SER*) transmitidas indiretamente à estrutura da edificação, ou seja, a força dinâmica é inicialmente aplicada a um equipamento, que posteriormente a transfere para a estrutura. As fontes F2 e F6 também produzem excitações repetitivas sincronizadas (*SER*), porém com transmissão direta à estrutura da edificação. As demais fontes caracterizam-se por impactos de alta energia (*HIR*), sendo que a fonte F3 transmite o impacto indiretamente, enquanto as fontes F5 e F8 o aplicam diretamente sobre a estrutura.

Quadro 1: Tipo de fontes sonoras.

Nº. fonte	Descrição da fonte	Tipo
F1	Adulto (65 a 80kg) com tênis de corrida, correndo na esteira ergométrica na velocidade 9 a 10km/h.	*SER* Indireto
F2	Adulto (65 a 80kg) com tênis de corrida executando polichinelo initerruptamente.	*SER* Direto
F3	Manipulação de equipamento de musculação com polias e cabos com queda do peso (15 a 20 kg) a 8 cm de altura.	*HIR* Indireto
F4	Adulto (65 a 80kg) utilizando bicicleta ergométrica para *spinning*.	*SER* Indireto
F5	Adulto (65 a 80kg) com tênis de corrida executando pulo em *jump box*.	*SER* Direto
F6	Adulto (65 a 80kg) com tênis de corrida pulando corda initerruptamente.	*SER* Direto
F7	Adulto (65 a 80kg) utilizando escada ergométrica.	*SER* Indireto
F8	Manipulação de halter 9 kg sextavado em queda livre, altura 50 cm.	*HIR* Direto

O Quadro 2 apresenta as características dos ambientes emissores e receptores, bem como das fontes sonoras avaliadas

Quadro 2: Característica dos ambientes receptores e respectivas academias emissoras.

Nº.	Característica do ambiente receptor	Característica piso academia	Localização do receptor	Nº. fonte
R1	Volume 37m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos.	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 7 cm sobre manta de lã de poliéster 10mm, revestido com piso vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F1
				F2
				F3
R2	Volume 49m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos.	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 5cm sobre manta de lã de poliéster 5mm, revestimento cerâmico. Sem pesos livres proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F1
				F2
				F3
R3	Volume 23m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos.	Laje nervurada 36cm, contrapiso 5cm sobre manta ondulada pneu reciclado de 6/3mm, revestimento vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F1
				F2
				F3
R4	Volume 25m³, semi mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos.	Laje maciça de concreto 18cm, contrapiso 9cm sobre pad borracha natural 40mm, revestido com piso emborrachado. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente abaixo da academia.	F1
				F4
R5	Volume 25m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 9cm sobre pad borracha natural 40mm, piso emborrachado 20mm. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente abaixo da academia.	F1
				F5
R6	Volume 38m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, laje 5cm sobre pad borracha natural 40mm, contrapiso 3cm sobre manta emborrachada 5mm, pisoo vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento abaixo da academia deslocado.	F1
				F2
				F3
R7	Volume 40m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 5cm sobre manta ondulada pneu reciclado de 6/3mm, revestimento vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F1
				F6
R8	Volume 55m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 5cm sobre manta ondulada pneu reciclado de 6/3mm, revestimento vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F3
R9	Volume 29m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 5cm sobre pad borracha natural 40mm, piso vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento abaixo da academia deslocado.	F1
				F3
				F6

Nº.	Característica do ambiente receptor	Característica piso academia	Localização do receptor	Nº. fonte
R10	Volume 21m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 5cm sobre manta ondulada pneu reciclado de 10/5mm, piso vinílico. Sem pesos livres ou equipamentos de roldanas.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F1
				F6
				F7
R11	Volume 37m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 12cm, contrapiso 7cm sobre manta ondulada pneu reciclado de 10/5mm, piso vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente acima da academia.	F2
				F3
R12	Volume 42m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 6cm sobre pad borracha natural 40mm, piso de pneu reciclado de 50mm. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento diretamente abaixo da academia.	F1
				F2
				F3
R13	Volume 33m³, mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 4cm sobre manta emborrachada 5mm, piso vinílico. Sem pesos livres ou equipamentos de roldanas.	1 pavimento diretamente abaixo da academia.	F1
				F2
				F3
R14	Volume 21m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 20cm, contrapiso 5 cm sobre pad borracha natural 40mm, revestido com piso vinílico. Sem pesos livres e proibição de soltar pesos.	1 pavimento abaixo da academia deslocado.	F1
				F2
				F3
R15	Volume 51m³, não mobiliado, paredes pintadas, forro de gesso, pisos cerâmicos	Laje maciça de concreto 17cm, contrapiso 5 cm sobre manta polietileno expandido 8mm, revestido com piso emborrachado 15mm.	1 pavimento abaixo da academia deslocado.	F1
				F2
				F8

4. Apresentações dos resultados

A seguir são apresentados os valores de $L_{AS,max}$ e das G-Curves L_{eq} e L_{Smax} obtidos nos 39 ensaios realizados. Para cada descritor, apresenta-se a correspondente avaliação de conformidade com os critérios estabelecidos pela respectiva diretriz, indicando o período mais restritivo para o qual os limites foram atendidos. Reitera-se, que por limitações metodológicas, este estudo utilizou o descritor L_{Smax} em substituição ao L_{Fmax}, recomendado nas diretrizes internacionais, gerando avaliações potencialmente mais permissiva do que a proposta nas diretrizes originais.

Quadro 3: Avaliação de conformidade dos resultados frente aos descritores acústicos, segundo as diretrizes analisadas.

Nº.	Nº. fonte	$L_{AS,max}$	Avaliação de conformidade	G-Curve Leq	Avaliação de conformidade	G-Curve LSmax	Avaliação de conformidade
R1	F1	12,3	Noturno	G20	Noturno	G25	Diurno
	F2	17,5	Noturno	G20	Noturno	G30	Não atende
	F3	45,1	Não atente	G50	Não atende	> G50	Não atende

Nº.	Nº. fonte	$L_{AS,max}$	Avaliação de conformidade	G-Curve Leq	Avaliação de conformidade	G-Curve LSmax	Avaliação de conformidade
R2	F1	18,7	Noturno	G25	Diurno	G35	Não atende
	F2	21,0	Noturno	G25	Diurno	G35	Não atende
	F3	27,9	Entardecer	G35	Não atende	G45	Não atende
R3	F1	14,5	Noturno	G25	Diurno	G25	Diurno
	F2	20,9	Noturno	G25	Diurno	G35	Não atende
	F3	26,8	Entardecer	G30	Não atende	G40	Não atende
R4	F1	15,6	Noturno	G25	Diurno	G30	Não atende
	F4	18,9	Noturno	G25	Diurno	G30	Não atende
R5	F1	29	Entardecer	G40	Não atende	G45	Não atende
	F5	32,5	Diurno	G40	Não atende	G50	Não atende
R6	F1	22,6	Entardecer	G35	Não atende	G40	Não atende
	F2	21,6	Entardecer	G30	Não atende	G35	Não atende
	F3	45,4	Não atente	G40	Não atende	> G50	Não atende
R7	F1	20,3	Noturno	G30	Não atende	G35	Não atende
	F6	22,1	Noturno	G30	Não atende	G35	Não atende
R8	F3	26,7	Entardecer	G35	Não atende	G45	Não atende
R9	F1	25,6	Entardecer	G35	Não atende	G40	Não atende
	F3	33,4	Diurno	G40	Não atende	G50	Não atende
	F6	28,8	Entardecer	G40	Não atende	G40	Não atende
R10	F1	26,1	Entardecer	G35	Não atende	G40	Não atende
	F6	28,9	Entardecer	G40	Não atende	G45	Não atende
	F7	23	Noturno	G35	Não atende	G40	Não atende
R11	F2	11,2	Noturno	G20	Não atende	G25	Não atende
	F3	23,1	Noturno	G30	Não atende	G40	Não atende
R12	F1	22,9	Noturno	G40	Não atende	G40	Não atende
	F2	16,8	Noturno	G25	Não atende	G30	Não atende
	F3	23,6	Noturno	G30	Não atende	G40	Não atende

Nº.	Nº. fonte	$L_{AS,max}$	Avaliação de conformidade	G-Curve Leq	Avaliação de conformidade	G-Curve LSmax	Avaliação de conformidade
R13	F1	22,5	Noturno	G35	Não atende	G35	Não atende
	F2	26,0	Entardecer	G35	Não atende	G40	Não atende
	F3	26,9	Entardecer	G35	Não atende	G45	Não atende
R14	F1	24,8	Noturno	G35	Não atende	G40	Não atende
	F2	24,3	Noturno	G35	Não atende	G40	Não atende
	F3	31,6	Diurno	G40	Não atende	G45	Não atende
R15	F1	12,9	Noturno	G20	Noturno	G30	Não atende
	F2	26,5	Entardecer	G25	Diurno	G40	Não atende
	F8	32,6	Diurno	G45	Não atende	G50	Não atende

5. Discussão dos resultados

Embora a maior parte das fontes avaliadas produza excitações repetitivas sincronizadas, considerou-se que a utilização do descritor L_{Smax} seria representativa para a caracterização da intensidade máxima desses eventos, uma vez que a repetitividade da excitação (*SER*) está associada principalmente à intensificação da propagação da vibração na estrutura, e não à magnitude de cada impacto individual. Dos 39 ensaios realizados, apenas 12 envolveram fontes de impacto de alta energia (*HIR*). Ainda assim, essas fontes também foram avaliadas por meio da G-Curve baseada no descritor L_{eq}, considerando que os impactos foram realizados com intervalo padronizado de 10s, permitindo que o nível equivalente representasse adequadamente a energia sonora produzida durante a sequência de impactos.

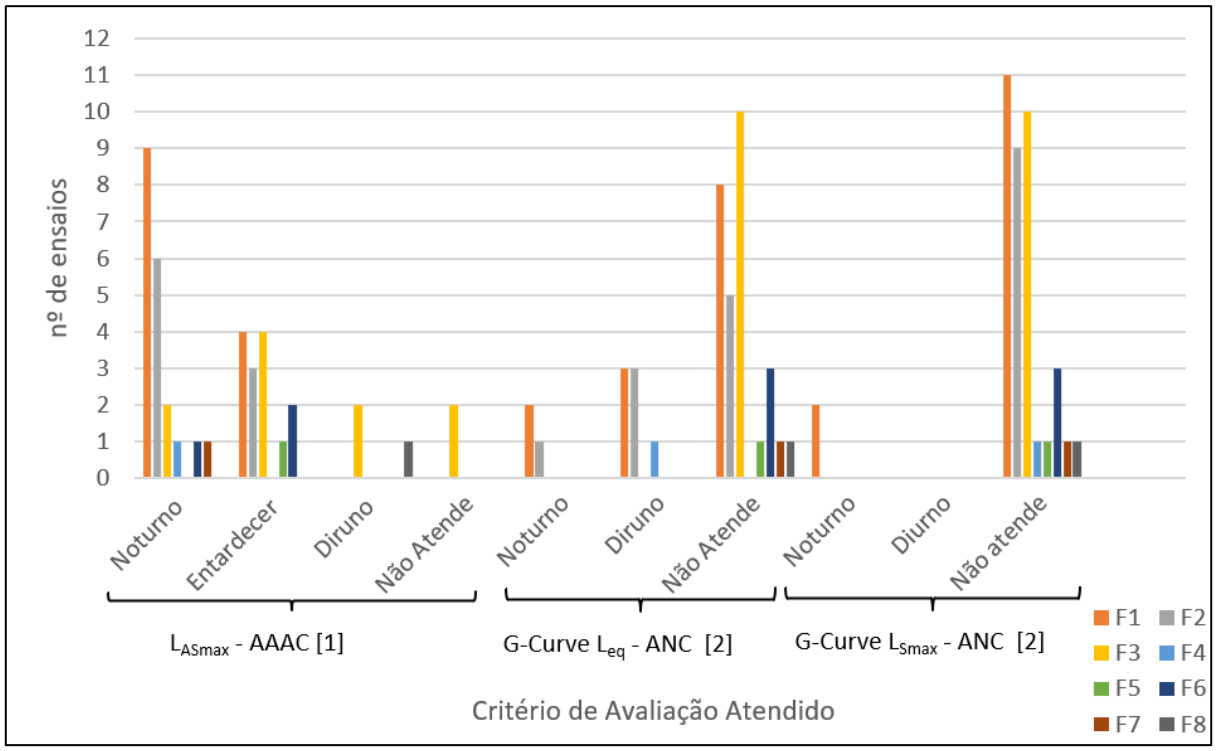


Figura 1: Conformidade das fontes por critério.

Os resultados demonstram diferenças significativas entre os critérios propostos pela AAAC e pelo *ProPG: Gym Acoustics Guidance*. Enquanto o critério baseado em L_{ASmax} apresentou atendimento em parcela expressiva dos ensaios, os critérios baseados nas G-Curves mostraram-se consideravelmente mais restritivos. Dos 39 ensaios avaliados, apenas 2 (95%) não atenderam ao critério de L_{ASmax}, ao passo que 29 (74%) não atenderam à G-Curve L_{eq} e 37 (95%) não atenderam à G-Curve L_{Smax}. Esses resultados indicam que a utilização das G-Curves impõe exigências significativamente mais rigorosas, principalmente por considerar o comportamento espectral do ruído nas baixas frequências, faixa em que se concentra grande parte da energia produzida pelos impactos estruturais.

Observa-se também que o desempenho varia conforme o tipo de fonte. As fontes de excitação repetitiva sincronizada apresentaram maior probabilidade de atendimento aos critérios, especialmente quando avaliadas pelo L_{ASmax}, enquanto as fontes impulsivas apresentaram os piores resultados. Todas as fontes classificadas como impactos de alta energia (F3, F5 e F8) foram reprovadas pelos critérios das G-Curves, independentemente de a transmissão ocorrer de forma direta ou indireta. Esse comportamento evidencia que a metodologia do *ProPG* é particularmente sensível aos impactos impulsivos, uma vez que estes concentram elevada energia nas baixas frequências e apresentam maior potencial de propagação estrutural.

A forma de transmissão da excitação também influenciou os resultados. Entre as fontes repetitivas, aquelas com transmissão indireta (F1, F4 e F7) apresentaram desempenho ligeiramente superior ao das fontes com transmissão direta (F2 e F6), principalmente quando avaliadas pelo critério L_{ASmax}. Esse comportamento pode ser explicado pela capacidade de equipamentos como esteiras e bicicletas de absorver parte da energia dinâmica antes de sua transferência para a estrutura da edificação. Entretanto, essa diferença praticamente desaparece quando se utilizam os critérios das G-Curves, indicando que a energia de baixa frequência continua sendo suficientemente elevada para comprometer o atendimento aos limites propostos. Observa-se ainda, que dos dez ensaios que atenderam aos critérios da G-Curve Leq, apenas dois atenderam também ao período mais permissivo da G-Curve LSmax, que admite níveis 5 dB superiores. Esses resultados sugerem que, mesmo nas fontes de Excitação Repetitiva Sincronizada (*SER*), podem ocorrem eventos impulsivos significativos.

Deve-se ressaltar que a avaliação de conformidade com a G-Curve L_{Smax} foi realizada utilizando o descritor L_{Smax}, em decorrência da limitação metodológica imposta pelo procedimento de medição adotado pela ABNT NBR 10152, que prevê tempo de integração de 1s [5]. Conforme discutido anteriormente, para eventos impulsivos de curta duração, os valores de L_{Smax} tendem a ser inferiores aos correspondentes L_{Fmax}. Dessa forma, os elevados índices de não conformidade observados para a G-Curve L_{Smax} tenderiam a aumentar com a aplicação do descritor originalmente previsto pela diretriz (L_{Fmax}).

6. Considerações finais

Os resultados obtidos indicam que os descritores propostos pelo *ProPG: Gym Acoustics Guidance*, em especial as G-Curves, constituem uma ferramenta tecnicamente consistente para a avaliação do ruído de impacto gerado por academias, sendo aplicáveis tanto às fontes de Resposta a Impactos de Alta Energia (*HIR*) quanto às Excitações Repetitivas Sincronizadas (*SRE*). Entretanto, quando aplicados às edificações residenciais brasileiras avaliadas neste estudo, os critérios de conformidade mostraram-se significativamente mais restritivos do que aqueles propostos pela AAAC, resultando em elevados índices de não atendimento, inclusive para fontes repetitivas de menor energia. Esses resultados sugerem que, embora a metodologia de avaliação possa ser incorporada ao contexto nacional, os valores-limite merecem ser objeto de estudos específicos para a realidade construtiva brasileira.

Como continuidade desta pesquisa, recomenda-se a realização de estudos de pós-ocupação que correlacionem os descritores acústicos avaliados com a percepção de incômodo dos moradores. Essa abordagem permitirá verificar se os critérios atualmente propostos representam adequadamente a

resposta subjetiva dos usuários e fornecerá subsídios técnicos para a definição de limites de desempenho mais representativos das condições de uso e ocupação das edificações residenciais brasileiras.

Referências

1. 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.
2. *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.
3. Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (ProAcústica), Guia Proacústica para o ruído das academias: boas práticas de projeto. Brasil, 2026. Disponível em: https://www.proacustica.org.br/guias-proacustica/guia-ruido-academias/
4. Schmitt, Rafael.; Coelho, Fabiana C. Academias em edifícios multipavimentos: resposta acústica de diferentes tipos de fontes e desafios nas avaliações acústicas. Em XII Congresso Iberoamericano de Acústica (FIA 2024), Santigo, Chile, 2024.
5. Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 10152:2017/Errata 1:2020. Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2020