XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Projeto acústico da sala de ensaios da Orquestra Sinfônica da UFRJ por meio de simulação computacional

Proyecto acústico de la sala de ensayos de la Orquesta Sinfónica de la UFRJ mediante simulación computacional

Acoustic design of the UFRJ Symphony Orchestra rehearsal room through computer simulation

Acústica Arquitetônica e Urbana

Fagerlande, Guilherme Coutinho
Doutorando, PROARQ/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, guilhermefagerlande@gmail.com

Torres, Julio Cesar Boscher
Professor, COPPE/POLI/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, julio@poli.ufrj.br

Niemeyer, Maria Lygia
Professora, PROARQ/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, dobarulho.proarq@ufrj.br

Resumo

A Orquestra da Escola de Música da UFRJ atualmente ensaia em uma sala comum, sobre a qual há reclamações como ruído externo excessivo e alta reverberação. Foram realizadas medições de tempo de reverberação e de nível de pressão sonora na sala e constatou-se que há falta de isolamento adequado e de tratamento acústico. O objetivo deste trabalho é apresentar alternativas de intervenções acústicas para adequar a sala de ensaio ao seu uso. A avaliação das alternativas é realizada por meio de simulações acústicas, com os simuladores BRASS e Cype Acoubat, que possibilitam analisar o tempo de reverberação e grau de isolamento para diversas configurações, de pequenos grupos até uma orquestra sinfônica. São apresentados os dados e resultados das simulações, cujos valores indicam que, com soluções economicamente viáveis, é possível transformar a sala em um espaço adequado para ensaios e garantir o isolamento e o condicionamento acústico necessários.

Palavras-chave: Condicionamento acústico. Isolamento acústico. Simulação computacional. Projeto acústico. UFRJ.

Resumen

La Orquesta de la Escuela de Música de la UFRJ ensaya en una sala común con problemas de ruido externo y alta reverberación. Mediciones de tiempo de reverberación y nivel de presión sonora confirmaron la falta de aislamiento y tratamiento acústico. Este trabajo presenta alternativas para adecuar la sala como espacio de ensayo. La evaluación se realizó mediante simulaciones con los programas BRASS y Cype Acoubat, que analizan el tiempo de reverberación y el aislamiento en diferentes configuraciones, desde pequeños grupos hasta una orquesta sinfónica. Los resultados muestran que, con soluciones económicamente viables, es posible transformar la sala en un ambiente adecuado para ensayos, garantizando el aislamiento y acondicionamiento acústico necesarios.

Palabras clave: Acondicionamiento acústico. Aislamiento acústico. Simulación computacional. Proyecto acústico. UFRJ.

Abstract

The Orchestra of the UFRJ School of Music currently rehearses in a standard room with issues such as excessive external noise and high reverberation. Measurements confirmed insufficient sound insulation and lack of acoustic treatment. This study proposes alternative acoustic interventions to adapt the room for rehearsals. The evaluation was conducted through simulations using BRASS and Cype Acoubat software, which analyze reverberation time and sound insulation for various configurations, from small ensembles to a full orchestra. The paper presents data and results indicating that, with cost-effective solutions, the room can be transformed into an acoustically appropriate space, providing the necessary insulation and conditioning.

Keywords: Room acoustics. Sound insulation. Computer simulation. Acoustic design. UFRJ.

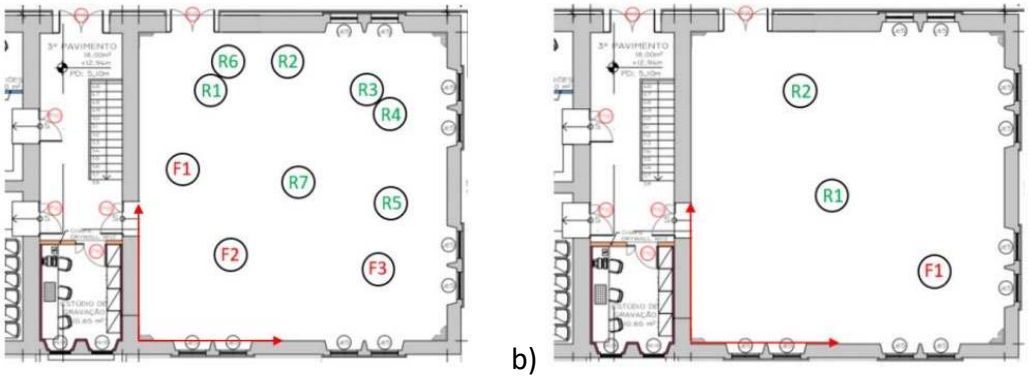
Introdução

A sala de ensaios da Orquestra Sinfônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (OSUFRJ) está localizada no 5º pavimento do Edifício 2 da Escola de Música da UFRJ, no bairro da Lapa, Rio de Janeiro. O edifício é tombado pelo Município do Rio de Janeiro por meio do Instituto Rio Patrimônio da Humanidade, o que impõe restrições a modificações, especialmente nas fachadas.

Atualmente, a sala não apresenta condições acústicas adequadas para sua função. Para o uso como sala de ensaios orquestrais, é essencial que o ambiente possua tratamento e isolamento acústico apropriados, pois a qualidade da performance musical está diretamente relacionada às características do espaço onde o som se propaga. Entre os principais problemas observados estão: isolamento acústico insuficiente, elevado nível de ruído residual e tempo de reverberação acima do indicado. Tais fatores impactam diretamente no desempenho dos músicos. A Figura 1 ilustra a planta baixa da sala em seu estado atual com os pontos de medição, com janelas fechadas (a) e janelas abertas (b).

Figura 1: Planta baixa da sala de ensaios e pontos de medição, janelas fechadas (a) e abertas (b).

a) b)



Fonte: Escritório Técnico Universitário (ETU) da UFRJ adaptado pelos autores (2025).

A planta arquitetônica da sala foi obtida junto ao Escritório Técnico Universitário, no contexto dos processos de ampliação e restauro da Escola de Música. A sala possui área de 123,32 m², pé-direito de 4,85 m, janelas de madeira com venezianas e vidros, porta de madeira com dimensões de 1,40 m x 2,70 m, forro de gesso liso e piso em madeira. As janelas estão distribuídas em três das quatro paredes: uma voltada para a Avenida República do Paraguai (com maior exposição ao ruído externo), outra para o Edifício 1 da EMUFRJ (onde se localiza o Salão Leopoldo Miguez) e a terceira para a Escola de Desenho Industrial da UERJ

(Universidade do Estado do Rio de Janeiro). A Figura 2 apresenta vistas internas da sala de ensaios no estado atual.

Figura 2: Vistas internas da sala de ensaios no estado existente.



Fonte: Autores (2025).

Segundo a norma ISO 23591 (ISO, 2021), são estabelecidos limites mínimos e máximos de tempo de reverberação (TR) em médias frequências, conforme o uso da sala, seu volume e a intensidade sonora normalizada (G). Com volume aproximado de 600 m³, a sala, quando destinada a ensaios de orquestra, deve apresentar tempo de reverberação entre 0,8 s e 1,2 s, de acordo com os parâmetros normativos.

Para o músico, os aspectos acústicos mais importantes em uma sala de ensaio incluem a capacidade de se ouvir com clareza e de perceber os outros músicos com precisão. Também é importante o equilíbrio entre o som que ele produz e o dos demais integrantes. Além disso, o condutor deve poder ter a percepção de como a obra soará na sala principal. Outros aspectos igualmente relevantes são preservar a saúde auditiva e dispor de espaço suficiente para se posicionar confortavelmente, evitando proximidade excessiva com outros músicos e superfícies refletoras (Olsen, 2022).

A melhor opção para uma orquestra seria realizar todos os ensaios na mesma sala onde o concerto será apresentado ao público. Essa prática é comum em cidades pequenas ou em locais com baixa rotatividade de espetáculos. No entanto, em grandes centros de música, onde diversos eventos acontecem semanalmente (às vezes mais de um por dia na sala principal), essa opção se torna praticamente inviável (Basso, 2024).

O objetivo deste trabalho é apresentar as alternativas técnicas de isolamento e de condicionamento acústico para a Sala de Ensaios da Orquestra Sinfônica da Escola de Música

da UFRJ e avaliá-las por meio de simulações computacionais. A iniciativa foi realizada como atividade de Extensão, sem custos para a Universidade, por integrantes dos Grupos de Pesquisa Arquitetura e Sustentabilidade (GPAS) e Gestão de Projetos em Arquitetura (GEPARQ), ambos vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ (PROARQ/FAU/UFRJ), em parceria com a Escola Politécnica da UFRJ (POLI/UFRJ). Paralelamente, foram elaborados projetos complementares de instalações e climatização por empresas contratadas pela Escola de Música da UFRJ (EMUFRJ), os quais foram compatibilizados com as diretrizes do projeto arquitetônico e acústico.

Foram adotadas as seguintes normas técnicas como referência: NBR 10152 (ABNT, 2017), para os níveis de ruído recomendados no interior da sala; NBR 12179 (ABNT, 1992), para o cálculo do tempo de reverberação (TR); e NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017), para as medições acústicas do TR da sala no estado existente. Para a simulação do tempo de reverberação no projeto da sala, utilizou-se o software BRASS (Brazilian Room Acoustics Simulator), desenvolvido na Escola Politécnica da UFRJ. Já as simulações de isolamento acústico entre ambientes e para o exterior foram realizadas com o software Cype Acoubat, baseado na norma NBR ISO 12354 (ABNT, 2023).

O *software* BRASS utiliza o método de raios para obter respostas impulsivas mono e biauriculares, permitindo análise acústica e audibilização por meio de áudios binaurais. A energia captada depende do número de raios emitidos, da geometria da sala, da distância fonte-receptor e das propriedades acústicas das superfícies (absorção, espalhamento e transmissão). O *software* aceita fontes omnidirecionais e direcionais, com potência calculada a 1 metro no eixo principal. Os raios se propagam de acordo com os coeficientes de absorção dos materiais, e a resposta impulsiva resulta da soma das energias de cada raio incidente no receptor (Torres, 2018).

Metodologia

A metodologia do trabalho consistiu em realizar as seguintes etapas: 1) Medições acústicas *in loco* de TR e ruído residual; 2) Elaboração dos modelos geométricos, após medições geométricas da sala, nos programas Autocad e BIM IFC Builder; 3) Exportação dos modelos para o *software* de condicionamento acústico (BRASS) e para o *software* de isolamento acústico (Cype Acoubat); 4) Associação de propriedades acústicas dos materiais nos respectivos *softwares*; 5) Comparação do TR do modelo virtual da sala no estado existente com os valores medidos de TR na sala (validação do modelo no BRASS), cálculos de TR de

Sabine e Eyring da sala no estado existente e simulações de isolamento acústico da sala no estado existente no Acoubat; 6) Verificação da meta a ser atingida (TR ideal e isolamento ideal); 7) Alterações na geometria e nas características acústicas dos materiais da sala, tanto no Autocad quanto no IFC Builder com a nova intervenção proposta; 8) Simulação da sala com a nova configuração no BRASS e Acoubat, e cálculos de Sabine e Eyring; 9) Comparação dos resultados do projeto com a meta (TR ideal e isolamento ideal).

Medições acústicas – TR e ruído residual

Foram realizadas medições acústicas de ruído residual e TR na sala, com o seguinte equipamento: Microfone omnidirecional Behringer ECM-8000; Placa de áudio ASIO M-AUDIO M-TRACK; Software REW V5.20; Caixa de som Behringer modelo B212. Foi utilizada fonte direcional devido à indisponibilidade de fonte omnidirecional, e a calibração do sistema foi feita usando um sinal de 1 kHz a 94 dB (referenciado a 20 µPa).

As medições de ruído residual na sala tiveram duração de 5 minutos cada, com janelas abertas e fechadas, conforme a NBR 10152 (ABNT, 2017). Os valores obtidos para o Nível Equivalente Ponderado em A ($L_{Aeq,5min}$) foram de 61 e 64 dB com janelas abertas e 53 dB e 47 dB com janelas fechadas. Esses valores estão significativamente acima do nível de referência de pressão sonora (R_{LAeq}) da norma para ruído residual de salas educacionais de música, que é de 35 dB.

Para o TR (T_{30} - Tempo de reverberação com base no decaimento de 30 dB), foram realizadas sete medições com janelas fechadas e cinco com janelas abertas (Figura 1), conforme a ISO 3382-1 (ABNT, 2017). Os dados serviram como base para a validação das simulações.

Tempo de Reverberação – Simulações e cálculos

Primeiramente foi modelado o estado atual da sala no BRASS, onde os dados simulados foram comparados às medições acústicas, para validação do modelo gerado. Os valores dos coeficientes de absorção "α" dos materiais foram aplicados aos planos correspondentes a cada material do modelo no *software*, conforme Tabela 1.

Os resultados das simulações de TR da sala no estado existente comparados às medições realizadas são apresentados em gráficos nas Figuras 3 e 4. Na Figura 3 são mostrados dois gráficos da sala com janelas fechadas, sendo (a) do ponto receptor R2 e (b) do ponto receptor

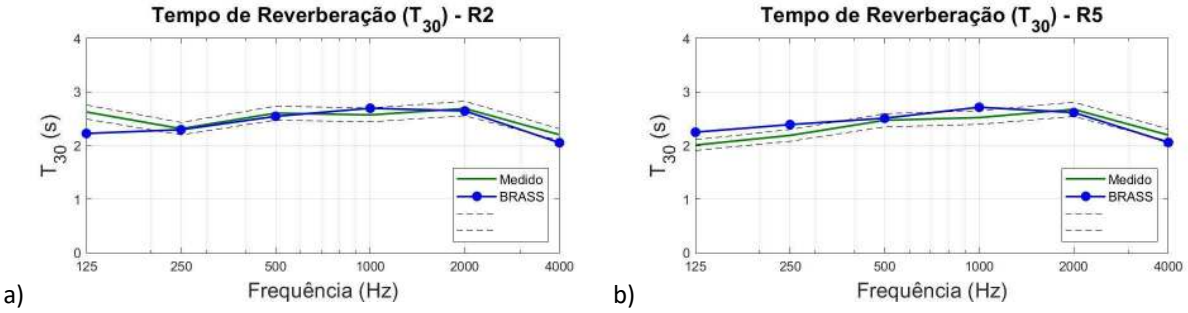
R5. Na Figura 4 são mostrados dois gráficos da sala com janelas abertas, sendo (a) do ponto receptor R1 e (b) do ponto receptor R2. Os valores simulados estão muito próximos dos valores medidos, com desvios maiores na frequência de 125 Hz, o que é comum em *softwares* acústicos com cálculos por traçado de raios, devido ao método de soma energética não considerar a interferência das ondas. Desta maneira, o modelo da sala no estado existente foi considerado válido.

Tabela 1: Coeficientes de absorção dos materiais da sala no estado existente.

Material	Local	Referência	α_{125Hz}	α_{250Hz}	α_{500Hz}	α_{1kHz}	α_{2kHz}	α_{4kHz}
Réguas madeira sobre piso de concreto	Piso	Carvalho (2010)	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Reboco liso	Paredes	NBR 12179	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06
Portas madeira fechadas	Porta	NBR 12179	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Vidraça de janela	Vidro	NBR 12179	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Janela aberta	Janelas abertas	NBR 12179	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Réguas madeira com espaço livre por baixo	Janelas fechadas	Carvalho (2010)	0,40	0,30	0,20	0,17	0,15	0,10
Poltrona assento madeira e couro	Cadeiras couro	Carvalho (2010)	0,09	0,13	0,15	0,15	0,11	0,07
Piano de cauda	Piano	Carvalho (2010)	0,20	0,52	0,60	0,57	0,52	0,43

Fonte: Autores (2025).

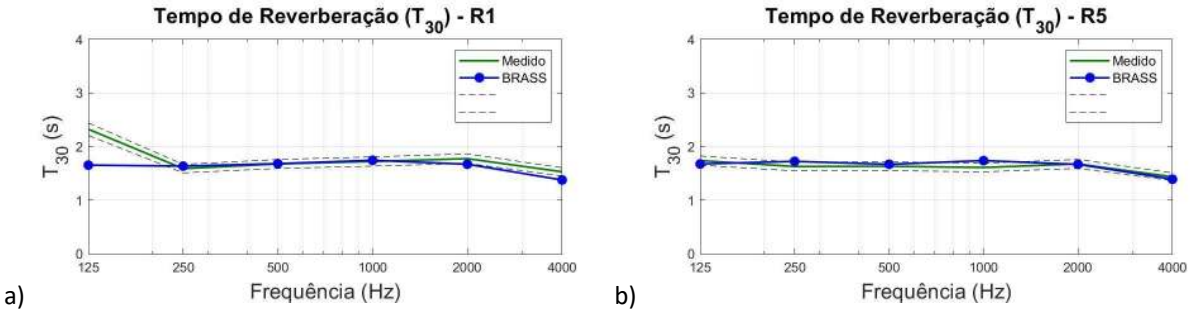
Figura 3: Resultados das simulações de TR x medições de TR (sala com janelas fechadas).



a) b)

Fonte: Autores (2025).

Figura 4: Resultados das simulações de TR x medições de TR (sala com janelas abertas).



Fonte: Autores (2025).

O Tempo de Reverberação medido na sala no estado existente na frequência de 500 Hz é de aproximadamente 2,5 s com as janelas fechadas e 1,8 s com as janelas abertas. De acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992), este TR deveria ser de 0,9 s na frequência mencionada, para o uso de estúdio de música e para o volume da sala de aproximadamente 600 m³. É possível afirmar que o TR existente é muito acima do ideal, necessitando de projeto de condicionamento acústico para diminuição desse parâmetro. De acordo com Brandão (2016, p. 607), os valores de TR ideal em segundos nas demais frequências para esta sala de música seriam 1,17 (125 Hz), 1,04 (250 Hz), 0,90 (500 Hz) e 0,86 (1k, 2k e 4k Hz).

Foram propostos os seguintes materiais para o condicionamento acústico: tapete 5mm em parte das paredes e painéis perfurados e ranhurados suspensos no teto (modelo Ambi Brasil 16.1). Para fechamento das janelas foram propostas paredes duplas de gesso acartonado. A Tabela 2 mostra os coeficientes de absorção dos materiais empregados no projeto de adequação. A Figura 5a apresenta a planta baixa do projeto da sala com as fontes sonoras FA e FB e os pontos receptores R1 a R10 das simulações no BRASS; e a Figura 5b apresenta o modelo tridimensional da sala feito no *software* Sketchup com as adequações propostas.

Tabela 2: Coeficientes de absorção dos materiais empregados no projeto da sala.

Material	Local	Referência	α_{125Hz}	α_{250Hz}	α_{500Hz}	α_{1kHz}	α_{2kHz}	α_{4kHz}
Tapete 5mm	Paredes	NBR 10.179	0,04	0,04	0,15	0,29	0,52	0,59
2x gesso acartonado, perfil 48mm com lã	Novas Paredes	www.akustik.ua	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
Painéis Ambi Brasil 16.1	Teto	Ambi Brasil	0,65	0,95	0,99	1,00	0,78	0,74

Fonte: Autores (2025).

Figura 5: Planta baixa do projeto com as fontes e pontos receptores das simulações (a); e modelo tridimensional da sala com as adequações propostas (b).

a) 

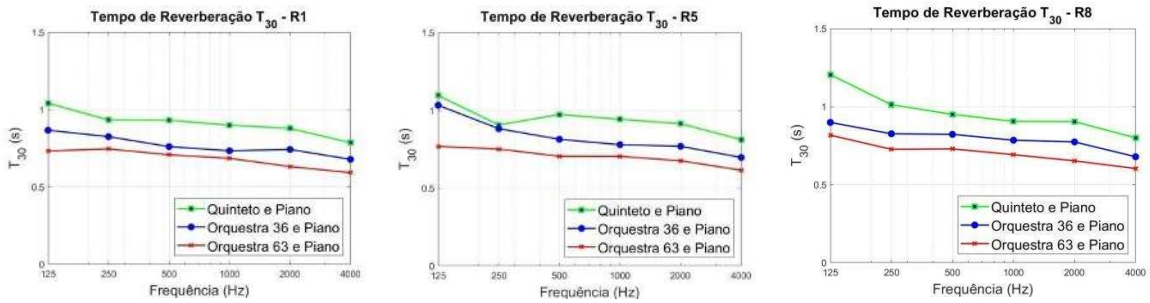
b) 

Fonte: Autores (2025).

Além dos valores de TR fornecidos pelo simulador, foram também utilizadas as fórmulas de Sabine e Eyring. Nestes cálculos e simulações, foram considerados três cenários de ocupação da sala: Quinteto e piano (total 6 músicos); Pequena orquestra com 36 músicos, piano e maestro (total 38 músicos); Orquestra com 63 músicos, piano e maestro (total 65 músicos).

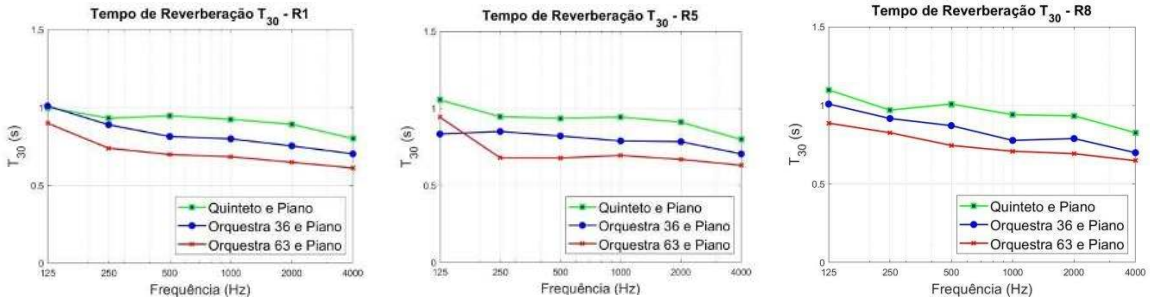
Na proposta de intervenção, foram simulados 10 pontos receptores (R1 a R10) e duas fontes sonoras (FA e FB) no *software* BRASS (Figura 5a). As Figuras 6 e 7 apresentam os resultados do TR das simulações, nos receptores 1, 5 e 8, sendo a Figura 6 com a Fonte Sonora A e a Figura 7 com a Fonte Sonora B. Nas Figuras 6 e 7 pode ser observado uma diminuição do Tempo de Reverberação das baixas para as altas frequências, o que é vantajoso para a música. Além disso, os TRs ficaram próximos aos propostos por Brandão (2016, p. 607), tendo variação com a ocupação da sala.

Figura 6: Resultados das simulações do TR nos receptores 1, 5 e 8, nos três cenários, com a Fonte A.



Fonte: Autores (2025).

Figura 7: Resultados das simulações do TR nos receptores 1, 5 e 8, nos três cenários, com a Fonte B.



Fonte: Autores (2025).

Os valores de TR calculados por Sabine e Eyring foram comparados com os valores ideais, de acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992) e Brandão (2016, p. 607). A Tabela 3 apresenta os valores de TR calculados por esses métodos nos três cenários de ocupação, na proposta de intervenção, comparados aos valores médios encontrados na simulação no BRASS.

Tabela 3: Tempo de reverberação Sabine, Eyring e BRASS

Tempo de reverberação (s)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz
TR existente (Sabine)	2,54	2,67	2,77	3,06	3,04	2,38
TR existente (Eyring)	2,46	2,59	2,69	2,98	2,96	2,30
TR ideal (Brandão, 2016, p. 607)	1,17	1,04	0,96	0,90	0,90	0,90
TR proposto 65 músicos (Sabine)	0,93	0,82	0,78	0,77	0,76	0,69
TR proposto 65 músicos (Eyring)	0,86	0,75	0,71	0,70	0,70	0,63
TR proposto 65 músicos (BRASS)	0,87	0,79	0,74	0,70	0,69	0,62
TR proposto 38 músicos (Sabine)	1,02	0,90	0,86	0,85	0,85	0,76
TR proposto 38 músicos (Eyring)	0,95	0,83	0,79	0,78	0,78	0,69
TR proposto 38 músicos (BRASS)	0,97	0,90	0,82	0,80	0,79	0,70
TR proposto 6 músicos (Sabine)	1,14	1,02	0,98	0,97	0,97	0,86
TR proposto 6 músicos (Eyring)	1,07	0,94	0,91	0,90	0,90	0,79
TR proposto 6 músicos (BRASS)	1,13	1,01	0,94	0,91	0,89	0,81

Fonte: Autores (2025).

Pode ser verificado que as frequências médias ficaram próximas de 0,9s de TR ideal, havendo aumento do TR nas baixas frequências e queda nas altas frequências, apresentando curva típica de salas para música, onde os graves devem ser ressaltados devido à menor capacidade de audição destas frequências pelo ser humano. O fato de a sala cheia ter ficado com o TR abaixo dos 0,9s nas médias e altas frequências não deve ser encarado como um problema, considerando que o nível de pressão sonora produzido pela orquestra é muito alto (podendo

ultrapassar 100 dB) para uma sala deste tamanho, portanto tendo a função também de reduzir estes níveis.

Isolamento acústico – Simulações

Foram realizadas simulações de isolamento acústico no *software* Acoubat, considerando a sala no estado existente e com as intervenções de projeto. As espessas paredes externas de tijolos maciços (60 cm e 50 cm) contribuem bastante para o aumento do isolamento, porém as grandes aberturas das janelas, praticamente anulam o isolamento.

Como as fachadas e esquadrias são tombadas, foram propostas novas paredes internas em gesso acartonado (2 chapas, perfil de 90mm com lã de rocha densidade 64 kg/m³, mais duas chapas) para fechamento interno dessas aberturas, sem modificação do aspecto externo do edifício, com vedação em silicone das janelas existentes. Foram também propostas portas de isolamento Rw 50. Para o teto, foi proposto colocação de 10 cm de lã de rocha densidade 64 kg/m³, e para o telhado, forro com 10 cm de lã de rocha sob as telhas.

A Tabela 4 apresenta os seguintes dados: a) ambiente ou fachada adjacente à sala de ensaios; b) isolamento acústico (DnTw, em dB) em relação à sala de ensaios no estado existente; c) isolamento acústico (DnTw, em dB) em relação à sala de ensaios com o projeto; d) nível de ruído (LAeq em dB) calculado para o ambiente/fachada adjacente proveniente da sala no estado existente; e) nível de ruído (LAeq em dB) calculado para o ambiente/fachada adjacente proveniente da sala com o projeto; f) o ruído residual (LAeq em dB) medido; g) e os limites RLAeq dos níveis estabelecidos nas normas NBR 10151 (ABNT, 2019) e NBR 10152 (ABNT, 2017) para período diurno. Os cálculos para níveis sonoros foram baseados nos níveis de pressão sonora equivalentes ponderados em “A” (LAeq) do naipe de metais de uma orquestra (Rodrigues et al, 2014) e nos valores de DnTw simulados.

É possível verificar que os níveis sonoros calculados para as fachadas da sala no estado existente não atendem à NBR 10151 (ABNT, 2019). Pela simulação, observa-se que, com o projeto proposto, os níveis de isolamento atendem à norma, exceto pela cobertura. Entretanto, o nível sonoro calculado no exterior da cobertura (58 dB - LAeq,5min) é menor que o ruído residual medido (61 e 64 dB). Já os níveis sonoros calculados para os ambientes adjacentes atendem aos limites estabelecidos pela NBR 10152 (ABNT, 2017).

Tabela 4: Isolamento entre adjacências e níveis sonoros

Ambiente/fachada adjacente	DnTw Existente	DnTw Projeto	Nível Existente	Nível Projeto	Ruído Residual	Nível Referência
Fachada Lapa	36	64	63	40	60,9/63,7	50 *
Fachada Salão Leopoldo Miguez	36	64	63	40	60,9/63,7	50 *
Fachada ESDI	39	64	60	40	60,9/63,7	50 *
Cobertura	27	52	70	58	60,9/63,7	50 *
Biblioteca Inferior	65	-	39	-	-	40 **
Sala Aula Música	-	77	-	23	-	35 **
Circulação	-	64	-	38	-	50 **

Fonte: Autores (2025). * NBR 10.151 ** NBR 10.152

Conclusão

A sala de ensaios da OSUFRJ em seu estado original apresenta deficiências, tanto no condicionamento quanto no condicionamento acústico, o que dificulta seu uso pleno como espaço de ensaio orquestral. Com diversas adequações arquitetônicas e acústicas propostas, compatíveis com as restrições patrimoniais do edifício, torna-se possível alcançar os parâmetros ideais de desempenho acústico. O tempo de reverberação foi reduzido a valores adequados para o tipo de uso e os níveis de isolamento passaram a atender às exigências normativas. O *software* BRASS se apresentou como uma ferramenta de grande potencial para apoio no projeto de salas, com simulações confiáveis que permitem ajustes no processo de projeto.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, com suporte financeiro concedido através do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da UFRJ, que viabilizou a realização deste trabalho.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 10152:** Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 12179:** Acústica — Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR ISO 12354-1:** Acústica de edificações — Estimativa do desempenho acústico nas edificações por meio do desempenho de elementos — Parte 1: Isolamento a ruído aéreo entre ambientes. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

_____. **NBR ISO 3382-1:** Acústica — Medição de parâmetros de acústica de salas — Parte 1: Salas de espetáculos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ACOUSTIC PROJECT BUREAU. **Sound absorption coefficients table.** Kiev, Ucrânia. Disponível em: https://www.acoustic.ua/st/web_absorption_data_eng.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

AMBI BRASIL. **Catálogo Ambi Soluções Acústicas 2025.** Curitiba, 2025.

BASSO, Gustavo. Acústica de salas de ensayo para orquestas sinfónicas. In: **Congresso Ibero-Americano de Acústica**, 13., 2024, Santiago. Anais [...]. Santiago, 2024.

BRANDÃO, Eric. **Acústica de salas:** projeto e modelagem. São Paulo: Blucher, 2016.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica arquitetônica.** Brasília: Thesaurus, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 23591:** Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces. Geneva: ISO, 2021.

OLSEN, Jon. ISO 23591: Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces. In: **International Congress On Acoustics**, 2022, Gyeongju. Proceedings [...]. Gyeongju, 2022.

RODRIGUES, Matilde Alexandra; FREITAS, Marisa Alexandra; NEVES, Maria Paula; SILVA, Manuela Vieira. **Evaluation of the noise exposure of symphonic orchestra musicians.** Noise & Health, v. 16, n. 68, p. 40–46, jan./fev. 2014.

TORRES, Julio Cesar Boscher. BRASS – Brazilian Room Acoustic Simulator. In: **Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica**, 28., 2018, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 2018.