

FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Jazz Bar com forro côncavo – desafios do projeto e suas soluções para o condicionamento acústico

Rocha, R. R¹; Fengler, B.²; Giner, J. C.³

^{1,2,3} GINER - Designing sound spaces, São Paulo, SP, Brasil,
{raquel, barbara, jcginer} @giner.com.br

Resumo

Realizar o projeto acústico de um espaço com forro côncavo é um desafio. Imagina realizar o projeto acústico do Jazz Bar, localizado no Hotel Rosewood São Paulo – hotel seis estrelas –, na qual possui forro côncavo idealizado pelo Philippe Starck e com pintura do artista plástico Cabelo. Foram mais de 5 anos para desenvolver o projeto, com várias alterações para compatibilização das soluções entre estética, pintura e acústica. Além da garantia de uma boa performance acústica, a solução deveria ser viável para aplicação em curva, devido ao formato do forro, e permitir a pintura prevista em projeto desde o início como um marco importante ao espaço. O objetivo desse artigo é comparar os valores do tempo de reverberação (T_{20}) medidos *in loco* e simulados no *software* EASE AURA 4.4 antes e depois da aplicação da solução acústica. Além disso, tem-se como intuito compartilhar de forma prática os desafios desse projeto. Os resultados mostram que os (T_{20}) medido e simulado são de, aproximadamente, 2 segundos em 1000 Hz sem a aplicação das soluções acústicas. Após executar as intervenções, o valor reduziu para, aproximadamente, 1 segundo na mesma frequência. A maior diferença entre os valores medidos e simulados é de 0,42 segundos em 800 Hz com a aplicação da solução acústica. Esse valor representa a coerência entre a simulação e a execução da solução acústica. O Jazz Bar inaugurou no dia 15 de dezembro de 2021 e desde então os clientes ficaram satisfeitos com os resultados acústicos.

Palavras-chave: forro côncavo, reverberação, condicionamento acústico.

PACS: 43.55.Br; 43.55.Ka; 43.55.Lb.

Jazz Bar with concave ceiling – design challenges and solutions for acoustic conditioning

Abstract

Carrying out the acoustic design of a space with a concave ceiling is a challenge. Imagine to perform the acoustic design for the Jazz Bar, located at the Rosewood Hotel São Paulo – six-star hotel –, which has a concave ceiling designed by Philippe Starck and painted by the artist Cabelo. It took more than 5 years to develop the project, with several modifications to allow solutions between aesthetics, painting and acoustics be compatible. In addition to guaranteeing a good acoustic performance, the solution must be viable for application in curves, due to the shape of the ceiling, and allow the painting foreseen in the project as an important milestone for the space. The objective of this article is to compare the values of reverberation time (T_{20}) between measurements *in loco*, and simulations in the EASE AURA 4.4 software before and after the application of the acoustic solution. In addition, it will be shared in a practical way the challenges of this project. The results show that the measured and simulated (T_{20}) are approximately 2 seconds at 1000 Hz without applying the acoustic solutions. After performing the interventions, the reverberation time reduced to approximately 1 second at the same frequency. The largest variation between measured and simulated values is 0.42 seconds at 800 Hz, with application of the acoustic solution. This result represents the coherence between simulation and execution of the acoustic solution. Jazz Bar opened on December 15, 2021 and since then, customers have been satisfied with the acoustic performance.

Keywords: concave ceiling, reverberation, acoustic conditioning.



1. INTRODUÇÃO

Realizar o projeto acústico de um espaço com forro côncavo é um desafio devido ao efeito do foco acústico. O espaço em questão é o *Jazz Bar*, localizado no Hotel Rosewood São Paulo – hotel seis estrelas –, na qual possui forro côncavo idealizado pelo Philippe Starck¹ e com pintura do artista plástico Cabelo².

Foram mais de 5 anos para desenvolver o projeto, com várias alterações para compatibilização das soluções entre estética, pintura e acústica. Além da garantia de uma boa performance acústica, a solução deveria ser viável para aplicação em curva, devido ao formato do forro, ser monolítico, ou seja, sem a presença de emendas, e possuir uma textura lisa para permitir a pintura prevista em projeto desde o início como um marco importante ao espaço.

O objetivo desse artigo é comparar os valores do Tempo de Reverberação (T_{20}) medidos *in loco* e simulados no *software* EASE AURA 4.4 antes e depois da aplicação da solução acústica. Ainda, tem-se como intuito compartilhar de forma prática os desafios desse projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A onda sonora propaga-se dentro de uma sala e encontra inúmeras superfícies em seu caminho, nisso ocorrerá três fenômenos: absorção, reflexão especular e reflexão difusa [1]. Na absorção, o dispositivo absorve parte da energia incidente e reflete parte da energia de forma especular. Como existe absorção, a energia do raio refletido é menor do que a energia do raio incidente. Na reflexão especular, a energia acústica do raio refletido é similar à energia acústica do raio incidente. Na reflexão difusa, não há absorção, mas a energia sonora do raio refletido é distribuída no espaço. O coeficiente de absorção de um dispositivo é definido como a razão entre as energias absorvidas e incidentes em uma amostra.

O forro do *Jazz Bar* é considerado um problema acústico devido ao seu formato côncavo, já que

isso causa a focalização do som em pontos específicos de uma plateia, no caso, aos usuários do *Jazz Bar* [2]. Para amenizar esse problema, foi inserido nessa concavidade material absorvente para diminuir a energia do raio refletido.

O Tempo de Reverberação é um parâmetro objetivo para caracterizar salas. O parâmetro T_{60} mede o tempo necessário para que o Nível de Pressão Sonora (NPS) da resposta ao impulso decaia 60 dB em relação a seu valor máximo. Já o T_{20} , parâmetro de análise neste estudo, corresponde ao tempo que o NPS dentro da sala leva para decair 60 dB, mas medido nas faixas entre -5 dB a -25 dB [1]. A escolha dos autores em analisar o T_{20} é por causa da viabilidade nas realizações das medições *in loco*.

Outro parâmetro objetivo analisado na simulação do *Jazz Bar* foi o STI (*Speech Transmission Index*). O STI se baseia na medição da razão entre as amplitudes de modulação dos sinais enviados e recebidos em uma sala [1]. Sua classificação qualitativa varia entre, por exemplo, ruim para STI menor do que 0,30 à excelente para STI igual ou maior do que 0,75.

3. MÉTODOS

Nesta seção há uma descrição da simulação e os desafios do projeto no Item 3.1 e no Item 3.2 uma descrição sobre o método e a condição da medição *in loco*, com e sem solução acústica.

3.1 Simulações e os desafios do projeto

Foi realizada a simulação do *Jazz Bar* no *software* EASE AURA 4.4. para propor ao cliente algumas possíveis soluções acústicas. Essa fase de projeto foi composta de duas principais etapas: simulação da sala vazia, sem qualquer tipo de revestimento, para verificar a influência da concavidade sem nenhuma absorção; e 10 simulações de alguns possíveis revestimentos acústicos aplicados no forro côncavo. Para este artigo, vamos apresentar o resultado somente da solução acústica escolhida pelo cliente e viável para executar, dado que as demais soluções foram descartadas.

É possível visualizar na Figura 1 duas curvas no forro, nas extremidades do forro com raio 200 mm e na região central com raio 5000 mm. A área do *Jazz Bar* é, aproximadamente, 76 m² e o pé

¹Philippe Starck é designer e arquiteto francês. Ele é o responsável global pela direção artística do empreendimento Matarazzo e pelo design de interiores do Hotel Rosewood São Paulo.

²Cabelo, nome artístico de Rodrigo Saad, é cantor e artista plástico brasileiro.

direito (no eixo) é, aproximadamente, 3,50 m. A maioria dos revestimentos acústicos foram descartados devido a inviabilidade da execução das curvas definidas pela arquitetura, principalmente por causa da curva das extremidades (R200) e devido as suas emendas - era necessário ser um produto monolítico.

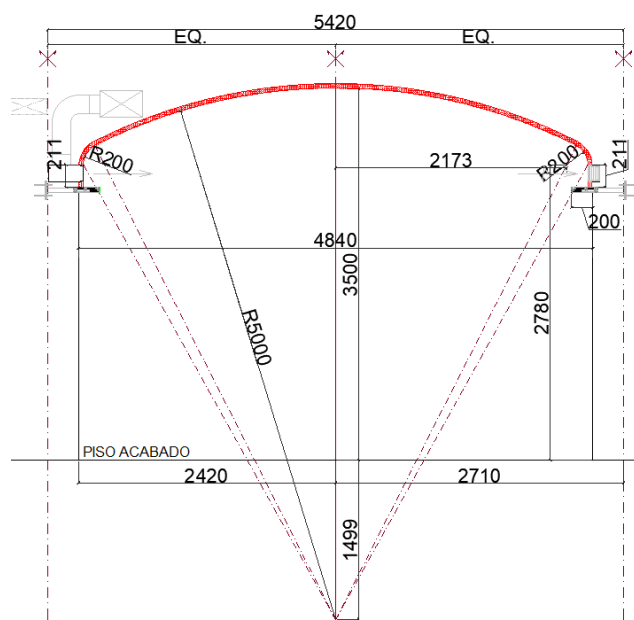


Figura 1: Corte típico do forro.

Outro fator crucial para a definição do revestimento acústico foi o comportamento acústico do produto ao ser pintado. Desde a fase de concepção do projeto já era previsto que o forro receberia uma pintura exclusiva do artista plástico. Para amenizar o problema da pintura do revestimento acústico devido ao preenchimento da porosidade com a tinta, foram testadas no tubo de impedância as 10 amostras dos possíveis revestimentos, com e sem pintura, para quantificar a redução dos coeficientes de absorção. Após os ensaios acústicos, as amostras foram enviadas para o time do Philippe Starck analisar as texturas com as pinturas.

A avaliação dos coeficientes de absorção dos revestimentos acústicos, com e sem pintura, foram realizadas no tubo de impedância, marca BSWA, modelo SW-260 em julho de 2017 conforme método detalhado na norma ISO 10534-2 [3]. Foi possível analisar, de forma geral nas amostras ensaiadas, a redução do coeficiente de absorção nas médias e altas frequências, fato que prejudica a solução acústica conforme já era previsto.

Em 2019, foi possível alterar o processo de fabricação do revestimento acústico escolhido. Assim, a solução para o problema da pintura foi produzir o produto acústico com o pigmento da cor de fundo que iria receber a pintura. Nesse projeto, foi escolhido o fundo na cor preta. Além disso, foi necessário limitar a área disponível que receberia a pintura do artista plástico. Diante disso, a pintura não poderia cobrir mais do que 30 % da área do forro.

O revestimento acústico definido é um *plaster* acústico composto pelas camadas: painel de lã mineral de alta densidade, camada de revestimento poroso, camada intermediária para não deixar emendas entre as placas e acabamento final sem rugosidades na cor preta para receber pintura artística. Com tudo isso, foi possível obter o equilíbrio entre as partes - pintura, estética e desempenho acústico. A Figura 2 apresenta o início da instalação do revestimento no Jazz Bar.



Figura 2: Início da instalação do revestimento acústico no forro côncavo, sem as suas camadas finais.

Por causa das alterações no produto acústico, principalmente devido a camada final sem rugosidades e com pigmento, o produto apresentou novos coeficientes de absorção. Assim, foi realizada nova medição no tubo de impedância com o *plas-*

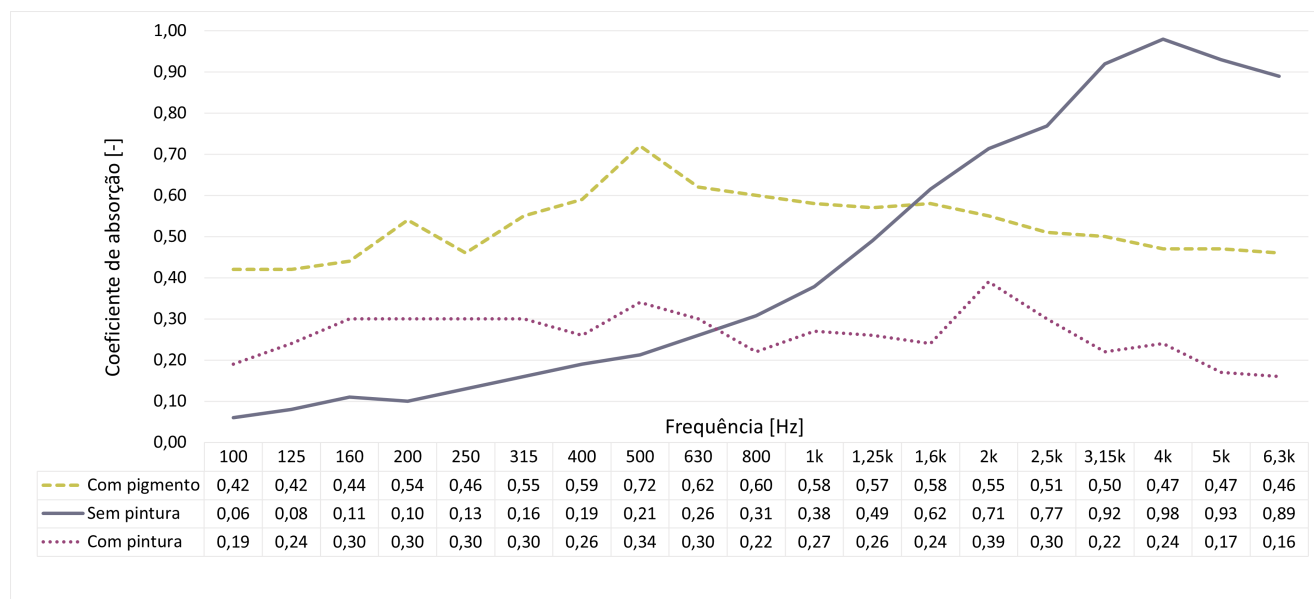


Figura 3: Comparação dos coeficientes de absorção dos revestimentos acústicos (com e sem pintura) e do *plaster* acústico com pigmento e camadas adicionais.

ter acústico pigmentado com as suas camadas finais. A Figura 3 apresenta a comparação entre: revestimento acústico original, sem e com pintura, e o *plaster* acústico com camada final sem rugosidades e pigmentada.

3.2 Medições *in loco*

As medições *in loco* do Tempo de Reverberação no Jazz Bar foram realizadas conforme o método da norma ABNT NBR ISO 3382-2:2017 [4] para nível de exatidão de precisão: 12 combinações fonte-microfone, 2 posições de fonte, 3 posições de microfones e 3 decaimentos em cada posição (método do ruído interrompido).

No dia 17 de outubro de 2020, foram realizadas as primeiras medições do Tempo de Reverberação (T_{20}) sem as soluções acústicas implementadas. É possível visualizar na Figura 4, o Jazz Bar sem os revestimentos acústicos aplicados.

No dia 20 de maio de 2021, foram realizadas as medições do Tempo de Reverberação (T_{20}) com o *plaster* acústico aplicado no forro côncavo do Jazz Bar conforme mostra a Figura 5. Importante atentar que não havia móveis e demais acabamentos no dia da medição.

Os equipamentos devidamente calibrados utilizados nas medições foram:

- sonômetro classe I, marca NTi, modelo XL2, número de série A2A-09253-E0;



Figura 4: Jazz Bar sem solução no forro côncavo durante a primeira medição do (T_{20}).

- microfone Classe I, marca NTi, modelo MC230, número de série 9066;
- pré amplificador, marca NTi, modelo MA220, número de série 6148;
- calibrador Classe I, marca NTi, modelo CAL200, número de série 15052;



Figura 5: Jazz Bar com *plaster* acústico durante a segunda medição do (T_{20}).

- gerador de sinais, marca NTi, modelo Mini-rator MRPRO, número de série 70831525;
- fonte sonora omnidirecional, marca Giner, modelo ASI, número de série 2007-01.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Item 4.1 apresenta os resultados simulados e medidos *in loco* sem a solução acústica e o Item 4.2 apresenta os resultados simulados e medidos *in loco* com a aplicação do *plaster* acústico no forro.

4.1 Resultados da sala sem solução acústica

Na simulação realizada no *software* EASE AURA 4.4 foram considerados somente materiais reflexivos, pois o intuito era verificar a resposta acústica da sala nua, sem revestimentos. A Figura 6 mostra o modelo 3D da simulação e a distribuição do T_{20} na sala para a frequência de 1000 Hz. A média do STI simulado foi 0,49. Este valor de STI pela classificação de qualidade de acordo com a norma ABNT NBR IEC 60268-16 [5] é razoável.

A Figura 7 apresenta a comparação do T_{20} simulado e medido *in loco* para as frequências indica-

das. Os resultados do T_{20} medido e simulado é, aproximadamente, 2 segundos em 1000 Hz sem a aplicação da solução acústica. A maior diferença entre os valores medidos e simulados é de 1,15 segundos em 315 Hz.

4.2 Resultados da sala com solução acústica

A simulação foi revisada apenas alterando o revestimento do forro côncavo, substituindo a chapa de gesso pelo *plaster* acústico conforme a curva dos coeficientes de absorção apresentada na Figura 3. Pode-se visualizar na Figura 5 a distribuição do T_{20} da simulação com o *plaster* acústico. O STI neste caso melhorou, o índice era 0,49, agora o índice STI é 0,71. Este valor de STI pela classificação de qualidade de acordo com a norma ABNT NBR IEC 60268-16 [5] é boa.

A medição *in loco* foi realizada na mesma condição da simulação, após a instalação e finalização de todas as camadas do *plaster* acústico, sem a presença de móveis ou demais revestimentos. É possível visualizar na Figura 9 a comparação do T_{20} simulado e medido nestas condições. A maior diferença entre os valores medidos e simulados é de 0,42 segundos em 800 Hz com a aplicação da solução acústica. Esse valor representa a coerência entre a simulação e a execução da solução acústica.

Após instalação do *plaster* acústico, o valor do T_{20} reduziu para, aproximadamente, 1 segundo em 1000 Hz, tanto para a simulação, quanto para a medição. Enquanto que na fase anterior, sem a aplicação do *plaster*, o valor era 2 segundos em 1000 Hz.

No estudo, não foi previsto um valor de T_{20} ideal para o volume do Jazz Bar. O principal intuito era inserir material absorvente no forro côncavo para reduzir a energia da onda sonora refletida nessa superfície para amenizar a focalização. Assim sendo, a redução do T_{20} foi adequada dentro dos cenários de desafios do projeto.

Pode-se visualizar nas Figuras 10 e 11 as fotos do Jazz Bar finalizado com a pintura do Cabelo. A cor preta do forro côncavo é o *plaster* acústico com o pigmento nesta cor. A pintura seguiu a premissa de ocupar a menor área possível do forro, no caso, menos do que 30% da área do forro côncavo.

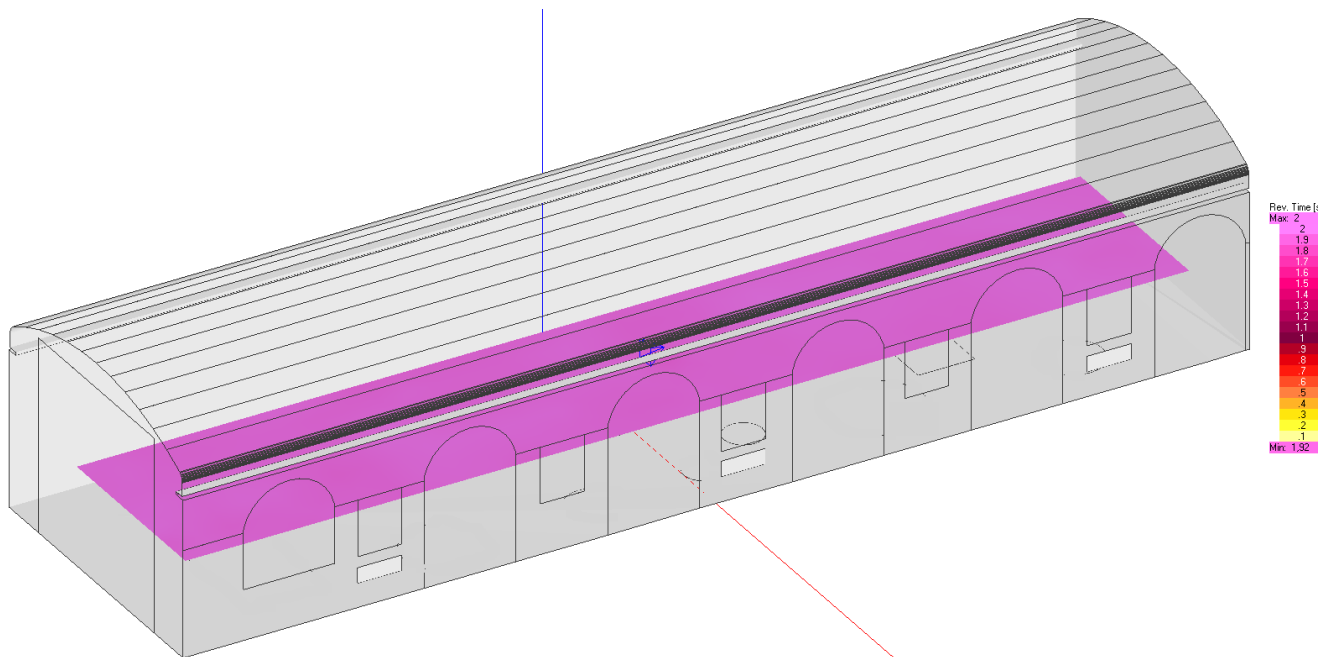


Figura 6: Modelo 3D da simulação do Jazz Bar e o T_{20} para frequência de 1000 Hz, sem revestimentos.

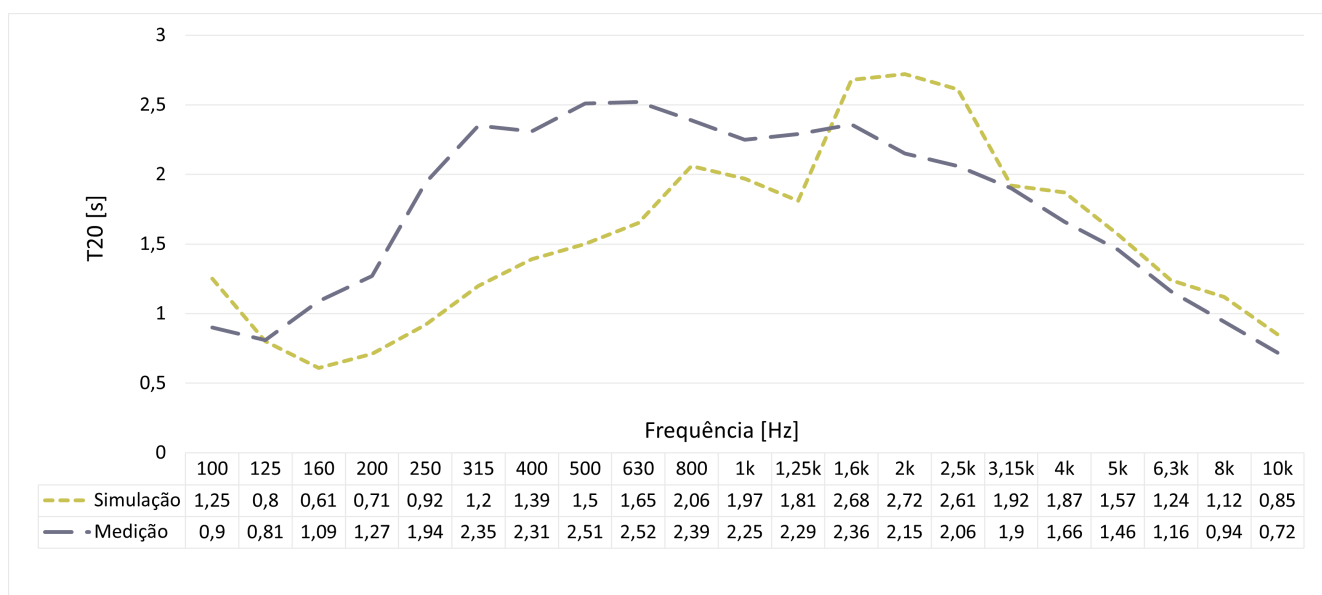


Figura 7: Comparação dos resultados do T_{20} para simulação e medição, na fase inicial, sem revestimentos.

Para finalizar as comparações, segue na Figura 12 as comparações dos quatro resultados analisados: simulações com e sem o *plaster* acústico e medições *in loco* com e sem o *plaster* acústico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolver o projeto acústico do Jazz Bar com forro côncavo em toda a sua extensão, com pintura do revestimento acústico por um artista plástico em uma textura lisa, sem rugosidades e emendas, vai contra todas as premissas técnicas de acústica. Porém, essa era a realidade do projeto e

precisava de uma solução acústica para amenizar os problemas.

Os resultados mostram que os T_{20} medido e simulado são de, aproximadamente, 2 segundos na frequência de 1000 Hz sem a aplicação da solução acústica.

A solução para amenizar o problema do foco acústico e o elevado tempo de reverberação foi a instalação do *plaster* acústico. Com ele, haveria inserção de absorção no forro côncavo para reduzir a energia da onda sonora refletida nessa superfície.

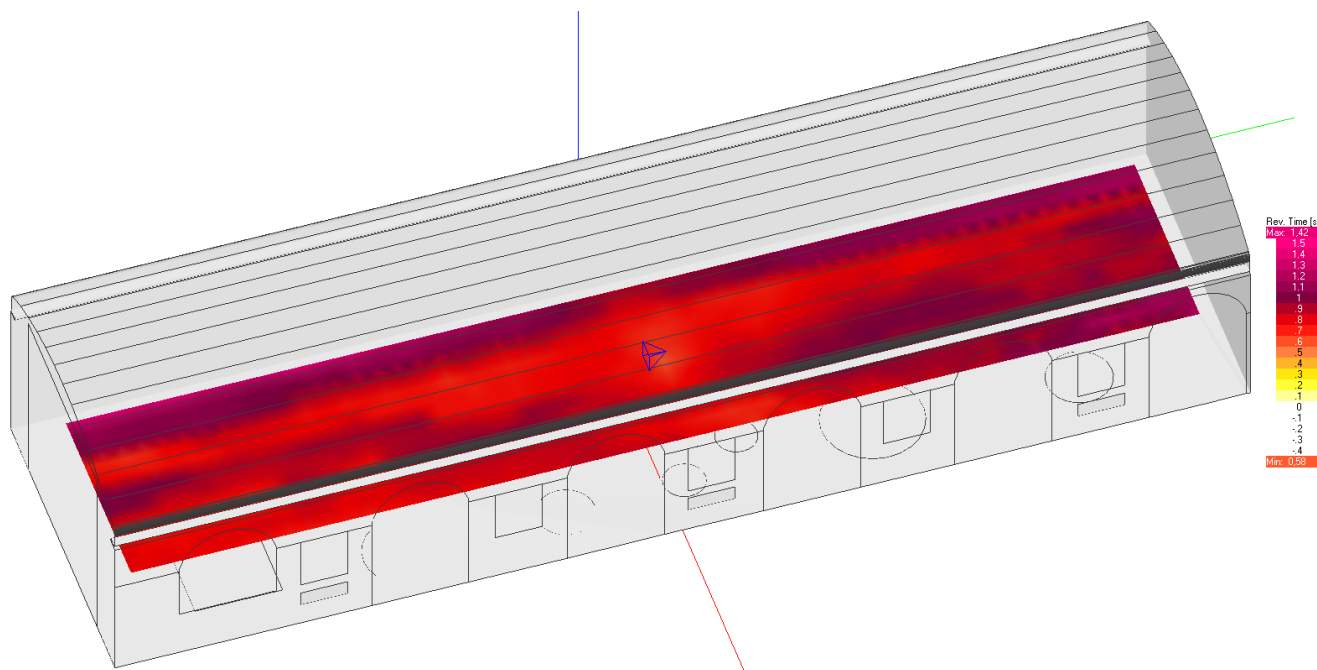


Figura 8: Modelo 3D da simulação do *Jazz Bar* e o T_{20} para frequência de 1000 Hz, com *plaster* acústico.

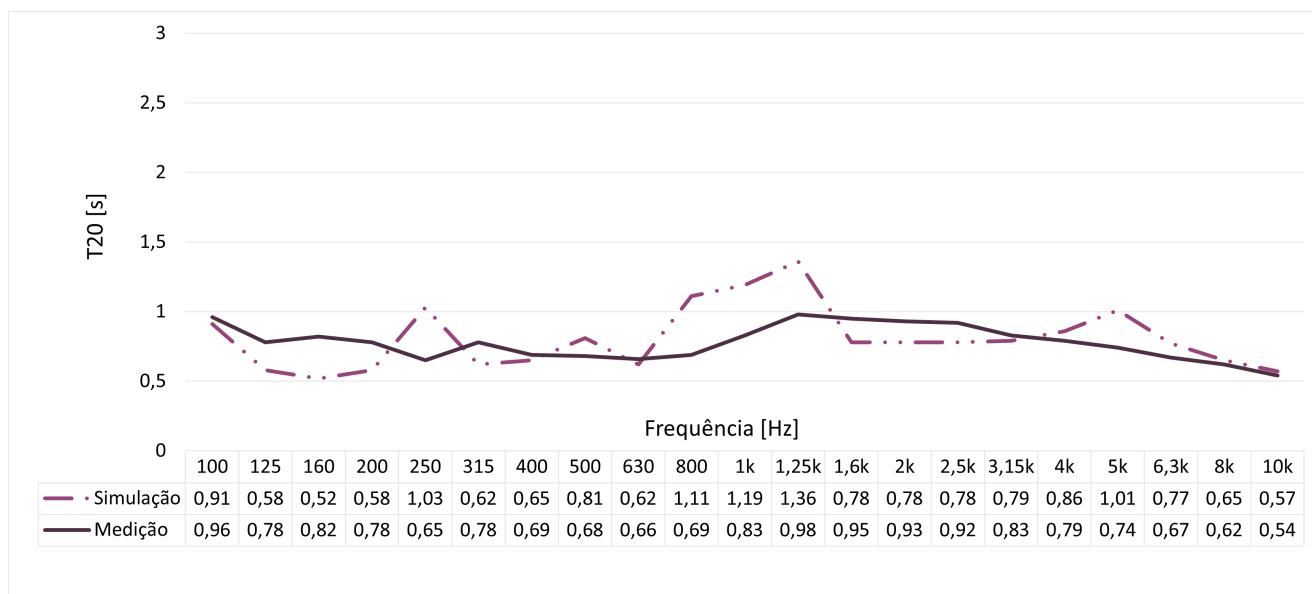


Figura 9: Comparação dos resultados do T_{20} para simulação e medição, na fase final, com *plaster* acústico.

Assim sendo, a redução do T_{20} foi adequada, o valor reduziu para, aproximadamente, 1 segundo na frequência de 1000 Hz.

A maior diferença entre os valores medidos e simulados é de 0,42 segundos em 800 Hz com a aplicação da solução acústica. Esse valor representa a coerência entre a simulação e a execução da obra.

O Jazz Bar inaugurou no dia 15 de dezembro de 2021 e desde então os clientes e seus usuários ficaram satisfeitos com os resultados acústicos.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao time do *Boulevard Matarazzo*, em especial ao time da ADF (*Ateliers de France*). Sem a idealização, insistência e detalhamento minucioso, não teríamos a mesma satisfação. Muito obrigado!

Gostaríamos de agradecer também ao time Giner, pela dedicação elevada, simulações, medições, visitas na obra e a insistência para o fornecedor desenvolver o produto com pigmento exclusivo para o Jazz Bar. Esse resultado é de todo o time!



Figura 10: Jazz Bar finalizado com pintura do Cabelo no plaster acústico - visão específica da pintura.



Figura 11: Jazz Bar finalizado com pintura do Cabelo no plaster acústico - visão geral da parte côncava.

REFERÊNCIAS

- [1] Brandão, Eric. *Acústica de Salas: Projeto e Modelagem*. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016. ISBN 978-8521210061.
- [2] Long, Marshall. *Architectural acoustics*. Elsevier, 2005.
- [3] *ISO 10534-2 - Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 2: Transfer-function method*. ISO, 1998.
- [4] *NBR ISO 3382-2 - Acústica - Medição de parâmetros e acústica de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns*. ABNT, 2017.
- [5] *NBR IEC 60268-16 - Equipamentos de sistemas de som - Parte 16: Avaliação objetiva da inteligibilidade da fala pelo índice de transmissão da fala*. ABNT, 2018.

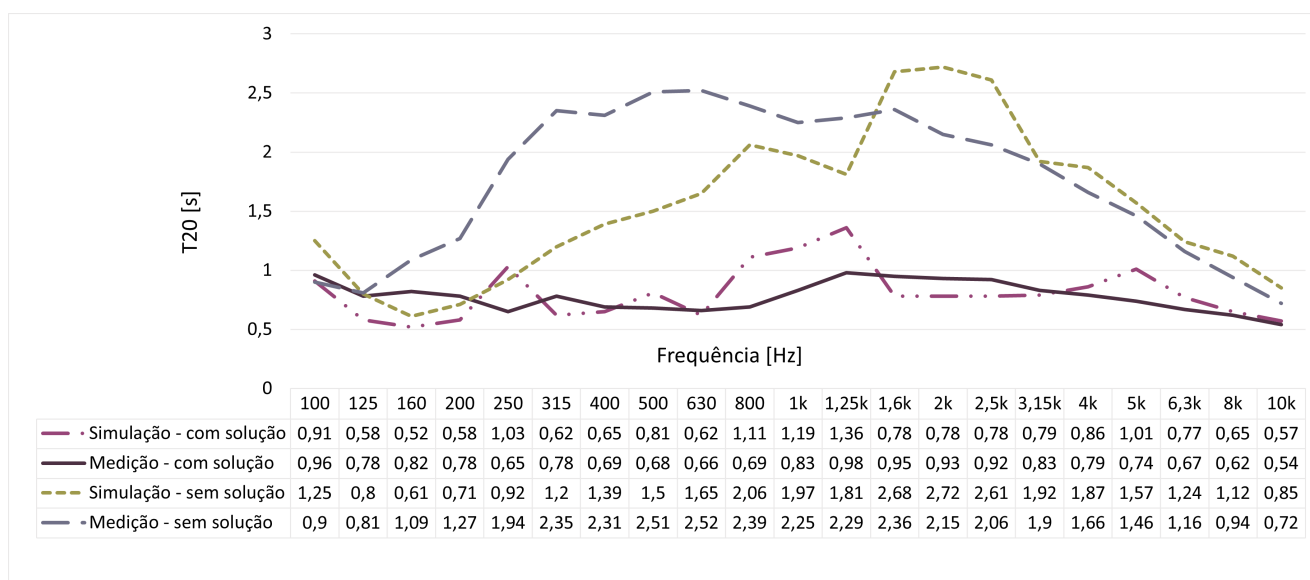


Figura 12: Comparação geral dos resultados do T_{20} no Jazz Bar.