

FIA 2020/22

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

Florianópolis, SC, Brasil

Avaliação e adequação de salas para web conferência com ênfase na fala

Bertoli, S. R.¹; Maiorino, A. V.²; Bressam, V.¹

¹ Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, rolla@fec.unicamp.br

² Escola de Música, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, alexandre.maiorino@ufrn.br

Resumo

O distanciamento social imposto pela pandemia do Covid 19 exigiu uma adaptação de inúmeras atividades para o formato remoto. Nota-se que salas que eram usadas para reuniões e apresentações presenciais passaram a ser utilizadas cada vez mais para atividades com uso de sistemas de web conferência. A qualidade da comunicação nesses ambientes não depende somente dos sistemas eletrônicos, mas também das propriedades acústicas das salas, tanto do emissor como do receptor. A Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas possui três salas usadas para defesas de dissertações e teses, nas quais se empregam sistemas de web conferência para a realização das bancas de defesa. Devido ao número crescente de reclamações dos usuários dessas salas, foi desenvolvido um estudo para avaliá-las e adequá-las acusticamente para as atividades de web conferência com ênfase na fala. A avaliação acústica da sala se deu por meio das medições dos parâmetros acústicos relativos à qualidade da fala: Tempo de Reverberação e Índice de Transmissão de Fala. A técnica de resposta impulsiva foi empregada para as medições, utilizando o programa DIRAC. Para a adequação acústica foram criados modelos virtuais das salas, que foram validados pela comparação dos resultados dos parâmetros acústicos medidos com os resultados dos parâmetros acústicos obtidos nas simulações acústicas das salas. As simulações acústicas foram realizadas com o programa ODEON. A partir da validação foram propostas alterações dos materiais de revestimento das salas visando atingir valores adequados dos parâmetros acústicos para que os ambientes se adequassem para a realização de atividades com web conferência. A proposta final de adequação mostrou melhora significativa da qualidade acústica das salas.

Palavras-chave: Acústica de Salas, Inteligibilidade da fala, Adequação acústica, Simulação acústica, Medição Acústica.

PACS: 43.55.Br, 43.55.Gx, 43.55.Hy.

Assessment and adequacy of web conference rooms with emphasis on speech

Abstract

Social distance imposed by the Covid 19 pandemic required an adaptation of numerous activities to the remote format. Rooms that were used for meetings and in-person presentations began to be more and more used for activities using web conference systems. The quality of communication in these environments does not depend only on the electronic systems, but also on the acoustic properties of the room, the transmitter and the receiver. The Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urbanism of the State University of Campinas has three rooms used for the defense of dissertations and theses, in which web conferencing systems are used. Due to the increasing number of complaints from users of these rooms, a study was developed to evaluate and acoustically adapt them to web conference activities with emphasis on speech. The acoustic evaluation of the room was carried out by measuring the acoustic parameters related to speech quality: reverberation time (RT), definition (D50) and speech transmission index (STI). The impulsive response technique was used for measurements, using DIRAC software. For acoustic adequacy, virtual models of the rooms were created and validated by comparing the measured results with simulated results of the rooms. Acoustic simulations were performed with ODEON software. Changes were proposed by using acoustic materials to achieve adequate values of the acoustic parameters so that the environments were suitable for carrying out activities with web conference. The final adaptation proposal showed a significant improvement in the acoustic quality of the rooms.

Keywords: Room Acoustics, Speech Intelligibility, Acoustic Adequacy, Room Acoustics Simulation, Room Acoustics Measurement.



1. INTRODUÇÃO

As necessidades acústicas de ambientes variam muito e dependem fortemente do seu uso. Qualidade e requisitos acústicos de salas para concerto e ópera foram e continuam sendo espaços muito estudados acusticamente [1, 2]. Ao longo dessas últimas décadas, vários parâmetros acústicos e técnicas de medição foram desenvolvidos para avaliar a qualidade acústica de salas. Programas computacionais para simulação acústica de salas se tornaram importantes ferramentas de projetos acústicos dos mais variados tipos.

Não somente grandes salas de espetáculos necessitam de qualidade acústica, mas outros espaços do dia a dia das pessoas, como salas de aulas, escritórios, auditórios. A inadequação acústica de salas de aula provoca impactos no processo ensino-aprendizado [3–6]. Escritórios, principalmente os de planta aberta e com deficiências acústicas, influenciam na produtividade e privacidade dos ocupantes desses espaços [7, 8]. No caso dos auditórios, um dos problemas na adequação acústica consiste na definição de seu uso, já que muitas vezes, deseja-se que um auditório seja de múltiplo uso, isto é, para fala e música, o que exige requisitos acústicos muito diferentes [9].

Com a evolução da tecnologia e de sua acessibilidade, web conferências se tornaram rotina e uma importante ferramenta de comunicação, a ponto de sua utilização se tornar praticamente uma necessidade. A possibilidade de se evitar deslocamentos e a economia de tempo gerada fizeram com que as empresas adotassem tal prática sem hesitação. No ano de 2020, a pandemia de impacto global que surgiu pela disseminação do vírus SARS-CoV-2 (coronavírus), fez com que diversos trabalhadores ao redor do mundo trocassem sua ida habitual ao escritório pelo *Home Office*. Para essas atividades, tornou-se imprescindível que reuniões e conversas fossem realizadas por vídeo chamadas nos locais mais variados possíveis dentro da casa das pessoas: dormitório, salas de estar, cozinhas, lavanderias, varandas. As aulas se tornaram remotas e muitos professores se reinventaram para ministrar suas aulas com várias dificuldades, principalmente da inadequação acústica dos espaços da sua moradia e a influência do ruído urbano e da vizinhança.

Dentro desse contexto, observa-se o despreparo acústico dos ambientes em que muitas das chamadas eram feitas, gerando diversos problemas tanto para quem fala quanto para quem escuta. Um dos grandes desafios na adequação desses ambientes para se tornarem espaços propícios para web conferência, está no fato da não existência de uma norma específica destinada às salas dessa natureza, tornando a adequação acústica destes espaços mais difícil.

Os parâmetros acústicos e valores recomendados para espaços destinados a ambientes onde ocorrem atividades com web conferência podem ser distintos daqueles usados em locais comuns destinados à fala e à música e talvez se assemelhem mais aos de salas de aula. Portanto, um estudo mais detalhado para as salas em questão é necessário e pode garantir assim que a qualidade sonora buscada seja a mais adequada ao seu uso proposto.

Na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas existem três salas destinadas a defesas de dissertações e teses dos programas de pós-graduação da faculdade. Antes de 2020, algumas defesas foram realizadas com a participação remota por meio de web conferência de alguns membros da banca nessas salas que não possuem nenhum tratamento acústico. A paralisação das atividades presenciais, por ocasião da pandemia, fez com que todas as defesas passassem a ser realizadas por web conferência e a inadequação acústica ficou marcante.

Com essa motivação, foi realizado o estudo acústico das três salas utilizadas para defesa de dissertações e teses da faculdade. Esse estudo envolveu a medição de parâmetros acústicos e simulações acústicas dos espaços. Considerando o uso das salas como fala, foram identificadas melhorias que pudessem ser realizadas no ambiente de forma que as atividades com web conferência realizadas no local pudessem ocorrer de forma mais eficiente.

Esse trabalho tem por objetivo apresentar os procedimentos e resultados da análise acústica das salas de defesa da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, usadas como espaço de web

conferência, de forma a determinar os parâmetros acústicos estudados para esses ambientes e adequá-los para o melhor desempenho dentro do uso proposto que é a fala.

2. MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho envolveu diversas etapas. A primeira consistiu no levantamento das dimensões e características construtivas das três salas em estudo, denominadas aqui de Salas de Defesa 1, 2 e 3. Esses dados possibilitaram a criação dos modelos virtuais das salas e que podem ser visualizados nas Figuras 1(a), 1(b) e 1(c) sendo respectivamente as Salas de Defesa 1, 2 e 3.

Na etapa seguinte, as medições de parâmetros acústicos foram efetuadas nas três salas. Como o uso destinado às salas é a fala, foram escolhidos os parâmetros acústicos: Tempo de Reverberação (TR) e Índice de Transmissão da Fala (STI). O tempo de reverberação (TR) foi obtido em função de frequência em bandas de 1/1 oitava entre 125Hz e 4000Hz. A técnica de medição utilizada foi a da resposta impulsiva empregando o programa Dirac destinado a medições acústicas de salas. O procedimento de medição obedeceu às recomendações da norma ABNT NBR ISO 3382-1:2017 [10]. Duas posições de fontes (F1 e F2) foram adotadas levando em consideração as posições do candidato na sala de defesa e os doze pontos receptores (R1 a R12) adotados levaram em conta a posição dos membros da banca e também a posição da audiência em diferentes distâncias. Os pontos de fonte e receptor de cada uma das salas podem ser visualizados na Figura 2.

Os dados coletados nas medições acústicas foram importantes para validar os modelos virtuais das salas na etapa de simulação. A etapa de simulação acústica começou pela criação dos modelos virtuais das três salas propostas no estudo. Os modelos virtuais criados em *SketchUp* foram importados para o programa *Odeon* empregado para a simulação acústica das salas. Na etapa de simulação foram atribuídos os pontos de fonte e receptores usados na medição, os materiais de absorção e seus respectivos coeficientes de absorção sonora para cada superfície do modelo. Realizada a simulação, foram obtidos os parâmetros acústicos desejados, Tempo de reverberação (TR) e Índice de Transmissão da Fala (STI). Os resultados das medições e simulações foram comparados e o modelo foi considerado validado quando os resultados coincidiram dentro do valor de incerteza da medição.

Os resultados das medições foram analisados e comparados com as recomendações de cada parâmetro de acordo com a literatura, considerando o uso dos ambientes para fala. A análise dos resultados mostrou que as salas não atendiam às recomendações de valores dos parâmetros estudados, o que levou à última etapa do trabalho. Nessa última etapa foram feitas propostas de alteração das propriedades de absorção das superfícies das salas, com a adição de materiais acústicos comerciais e disponíveis no mercado e o modelo da “nova” sala foi simulada para verificar o atendimento dos ambientes dentro das metas acústicas desejadas. Os resultados da adequação acústica das salas são apresentados na sessão de Resultados.

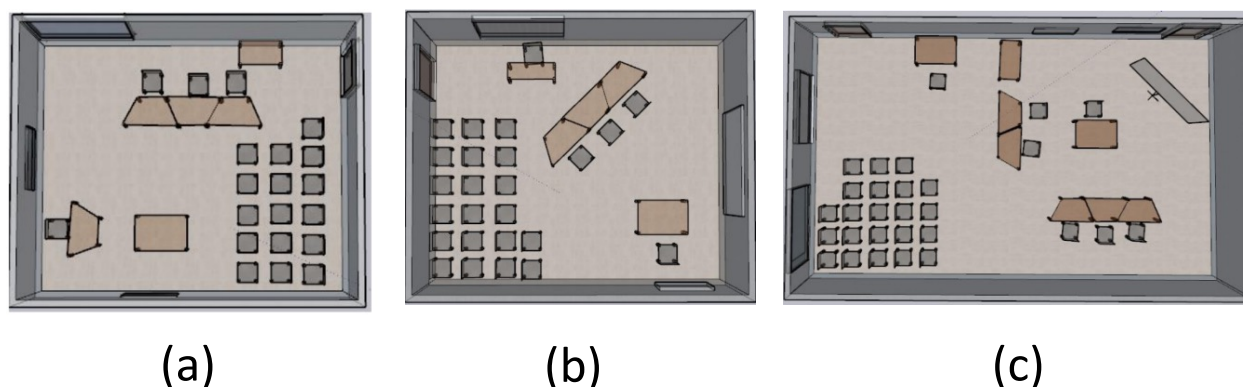


Figura 1: Visualização do modelo virtual em planta da (a) sala de defesa 1, (b) sala de defesa 2 e (c) sala de defesa 3.
Fonte: os autores.

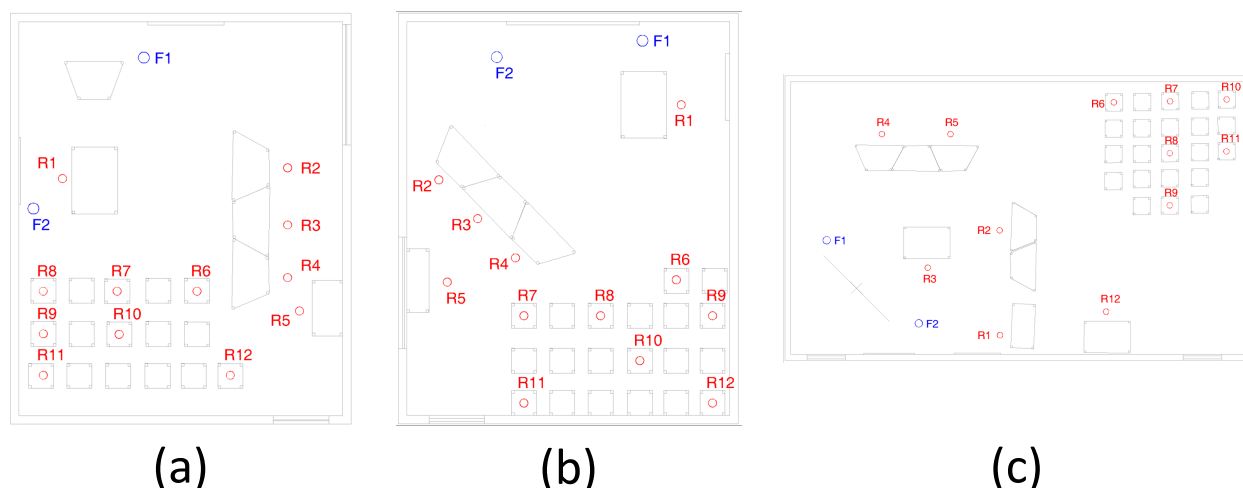


Figura 2: Esquema dos pontos de fonte (em azul) e receptores (em vermelho) adotados na medição acústica da (a) sala de defesa 1 (b) sala de defesa 2 (c) sala de defesa 3.

Fonte: os autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O formato das três salas estudadas é retangular. As dimensões das salas de defesa 1, 2 e 3 são apresentadas no Quadro 1. Pode-se observar que as salas 1 e 2 tem as mesmas dimensões e que a sala 3 é maior, com praticamente o dobro do volume em relação às outras salas.

Quadro 1: Dimensões das salas estudadas.

Sala	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Volume (m ³)
1	7,07	5,83	2,90	119,53
2	7,07	5,83	2,90	119,53
3	11,82	7,07	2,90	242,34

As características construtivas das três salas são as mesmas. As paredes são de bloco de concreto pintado, a laje é de concreto revestida de gesso, o piso é revestido com material vinílico (tipo pavi-flex). As janelas e portas das salas são de vidro. As cadeiras são estofadas em material sintético imitando couro e as mesas são de madeira.

3.1 Resultados das Medições

Os resultados das medições dos parâmetros acústicos serão apresentados por parâmetro e para cada sala. Optou-se por fazer as análises dos parâmetros em função dos setores das salas com o objetivo de verificar se determinadas áreas apresentam algum tipo de problema acústico pontual. Assim, foram realizadas as médias espaciais em função

de frequência da área do orador, que compreende o Receptor 01 nas salas 1 e 2 e Receptores 01, 02, 03 e 12 na sala de defesa 3, área da banca, que compreendem os receptores 02, 03, 04 e 05 nas salas 1 e 2 e receptores 04 e 05 na sala 3 e área da plateia que compreende os receptores de 06 a 12 nas salas 1 e 2 e de 06 a 11 na sala 3 de defesa.

3.2 Tempo de Reverberação

A média espacial dos tempos de reverberação (TR) por setor em função da frequência em bandas de 1/1 oitava entre 125Hz e 4000Hz obtidos pela medição na sala de defesa 1 são apresentados na Figura 3.

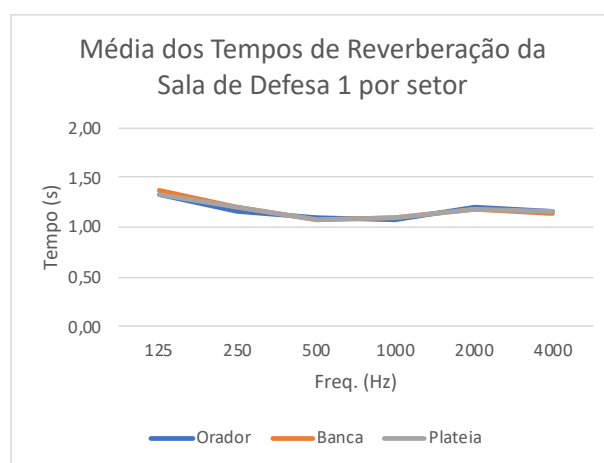


Figura 3: Média dos Tempos de reverberação da sala de defesa 1 por setor.

Fonte: os autores.

Como esperado, a variação dos valores dos tem-

pos de reverberação em função de frequência é pequena para todos os setores. Isso corrobora com a literatura que mostra que o parâmetro Tempo de Reverberação em geral não apresenta grandes variações em função da variação da posição do receptor e fonte sonora [1]. Os maiores valores ocorrem na banda de 125Hz e os menores valores na banda de 500Hz. A dispersão para os valores de TR é maior em baixas frequências. Observa-se na frequência de 500Hz, que o valor médio de TR para as fontes 1 e 2 são respectivamente 1,05s e 1,09s. Para o volume dessa sala e considerando o uso de fala, o tempo ótimo de reverberação indicado para a sala de defesa 1 deveria ser de 0,5s de acordo com a ABNT NBR 12179:1992 [11]. Os valores encontrados foram maiores, exigindo assim a adequação do tempo reverberação dessa sala.

Para a sala de defesa 2, a média espacial dos tempos de reverberação (TR) por setor em função da frequência obtidos em bandas de 1/1 oitava entre 125Hz e 4000Hz são apresentados na Figura 4.

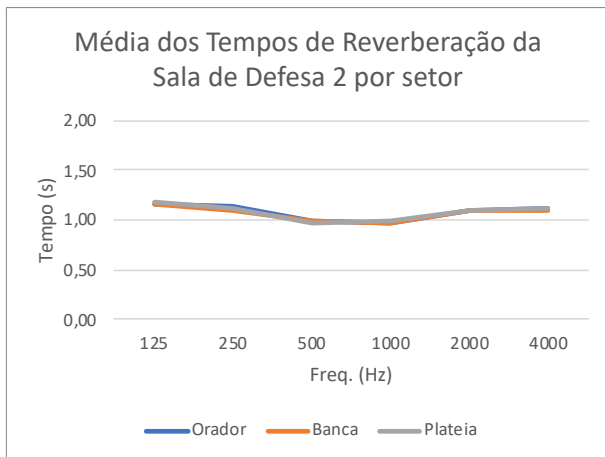


Figura 4: Média dos Tempos de reverberação da sala de defesa 2 por setor.
Fonte: os autores.

A sala de defesa 2 tem as mesmas dimensões e características construtivas que a sala de defesa 1, variando somente o número de cadeiras da audiência. O comportamento similar é verificado para os valores dos tempos de reverberação em função de frequência como os resultados da sala de defesa 1 exceto para o ponto R09 da fonte 2 na banda de 125Hz. Para esta sala observa-se na frequência de 500Hz, que o valor médio de TR para as fontes 1 e 2 são respectivamente 0,99 e 0,98. Também

neste caso, com o volume e o uso de fala considerados, o tempo ótimo de reverberação indicado para a sala de defesa 2 deveria ser 0,5s, segundo ABNT NBR 12179:1992 [11]. Como os valores encontrados foram maiores, a sala também exigiu a adequação do tempo reverberação.

Para a sala de defesa 3, a média espacial dos tempos de reverberação (TR) por setor em função da frequência obtidos em bandas de 1/1 oitava entre 125Hz e 4000Hz são apresentados na Figura 5.

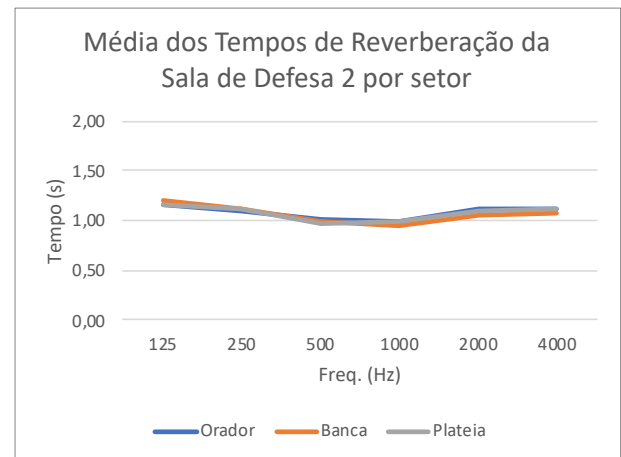


Figura 5: Média dos Tempos de reverberação da sala de defesa 3 por setor.
Fonte: os autores.

A sala de defesa 3 tem o maior volume entre as salas, entretanto, seu tempo médio de reverberação ficou bastante próximo das outras salas. Isso pode ser explicado provavelmente pelo número de poltronas e dimensões dos móveis da sala, que por serem maiores podem aumentar a área de absorção da sala. Os maiores valores e com a maior dispersão ocorrem em 125Hz exceto para o ponto R08 e fonte 2 e os menores valores aparecem em 500Hz. Observa-se na frequência de 500Hz, que o valor médio de TR para as fontes 1 e 2 são respectivamente 0,98 e 0,99 como na sala de defesa 2. Para o volume e o uso de fala, o tempo ótimo de reverberação indicado para essa sala é de 0,6s. Os valores encontrados foram bem maiores, exigindo assim também a adequação do tempo reverberação dessa sala.

O gráfico da Figura 6 mostra a média espacial de cada uma das salas, a partir do cálculo da média de todas as fontes e receptores de cada uma das salas estudadas.

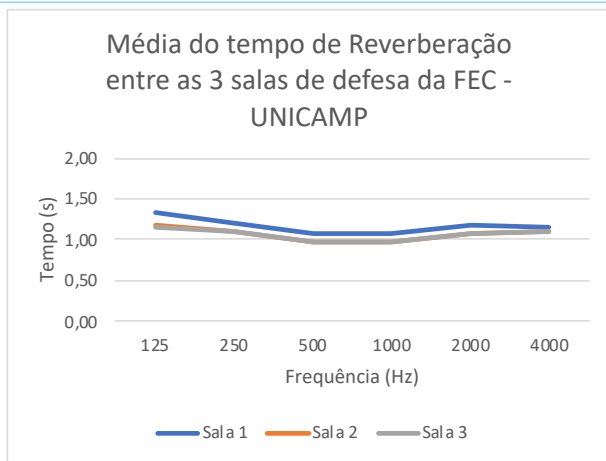


Figura 6: Média dos Tempos de Reverberação das salas de defesa 1, 2 e 3.
Fonte: os autores.

É interessante notar como o comportamento das curvas é bastante similar, uma vez que todas as salas possuem os mesmos materiais em suas superfícies, embora a sala de defesa 1 tenha o Tempo de reverberação ligeiramente maior que as outras salas. Como dito anteriormente, a sala de defesa 3 apesar do volume possui um mobiliário em maior número, o que pode de certa maneira contribuir para seu tempo de reverberação similar ao das outras salas embora seu volume seja maior. Em todas as salas é necessário algum tipo de intervenção com materiais fonoabsorventes para que o tempo de reverberação da sala possa ser controlado. O desafio, é escolher materiais ou a combinação de materiais que possam absorver de maneira homogênea em todo o espectro de frequências.

3.3 Índice de Transmissão da Fala

Os valores de índice de transmissão da fala (STI) medidos nos pontos receptores adotados nas salas de defesa 1, 2 e 3 podem ser visualizados no gráfico da Figura 7. Os pontos receptores podem ser observados nas Figura 2.

As variações dos valores de STI encontrados para a sala 1 foram relativamente pequenas entre os pontos receptores. Os valores variaram entre 0,54 e 0,57 para a fonte 1 e entre 0,52 e 0,58 para a fonte 2. Entretanto embora a diferença tenha sido pequena, os resultados são coerentes considerando que os pontos mais próximos das fontes apresentaram os melhores valores de STI e os pontos mais distantes (localizados no fundo da sala) apresentaram valores menores.

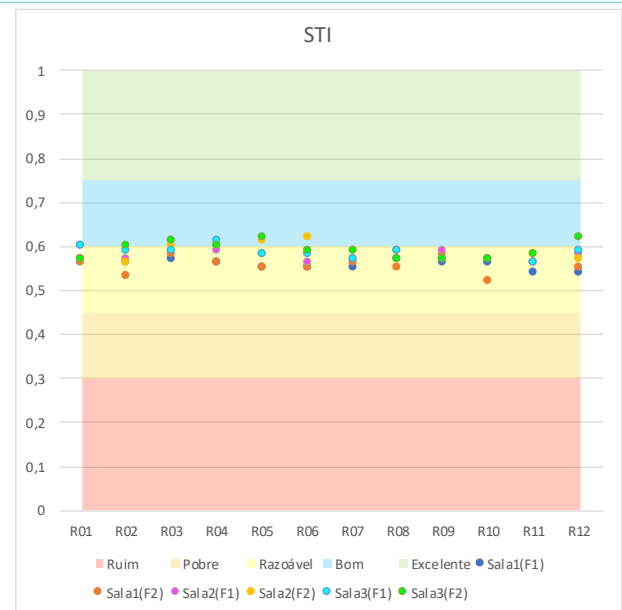


Figura 7: Valores de STI medidos nas salas de defesa 1, 2 e 3 por fonte.
Fonte: os autores.

Para a sala 2 também as variações dos valores de STI foram relativamente pequenas entre os pontos receptores. Para a fonte 1, os valores variaram entre 0,56 e 0,61 e para fonte 2 variaram entre 0,56 e 0,62. Embora a sala 2 tenha as mesmas dimensões da sala 1, os valores de STI para esta sala foram ligeiramente superiores, o que faz sentido, uma vez que o tempo de reverberação da sala 2 é um pouco menor que o da sala 1. A coerência dos resultados de STI com a distância fonte receptor se mantém, com os receptores mais próximos das fontes obtendo melhores valores de STI.

O volume da sala 3 tem mais que o dobro do volume das salas 1 e 2. Embora o volume seja maior observa-se que os valores absolutos de STI são praticamente os mesmos. No caso da fonte na posição 1 variaram entre 0,56 e 0,61 e para a fonte 2 variaram de 0,57 a 0,62. Também para esta sala, a coerência dos resultados de STI com a distância fonte-receptor se mantém.

Os valores de STI podem ser qualificados segundo o Quadro 2. Da análise dos valores de STI encontrados para as salas estudadas, verifica-se que 100% das configurações fonte-receptor para a sala de defesa 1, 87,5% das configurações da sala de defesa 2 e 83,3% da sala de defesa 3 se classificam como razoável. Assim as adequações propostas para a melhoria dos parâmetros acústicos tempo de reverberação definição poderão melhorar também os valores e classificação de STI das salas.

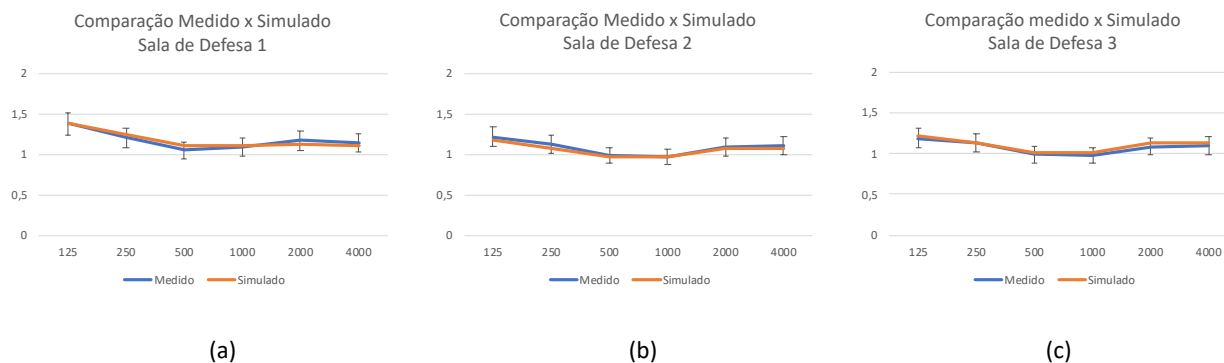


Figura 8: Comparativo entre resultados de tempo de reverberação simulados e medidos com o modelo validado.
Fonte: os autores.

Quadro 2: Escala de avaliação de STI.

Fonte: IEC60268-16: 2003 [12]

STI	<0,3	0,3 - 0,45	0,45 - 0,6	0,6 - 0,75	0,75 - 1,0
Inteligibilidade	Ruim	Pobre	Razoável	Boa	Excelente

3.4 Resultados das Simulações

Construído o modelo virtual das salas em *SketchUp*, exportado o modelo para o programa *Odeon* e atribuído os coeficientes de absorção das superfícies das salas, foi rodado o programa para a determinação dos parâmetros acústicos: Tempo de Reverberação e Índice de Transmissão da Fala para os pontos de fontes e receptores utilizados nas medições. O modelo virtual foi considerado validado quando a diferença entre os valores medidos e calculados de tempo de reverberação fossem até 5% para mais ou para menos. O valor adotado de 5% está de acordo com a diferença de limite observável (*Just Noticeable Difference - JND*), proposto pela norma ABNT NBR ISO 3382-1:2017 [10] que representa uma variação imperceptível para a audição humana.

Na Figura 8 são apresentados gráficos da comparação dos resultados médios de tempo de reverberação entre medição e simulação para o modelo validado para as salas estudadas.

Na perspectiva de aplicar efetivamente a adequação acústica proposta para as salas optou-se por variar os materiais de revestimento das superfícies por materiais acústicos comercializados. Várias alterações de superfícies foram estudadas com o objetivo de atingir as metas desejadas.

A solução de adequação acústica para a sala de defesa 1 e 2 foi a colocação no teto da sala do forro mineral Sinfonia da empresa OWA e, na parte superior de três das paredes, de uma faixa de 40cm do material Cleaneo redondo com 400mm de pleno da empresa Knauf. Na sala de defesa 3 somente a colocação do forro mineral foi suficiente para adequar acusticamente a sala.

Os gráficos da Figura 9 mostram os valores médios dos tempos de reverberação em função de frequência para as salas estudadas antes e depois da adequação proposta. Observa-se que a adequação permitiu atingir a meta de tempo de reverberação de 0,5s com desvios de entre + 0,03s e -0,03s para as frequências desejadas.

A adequação do tempo de reverberação levou a um aumento dos valores de STI e consequente melhora da classificação da inteligibilidade da fala. Os resultados de melhora do STI podem ser vistos na Figura 10.

Os resultados mostram que ao se diminuir o Tempo de Reverberação nas três salas, foi possível melhorar a inteligibilidade da fala em todos os setores estudados, passando de “Razoável” para “Boa”, com todos os valores obtidos acima de 0,6.

3.5 Considerações Finais

A inteligibilidade é um dos principais requisitos acústicos para salas em que a prioridade de uso seja a fala como salas de aula, salas de reuniões, auditórios, etc. Com a popularização de sistemas de web conferência especialmente após a pandemia de coronavírus, ficou evidente que muitos espaços não possuem as adequações acústicas necessárias para uma boa inteligibilidade. Está

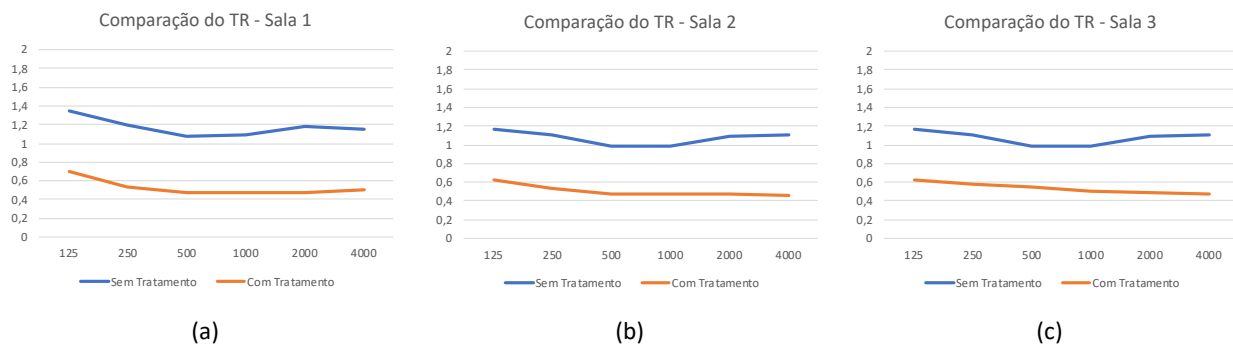


Figura 9: Comparativo entre resultados de tempo de reverberação sem tratamento e com tratamento acústico.
Fonte: os autores.

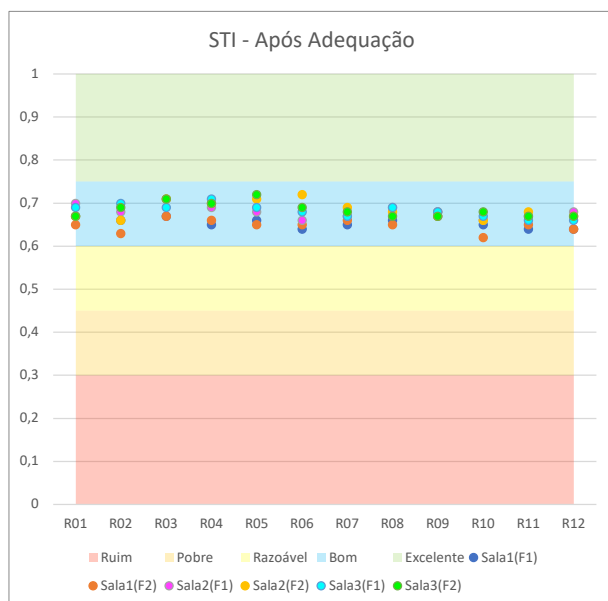


Figura 10: Valores do parâmetro STI após adequação acústica nas salas de defesa 1, 2 e 3.
Fonte: os autores.

claro também, que o uso de sistemas de web conferência não foi apenas uma solução passageira para reuniões, comunicações, etc. Há uma grande tendência no uso híbrido de sistemas de web conferência em reuniões semipresenciais, onde parte das pessoas participam presencialmente e outra parte de forma remota. Tais situações trazem ainda mais a necessidade de boa inteligibilidade nos ambientes.

A partir das medições acústicas de três salas utilizadas para defesa de teses e dissertações na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, foi possível perceber a necessidade de adequação acústica para a diminuição do tempo de reverberação e consequente melhoria da inteligibilidade da fala. A partir de simulações acústicas, foi possível adequar o am-

biente testando a colocação de materiais fonoabsorvedores que pudessem diminuir de maneira homogênea o tempo de reverberação da sala. Os resultados mostraram que com a mudança de material em uma grande área como o teto e em parte da área das paredes foi possível adequar o tempo de reverberação dos espaços a valores recomendados pela literatura e melhorar assim a inteligibilidade do ambiente.

Espera-se que esta pesquisa possa auxiliar arquitetos e projetistas com diretrizes metodológicas e projetuais para o adequado projeto de ambientes propícios à boa inteligibilidade da fala.

REFERÊNCIAS

- [1] Barron, M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. 2ª ed. Oxfordshire, U.K.: Spon Press, Julho 2003. ISBN 0-419-24510-3.
- [2] Beranek, Leo. *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*. 2ndª ed. Springer, Novembro 2003. ISBN 0-387-95524-0.
- [3] Alarcao, D.; Fafaoil, C. e Bento Coelho, J. L. Acústica de salas de aula. Em *Acústica*, Coimbra, 2008.
- [4] Vallet, M. e Karabiber, Z. Some European policies regarding acoustical comfort in educational buildings. *Noise Control Engineering Journal*, 50(2): 58–62, 2002. doi: <https://doi.org/10.3397/1.2839678>.
- [5] Karabiber, Z. e Vallet, M. Classroom acoustics policies – An overview. Em *Euronoise*, Naples, 2003.
- [6] Ribeiro, R. S.; Cardoso, I. A. e Santos, L. C. A importância da Acústica no processo de aprendizagem – Diferentes estratégias de implementação. Em *Acústica*, Coimbra, 2008.
- [7] Mak, C. M. e Lui, Y. P. The effect of sound on office productivity. *Building Services Engineering Research and Technology*, 33(3):339–345, 2012. doi: <https://doi.org/10.1177/0143624411412253>.
- [8] Sundstrom, E.; Town, J. P.; Rice, R. W.; Osborn,

- D. P. e Brill, M. Noise, Satisfaction, and Performance. *Environment and Behavior*, 26(2):195–222, 1994. doi: [10.1177/001391659402600204](https://doi.org/10.1177/001391659402600204).
- [9] Maiorino, Alexandre Virginelli. *Parâmetro Acústico para caracterização objetiva e subjetiva de curvas de energia com decaimento não exponencial em salas de múltiplo uso com espaços acoplados*. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC/Unicamp, Campinas, Brasil, 2018.
- [10] *ABNT NBR ISO 3382-1 - Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas Parte 1: Salas de espetáculos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017.
- [11] *ABNT NBR 12179 - Tratamento Acústico em recintos fechados*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992.
- [12] *IEC60268-16: Sound system equipment, part 16: objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*. International Electrotechnical Commission, 2003.