XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Caracterização acústica de divisórias para escritórios de planta livre

ACOUSTIC CHACARTERIZATION OF SCREENS FOR OPEN PLAN OFFICE

João Pedro Colnaghi
Itt Performance Unisinos | São Leopoldo | Brasil | jpcolnaghi@gmail.com
Bianca Gass Walter
Itt Performance Unisinos | São Leopoldo | Brasil | biancagw@unisinos.br
Fernanda Catarina Rossatto
Itt Performance Unisinos | São Leopoldo | Brasil | frossatto@unisinos.br
Maria Fernanda de Oliveira
Itt Performance Unisinos | São Leopoldo | Brasil | mariaon@unisinos.br
Rafael Ferreira Heissler
Itt Performance Unisinos | São Leopoldo | Brasil | rheissler@unisinos.br

Resumo

O elevado nível de ruído está entre os problemas ambientais mais sérios em escritórios de planta livre, ao causar fadiga, stress e decréscimo de produtividade. O controle da reverberação é fundamental para preservação da qualidade acústica desses espaços. Essa pesquisa compara o tempo de reverberação em um escritório de planta livre na sua configuração original e com divisórias, de piso e de mesa, projetadas especificamente para o tratamento acústico. Foram realizadas medições em campo através do método da resposta impulsiva. Os resultados apontam que as divisórias proporcionaram uma redução significativa, mas não suficiente no tempo de reverberação da sala.

Palavras-chave: Acústica de salas. Tempo de reverberação. Escritório de planta livre. Divisórias acústicas.

Abstract

Noise levels are among the most serious environmental problems in open-plan offices, causing fatigue, stress and decreased productivity. Reverberation control is essential to preserve the acoustic quality of these spaces. This research compares the reverberation time in an open-plan office in its original configuration and with sound-absorbing screens, on floor and table, designed specifically for acoustic treatment. Field measurements were performed using the impulsive response method. The results indicate that the sound-absorbing screens provided a significant, but not sufficient, reduction in the room's reverberation time.

Keywords: Room acoustics. Reverberation time. Open plan office. Acoustic screens.

Como citar:
COLNAGHI, J. P.; WALTER, B. G.; ROSSATTO, F. C.; OLIVEIRA, M. F.; HEISSLER, R. F. Caracterização acústica de divisórias para escritórios de planta livre. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

Um espaço é construído baseado em valores objetivos como forma, função, cor, textura, temperatura, iluminação, sonoridade e simbologia. Cada valor compõe o espaço funcional e dimensionado, determinando o conforto e o nível de bem-estar das pessoas que interagem com este espaço [1]. Cada ambiente possui particularidades de projeto, e suas dimensões, volume, forma geométrica e materiais de acabamento irão determinar a forma como o som irá se propagar em seu interior [2].

Para uma boa qualidade acústica de salas, é importante que a absorção sonora não seja excessiva. É necessário que a absorção e o espalhamento sonoro sejam equilibrados, para não comprometer a inteligibilidade e a clareza dos sons [3]; é preciso que a transmissão da informação emitida entre orador e ouvinte sejam satisfatórias. Sendo assim, uma das opções é a utilização de materiais acústicos, com a finalidade de absorção ou reflexão de ondas sonoras, dependendo da necessidade de cada ambiente.

Nesse contexto, o projeto de condicionamento acústico visa otimizar as características de uma sala para que a distribuição do som seja adequada ao uso do espaço. Para isso, deve-se determinar quais tipos de sinais acústicos serão executados, visando potencializar o som desejado e atenuar o som indesejado [4].

No que se refere a escritórios de planta livre, diversas pesquisas apontam o elevado nível de ruído e a falta de privacidade acústica como os problemas ambientais mais sérios nesses espaços [5] [6] [7] [8]. Portanto, o controle da reverberação é fundamental para manter a qualidade acústica, pois limita os níveis de ruído e melhora as condições de trabalho e a comunicação entre os funcionários [9].

De acordo com a norma ISO 22955:2021 [10], os valores ótimos para os parâmetros acústicos dependem do tipo de atividades que serão realizadas no escritório, não podendo ser determinados sem a compreensão de como as pessoas operam no espaço de trabalho. Dentre os diversos parâmetros que devem ser analisados, a média do tempo de reverberação entre as faixas de frequência de 250 Hz e 4000 Hz deve estar entre 0,5 s e 0,8 s, respectivamente, para atividades que requerem diferentes níveis de concentração. Por outro lado, o nível de pressão sonora do ruído de fundo não deve ultrapassar 45 dB na ponderação A, pois níveis de pressão sonora muito altos estimulam as pessoas a elevarem a voz para serem compreendidas, o que gera desgaste, estresse e torna o ambiente excessivamente ruidoso.

Ainda, conforme a norma 22955:2021 [10], o uso de divisórias parciais em escritórios de planta livre visa fornecer áreas adicionais de absorção de som para o ambiente; delimitar rotas entre estações de trabalho; delinear acusticamente áreas informais de conversação; fornecer separação, ainda que parcial, de fontes geradoras de ruído, como impressoras, máquinas de café, telefones, etc.; delimitar visualmente as estações de trabalho, reduzir os níveis de ruído entre elas e proporcionar redução da reverberação nos locais próximo aos usuários.

As divisórias também podem ser usadas para criar pequenos espaços para reuniões rápidas, conversas telefônicas ou momentos de relaxamento e descanso [11] [12].

Segundo Trocka-Leszczynska e Jablonska (2021) [9], a instalação das divisórias nas mesas é importante para controlar a transmissão direta e a reflexão do som da mesa, principalmente em frente às pessoas, pois o som é projetado nessa direção. Essas divisórias devem ser revestidas com material fonoabsorvente para proporcionar um ambiente menos ruidoso e mais confortável aos usuários.

Desse modo, a caracterização e avaliação de dispositivos acústicos, como divisórias fonoabsorventes de piso e de mesa, é um tema que merece ser investigado com intuito de aprofundar o conhecimento sobre os seus efeitos na acústica de salas.

O objetivo desse trabalho é realizar a caracterização acústica de divisórias para escritórios de planta livre.

MÉTODO

O método adotado na presente pesquisa consiste em duas etapas. Primeiramente, foram realizados ensaios em câmara reverberante para verificação dos coeficientes de absorção das divisórias, dados necessários para elaboração dos cálculos de estimativa do tempo de reverberação através da fórmula de Sabine. Posteriormente, foram realizadas medições do tempo de reverberação em um escritório de planta livre com três configurações diferentes de sala, com e sem as divisórias presentes.

CARACTERÍSTICAS DAS DIVISÓRIAS

As divisórias foram projetadas e construídas com dimensões adequadas ao escritório escolhido para a pesquisa. Todas as divisórias são compostas por um núcleo rígido de compensado naval com 18 mm de espessura, coberto em ambas as faces com lã de vidro de 25 mm e densidade de 40 kg/m³, totalizando 6,8 cm de espessura. O acabamento foi feito com revestimento de tecido. As divisórias foram construídas em módulos independentes para facilitar o manuseio e foram instaladas lado a lado visando bloquear a transmissão direta do som ao longo de todo o comprimento das estações de trabalho.

As divisórias de mesa foram construídas em dois módulos de 160 cm de comprimento e 60 cm de altura e foram apoiadas diretamente no eixo central das estações de trabalho, no sentido longitudinal, totalizando 135 cm de altura do topo da divisória até o chão.

As divisórias de piso foram construídas em quatro módulos de 80 cm de largura com estrutura de madeira apoiada diretamente sobre o chão, posicionadas entre as mesas, com altura total de 200 cm.

CARACTERÍSTICAS DA SALA

A sala escolhida para pesquisa está localizada no prédio do Portal da Inovação, no campus da Unisinos em São Leopoldo/RS. Com área de aproximadamente 78,50 m² e pé direito de 3,47 m, a sala conta com 3 mesas uniformemente distribuídas ao longo da sala, sem nenhuma divisão entre as estações de trabalho, caracterizando a mesma como um escritório de planta livre. Cada mesa possui 3 cadeiras moderadamente

estofadas em cada lado, totalizando 18 estações de trabalho. O teto da sala é todo rebocado e pintado, assim como as paredes, com exceção da parede que faz divisa com o corredor do prédio que é quase toda composta por painéis de vidro e da parede no lado oposto onde há 3 janelas grandes voltadas para a rua de circulação interna do campus. O piso é todo de porcelanato. De mobiliário, com exceção das cadeiras e mesas, há apenas armários baixos posicionados ao longo das paredes laterais da sala. O sistema de climatização da sala é formado por 3 equipamentos split cassete que estão instalados de forma aparente, pendurados na laje por meio de suportes metálicos.

MEDIÇÕES EM LABORATÓRIO

As medições dos coeficientes de absorção das divisórias foram realizadas na câmara reverberante do itt Performance de acordo com os procedimentos da norma ISO 354:2003 [13]. Foi adotado o método do ruído interrompido para as medições do tempo de reverberação e os dados foram extraídos em banda de terço de oitava. A montagem das divisórias dentro da câmara foi feita da mesma maneira em que são tipicamente instaladas, de acordo com procedimentos estabelecidos pela norma ISO 20189:2018 [14]. As divisórias foram arranjadas de forma aleatória e espaçadas no mínimo 2 m entre si.

A Figura 1 apresenta o registro fotográfico das divisórias de piso (à esquerda) e das divisórias de mesa (à direita) instaladas no interior da câmara reverberante no dia dos ensaios.

Figura 1: Divisórias de piso (à esquerda) e divisórias de mesa (à direita) posicionadas na câmara reverberante



Fonte: o autor.

MEDIÇÕES EM CAMPO

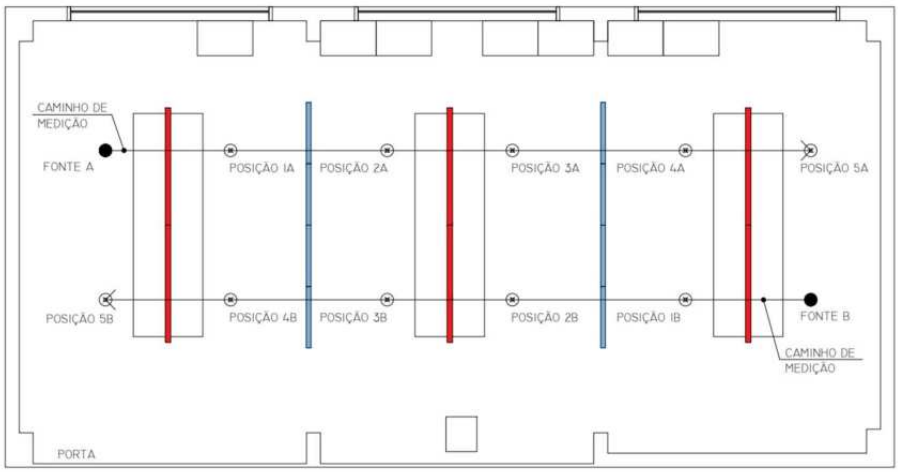
O método escolhido para as medições do tempo de reverberação em campo foi da resposta impulsiva, conforme os procedimentos da norma NBR ISO 3382-2:2017 [15]. A medição da resposta impulsiva foi realizada através do método da varredura exponencial de senos. O software utilizado para a geração do ruído impulsivo e para o

processamento dos dados foi o ARTA versão 1.9.4.1. Os dados do tempo de reverberação foram extraídos em bandas de oitava de 125 Hz a 8 kHz. Os equipamentos utilizados nas medições foram da marca Bruel&Kjaer, sendo: analisador sonoro 2270; fonte sonora omnidirecional Omnipower 4292-L; pré-amplificador modelo ZC-0032; microfone 4189; calibrador sonoro 4231; amplificador de potência 2734. Para o sinal de áudio foi utilizada a interface de áudio Focusrite Scarlett 2i4.

As posições de fonte e microfone foram definidas de forma a possibilitar as medições de outros parâmetros acústicos para avaliação acústica de escritórios de planta livre, conforme especificações da norma ISO 3382-3:2022 [16]. Tanto a fonte quanto o microfone foram posicionados a uma altura de 120 cm em relação ao chão.

Foram adotadas duas posições de fonte, localizadas em estações de trabalho próximas às paredes do fundo da sala, em lados e sentidos opostos. As posições de microfone seguiram uma linha reta de transmissão entre as estações de trabalho. No sentido longitudinal da sala cada linha possui 6 estações de trabalho (1 em cada lado das mesas), sendo 1 nos extremos da sala onde foi posicionada a fonte e as outras 5 onde foi posicionado o microfone. Portanto, considerando as duas linhas de transmissão, as medições foram realizadas em um total de 2 posições de fonte e 10 posições de microfone, conforme ilustra a planta baixa da Figura 3.

Figura 3: Disposição das divisórias de piso e divisórias de mesa posicionadas na sala



Fonte: o autor.

As medições foram realizadas em três configurações de sala, como apresentado na Figura 4. Primeiramente, o tempo de reverberação foi medido na sala original, sem nenhuma divisória (S.O.). Posteriormente, foram adicionadas as divisórias de mesa e de piso (S.D.P.M.). Por último, as medições foram realizadas na sala apenas com as divisórias de mesa instaladas (S.D.M.).

Figura 4: Sala original sem a presença das divisórias (à esquerda), com as divisórias de piso e de mesa instaladas (ao centro) e somente com as divisórias de mesa instaladas (à direita)



Fonte: o autor.

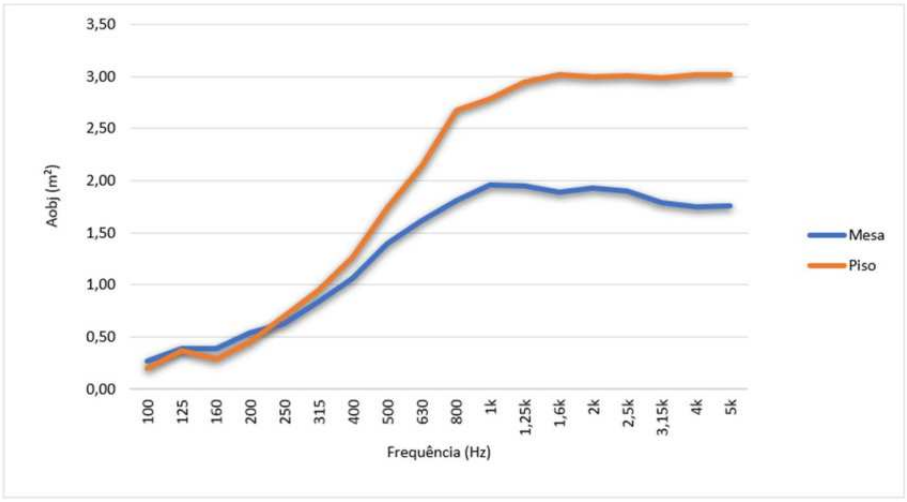
Durante os ensaios, os equipamentos de climatização foram mantidos ligados, em modo de operação normal ao uso cotidiano. O mobiliário da sala também foi mantido na posição original, com exceção do móvel onde ficaram apoiados os equipamentos de medição, conforme ilustra a Figura 4 (à esquerda). Devido à limitação da extensão dos cabos, um operador permaneceu no interior da sala durante todos os ensaios.

RESULTADOS

COEFICIENTES DE ABSORÇÃO EM LABORATÓRIO

As divisórias de piso e de mesa apresentaram resultados semelhantes em relação a sua capacidade de absorção sonora, pois foram construídas com a mesma composição de materiais. O Figura 2 apresenta a área de absorção sonora equivalente das divisórias de piso e de mesa em bandas de terço de oitava.

Figura 2: Área de absorção sonora equivalente das divisórias de piso e de mesa em bandas de terço de oitava



Fonte: o autor.

Os resultados apontam que as divisórias de piso oferecem uma área de absorção por unidade superior às de mesa, pois suas dimensões são maiores. Porém, analisando os dados apresentados na Tabela 1, é possível verificar que os coeficientes de absorção

indicam um comportamento típico de material poroso de alta densidade, com curva ascendente no sentido das baixas para as altas frequências. As variações nas bandas de 125 Hz a 500 Hz podem estar relacionadas à forma como as divisórias foram montadas no interior da câmara reverberante, considerando que as de mesa foram apoiadas direto sobre uma superfície rígida (piso), enquanto as divisórias de piso ficaram afastadas da superfície devido à estrutura de sustentação.

Tabela 1: Coeficientes de absorção das divisórias de piso e de mesa em bandas de oitava

Frequência [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α obj – Divisórias de Mesa	0,16	0,29	0,61	0,85	0,85	0,78
α obj – Divisórias de Piso	0,08	0,19	0,47	0,77	0,83	0,83

Fonte: o autor.

TEMPO DE REVERBERAÇÃO NO ESCRITÓRIO DE PLANTA LIVRE

O escritório onde foram realizadas as medições é composto predominantemente de superfícies reflexivas. Por conta disso, o tempo de reverberação medido na sala original, sem a presença das divisórias, apresentou valores bastante elevados em comparação ao recomendado para ambientes de escritório, independentemente do tipo de atividade que é praticada nesse espaço.

A instalação das divisórias resultou em uma redução no tempo de reverberação da sala, especialmente nas médias e altas frequências. A Tabela 2 apresenta os dados de T20 obtidos em bandas de oitava para as 3 configurações ensaiadas.

Tabela 2: Tempo de reverberação médio da sala para as 3 configurações de sala

Frequência [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T20 na sala original	2,04	1,77	1,81	1,58	1,64	1,59
T20 da sala com divisórias de mesa	1,65	1,54	1,34	1,10	1,11	1,12
T20 da sala com divisórias de piso e de mesa	1,59	1,31	0,97	0,75	0,76	0,81

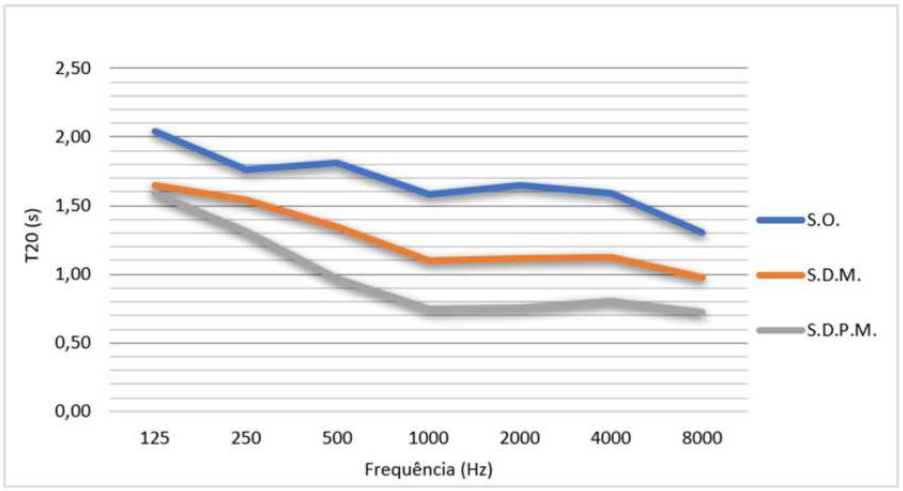
Fonte: o autor.

O tempo de reverberação médio entre as bandas de 250 Hz e 4000 Hz medido na sala original foi de 1,68 s. A instalação das divisórias de mesa reduziu o tempo para 1,24 s. Com as divisórias de piso e de mesa instaladas o tempo de reverberação médio foi de 0,92 s.

O Figura 5 apresenta as curvas do tempo de reverberação medido nas 3 configurações de sala. Com as divisórias de mesa instaladas, houve redução do T20 em todas as bandas de frequência em relação aos resultados medidos na sala original. A instalação das divisórias de piso apresentou mudanças mais significativas a partir da banda de 500 Hz em relação aos resultados obtidos somente com as divisórias de mesa

instaladas, devido às propriedades de absorção sonora do material poroso da sua composição.

Figura 5: Tempo de reverberação médio da sala para as 3 configurações de sala



Fonte: o autor.

O nível de pressão sonora do ruído de fundo também foi influenciado pela presença das divisórias. A Tabela 3 apresenta os níveis de pressão sonora do ruído de fundo ponderados em A para as 3 configurações de sala.

Tabela 3: Nível de pressão sonora do ruído de fundo ponderado em A para as 3 configurações de sala

Configuração da sala	$L_{p,A,B}$ [dB]
Sala original	53,55
Sala com divisórias de mesa	52,16
Sala com divisórias de piso e de mesa	50,60

Fonte: o autor.

A instalação das divisórias de mesa resultou em uma redução de aproximadamente 1 dB no nível do ruído de fundo em relação à sala original, enquanto a sala com as divisórias de piso e de mesa apresentou um nível de ruído de fundo aproximadamente 3 dB inferior ao medido na sala original. Essa redução é justificada tanto pela atenuação da energia refletida devido à capacidade de absorção sonora das divisórias como pelo bloqueio da transmissão direta do som entre os equipamentos de climatização e as estações de trabalho posicionadas atrás das divisórias de piso.

COMPARAÇÃO DO TR MEDIDO E CALCULADO

A Tabela 4 apresenta a comparação dos dados do tempo de reverberação calculado e medido.

Tabela 4: Tempo de reverberação médio da sala para as 3 configurações de sala

Frequência [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T20 na sala original	2,04	1,77	1,81	1,58	1,64	1,59
TR Sabine estimado para sala original	2,04	1,77	1,80	1,59	1,64	1,59
Diferença entre medição e cálculo	0%	0%	0,5%	-0,6%	0%	0%
T20 da sala com divisórias de mesa	1,65	1,54	1,34	1,10	1,11	1,12
TR Sabine estimado para sala com divisórias de mesa	1,86	1,53	1,35	1,12	1,15	1,15
Diferença entre medição e cálculo	-11,3%	0,6%	-0,7%	-1,78%	-3,5%	-2,6%
T20 da sala com divisórias de mesa e de piso	1,59	1,31	0,97	0,75	0,76	0,81
TR Sabine estimado para sala com divisórias de mesa e de piso	1,69	1,28	0,95	0,71	0,70	0,70
Diferença entre medição e cálculo	-5,9%	2,3%	2,1%	5,6%	8,6%	15,7%

Fonte: o autor.

Os cálculos de estimativa do tempo de reverberação para a sala somente com as divisórias de mesa instaladas apresentaram resultados bem próximos aos medidos, com diferenças inferiores a 5% em todas as bandas de oitava, com exceção da banda de 125 Hz. Já o tempo de reverberação estimado para a sala com as divisórias de piso e de mesa instaladas apresentou diferenças mais significativas, estando abaixo de 5% apenas nas bandas de 250 Hz e 500 Hz. Essas diferenças mais significativas podem estar associadas à forma como as divisórias foram montadas, visto que na câmara reverberante elas estavam com as laterais expostas e afastadas entre si, enquanto no escritório elas foram instaladas lado a lado. Além disso, as condições de campo difuso encontradas na câmara reverberante não são as mesmas encontradas em uma sala comum, devido à presença dos difusores instalados no teto da câmara. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados dos cálculos é que a fórmula de Sabine tende a apresentar incertezas para cálculos de ambientes com coeficiente médio de absorção elevado. Ou seja, quanto maior for a capacidade de absorção dos materiais presentes na sala, maior será a incerteza dos valores do tempo de reverberação calculados através da fórmula de Sabine.

CONCLUSÃO

A complexidade do projeto acústico em escritórios de planta livre está associada à falta de caracterização dos elementos fixos que bloqueiam a transmissão direta do som entre os usuários e às grandes superfícies da sala que, quando não recebem um tratamento adequado, tornam o ambiente excessivamente reverberante e ruidoso.

As divisórias parciais cumprem diversas funções no que diz respeito à organização e delimitação de espaços nesses ambientes. Do ponto de vista do condicionamento acústico, suas principais funções são criar ambientes de separação para promoção da privacidade acústica entre diferentes estações de trabalho e oferecer uma área extra de absorção sonora para proporcionar aos usuários um ambiente acusticamente controlado e confortável.

Para este trabalho, foram realizados ensaios em 3 configurações diferentes de salas, sendo a sala vazia, com divisórias apenas nas mesas e com divisórias de piso e de mesa instaladas.

Em nenhuma das configurações ensaiadas o tempo de reverberação da sala atingiu os valores recomendados pela norma ISO 22955:2021 [10] para qualquer tipo de atividade tipicamente praticada em escritórios.

As medições dos níveis do ruído de fundo também resultaram em valores elevados para todas as configurações de sala. O uso das divisórias proporcionou uma redução devido à atenuação da energia refletida e, principalmente, pelo bloqueio do som direto entre os equipamentos de climatização e as estações de trabalho, proporcionado pelas divisórias de piso. Porém, considerando o limite recomendado de pela norma ISO 22955:2021 [10] de 45 dB na ponderação A para o ruído de fundo, é possível constatar que a influência das divisórias foi pouca significativa para esse parâmetro.

Os cálculos realizados para estimativa do tempo de reverberação apresentaram valores próximos aos resultados obtidos através das medições. Essa proximidade entre os dados confirma a importância de caracterizar dispositivos de tratamento acústico em laboratório quanto à sua capacidade de absorção sonora para que os projetos possam ser elaborados com maior nível de confiabilidade e precisão. Porém, as diferenças encontradas indicam a importância de levar em consideração o método de montagem e as características da sala onde os dispositivos estão sendo instalados, pois são fatores que podem influenciar significativamente a eficiência acústica deles.

REFERÊNCIAS

[1] OKAMOTO J. **Percepção Ambiental e Comportamento: visão Holística da Percepção Ambiental na Arquitetura e na Comunicação**. São Paulo: Mackenzie; 2002.

[2] KUTTRUFF, H. (2007). **Acoustics: An Introduction**. Taylor & Francis.

[3] ASSILINEAU, Marc. **Building Acoustics**. New York: CRC Press, 2015.

[4] BRANDÃO, Eric. **Acústica de Salas: Projeto e Modelagem**. São Paulo: Blucher, 2016.

[5] PARK, Sang Hee et al. Associations between job satisfaction, job characteristics, and acoustic environment in open-plan offices. **Applied Acoustics**, [s. l.], v. 168, p. 107425, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107425>.

[6] SEDDIGH, Aram et al. Effect of variation in noise absorption in open-plan office: A field study with a cross-over design. **Journal of Environmental Psychology**, [s. l.], v. 44, p. 34-44, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.08.004>.

[7] PIERRETTE, M. et al. Noise effect on comfort in open-space offices: development of an assessment questionnaire. **Ergonomics**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 96–106, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.961972>.

[8] HONGISTO, Valtteri et al. Refurbishment of an open-plan office - Environmental and job satisfaction. **Journal of Environmental Psychology**, [s. l.], v. 45, p. 176–191, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.12.004>.

[9] TROCKA-LESZCZYNSKA, Elzbieta; JABLONSKA, Joanna. Contemporary architectural design of offices in respect of acoustics. **Applied Acoustics**, [s. l.], v. 171, p. 107541, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107541>.

[10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 22955**: Acoustics — Acoustic quality of open office spaces. 1st ed. Geneva, 2021. (Technical report).

[11] HARVIE-CLARK, Jack; LARRIEU, Felix; OPSANGER, Cecilie. ISO 3382-3: Necessary but not sufficient a new approach to acoustic design for activity-based-working offices. **Proceedings of the International Congress on Acoustics**, [s. l.], v. 2019-Septe, n. September, p. 2407–2414, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18154/RWTH-CONV-239488>.

[12] RIBEIRO, Vivian Magalhães Ferraz. **Parâmetros do projeto arquitetônico que influenciam na qualidade acústica de escritórios panorâmicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.ipt.br/pos_graduacao_ipt/solucoes/dissertacoes/1071-parametros_do_projeto_arquitetonico_que_influenciam_na_qualidade_acustica_de_escritorios_panoramico.htm>.

[13] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 354**: Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room. 2nd ed. Geneva, 2003. (Technical report).

[14] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 20189**: Acoustics — Screens, furniture and single objects intended for interior use — Rating of sound absorption and sound reduction of elements based on laboratory measurements. 1st ed. Geneva, 2018. (Technical report).

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 3382-2**, Acústica – Medição de parâmetros de acústica de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns. Rio de Janeiro, 2017.

[16] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISSO). **ISO 3382-3**: Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 3: Open plan offices. Geneva, 2022.