

ISOLAMENTO E TRATAMENTO ACÚSTICO EM RESTAURANTES

Estudo de caso no restaurante Macapaba

Gustavo Christopher Gomes Bezerra¹
Gabriel Samir Frinhami Sobrinho²
Rogério Castro de Aragão³
Sabrine Gemelli⁴

RESUMO

O estudo de caso sobre o restaurante Macapaba, em Macapá, analisa o impacto acústico dos ruídos no local, afetando tanto clientes quanto funcionários. O objetivo foi identificar materiais de tratamento e isolamento acústico que melhorem o conforto. Foram realizadas medições de ruído em diferentes setores do restaurante, utilizando decibelímetros digitais e analógicos. Os resultados mostraram que os níveis de ruído frequentemente excedem os limites recomendados pelas normas brasileiras, como a NBR 10152. Para mitigar o problema, foram propostos materiais como painéis de MDF ignífugos, placas acústicas de gesso e lã de vidro mineral. Esses materiais têm propriedades de absorção e isolamento acústico, visando criar um ambiente mais confortável e saudável. A pesquisa destaca a importância do controle acústico em estabelecimentos comerciais para garantir a satisfação dos clientes e a saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave: Ruído. Isolamento acústico. Restaurante. Conforto. Materiais acústicos.

ABSTRACT

The case study on the Macapaba restaurant in Macapá analyzes the acoustic impact of noise in the establishment, affecting both customers and employees. The objective was to identify acoustic treatment and soundproofing materials to improve comfort. Noise measurements were taken in different areas of the restaurant using digital and analog decibel meters. The results showed that noise levels frequently exceed the limits recommended by Brazilian standards, such as NBR 10152. To mitigate the problem, materials such as fire-resistant MDF panels, acoustic gypsum boards, and mineral glass wool were proposed. These materials have sound absorption and insulation properties, aiming to create a more comfortable and healthy environment. The research highlights the importance of acoustic control in commercial establishments to ensure customer satisfaction and worker health.

Keywords: Noise. Soundproofing. Restaurant. Comfort. Acoustic materials.

¹ Acadêmico do Curso de Bacharel em Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP, 2024.1

² Acadêmico do Curso de Bacharel em Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP, 2024.1

³ Acadêmico do Curso de Bacharel em Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP, 2024.1

⁴ Mestra em Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Professora Orientadora.

1 INTRODUÇÃO

Quando se discute sobre restaurantes, de maneira geral, é comum evocar lembranças dos irresistíveis aromas e sabores dos pratos. No entanto, além desses elementos sensoriais, a audição também desempenha um papel crucial no conforto do cliente. Um ambiente sonoro inadequado pode transformar o local em algo desagradável, afetando a experiência do visitante e, em alguns casos, persuadindo-o a não retornar ao estabelecimento.

Não apenas os clientes são afetados, mas também os profissionais que trabalham nesses ambientes. Exposição constante a ruídos excessivos pode resultar em problemas de saúde, conforme destacado por Ogawa, Ávila e Rassi (2014). Esses efeitos negativos variam de pessoa para pessoa, incluindo aumento do estresse e diminuição da qualidade de vida.

Assim, o isolamento acústico visa reduzir a transmissão de ruídos indesejados, garantindo que os clientes desfrutem de suas refeições e conversas sem distrações. Simultaneamente, o tratamento acústico busca criar um ambiente agradável, controlando a reverberação sonora para aprimorar a clareza das conversas e a experiência sonora global.

Num momento em que a busca pela satisfação do cliente e valor agregado é incessante, a interseção entre restaurantes e práticas eficazes de isolamento e tratamento acústico oferece oportunidades significativas para elevar a qualidade da experiência gastronômica.

Em Macapá, por exemplo, o restaurante Macapaba recebe dezenas de clientes diariamente, destacando-se pela comida e atendimento rápidos. Contudo, a intensa movimentação de pessoas majora os ruídos indesejados que causam desconforto, à princípio quase imperceptível, tanto para os clientes quanto para os funcionários. A ausência de um sistema e tratamento acústico atualmente na edificação podem ainda prejudicar pessoas com: Hipersensibilidade Sensorial; Distúrbios do Espectro Autista (TEA); Tinnitus; Distúrbios do Sono; Enxaqueca etc.

Por isso, esta pesquisa partiu da seguinte questão norteadora: quais materiais do sistema de tratamento e isolamento acústico serão mais eficientes e contribuirão para a melhora do conforto acústico no restaurante Macapaba?

Para que fosse possível essa análise, identificou-se qual é a intensidade de ruídos sonoros presentes em cada um dos setores do restaurante Macapaba. A partir dos dados coletados de intensidade sonora, diversas abordagens técnicas do sistema de tratamento e isolamento acústico foram abordadas para ter o melhor custo-benefício.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RUÍDO SONORO

Os estudos do som, levou a humanidade a descobrir certos conceitos, como o som ser uma onda mecânica, o que significa que só pode ser propagado transmitindo sua energia pelas partículas presentes no ar ou objetos. Conforme descrito

por Silva e Pignata (2016), o neodarwinismo introduz o conceito de mutações genéticas, as quais, ao serem transmitidas às gerações seguintes, têm o potencial de aprimorar o desempenho de um organismo em um ambiente específico.

Como resultado desse processo, alguns animais evoluíram para desenvolver um órgão capaz de captar energias mecânicas do ar, convertendo-as em impulsos nervosos que são interpretados pelo cérebro como som. Segundo Costa (2003, p. 2) "A sensação sonora é ocasionada pela ação mecânica das vibrações elásticas do meio, sobre o órgão auditivo".

Há dois tipos de ruídos que são mister para o estudo do isolamento. O ruído aéreo, caracterizado por vozes, trânsito, aviões ou música, onde seu tratamento é feito com barreiras, como paredes, divisórias, portas ou janelas. Considerando que quanto maior o peso ou a massa destes componentes, maior o seu índice de isolamento acústico. O segundo é o ruído de impacto, como passos do apartamento no andar superior que é transmitido via estrutura, ou seja, pela vibração que caminha através de teto e paredes, chegando até o receptor (quem ouve). O isolamento deste tipo de ruído exige um sistema de amortecimento, como pisos flutuantes, evitando que o impacto alcance a estrutura principal (Schroder, 2022).

No mundo, uma das primeiras normas sobre conforto acústico foi a ISO 717 (International Organization for Standardization, 1982), que estabelece métodos para avaliar o isolamento acústico de edificações e elementos construtivos, como paredes, pisos e janelas. No Brasil, uma das primeiras normas sobre conforto acústico foi a NBR 10152 (ABNT, 1987), que por sua vez foi substituída pela NBR 10152 (ABNT, 2017), na qual define os níveis de ruído adequados para cada tipo de ambiente, como salas de aula, hospitais, escritórios, etc. Essas normas foram atualizadas ao longo dos anos, incorporando novos conceitos, critérios e parâmetros para garantir o bem-estar acústico dos usuários.

Além disso, outras normas foram criadas para complementar e regulamentar o conforto acústico em diferentes situações, como a NBR 10151 (ABNT, 2000), que posteriormente foi substituída pela NBR 10151 (ABNT, 2019), que trata do controle da poluição sonora em áreas habitadas, a NBR 15575 (ABNT, 2007), na qual foi comutada pela NBR 15575 (ABNT, 2021), que define os requisitos de desempenho acústico para edificações habitacionais, e a NBR 16425 (ABNT, 2016), que trata do isolamento acústico de fachadas de edifícios.

O Brasil é um país que enfrenta diversos desafios relacionados à poluição sonora, que afetam a saúde e a qualidade de vida da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o nível de ruído considerado aceitável para o ser humano é de até 50 decibéis (dB). No entanto, em muitas cidades brasileiras, esse limite é frequentemente ultrapassado, chegando a valores superiores a 80 decibéis (dB).

Além disso, existem outras normas específicas para diferentes tipos de ambientes, como salas de aula, auditórios, hospitais, estúdios de gravação etc. Essas normas orientam os projetistas, construtores e usuários sobre as melhores práticas e soluções para garantir o conforto acústico nos espaços.

O Brasil tem avançado na área de tratamento e isolamento acústico, tanto em termos de legislação, quanto de tecnologia e conscientização. No entanto, ainda há muito a ser feito para garantir o direito ao silêncio e à qualidade de vida da

população. É preciso investir em educação, fiscalização, pesquisa e inovação para promover uma cultura de respeito ao som e ao ambiente.

2.2 SISTEMA DE ISOLAMENTO E TRATAMENTO ACÚSTICO

2.2.1 Painéis de MDF ignífugo

Os painéis acústicos de MDF (Medium Density Fiberboard) ignífugos, de acordo com Barkemeyer (2023) são painéis feitos a partir de fibras de madeira e resinas sintéticas que têm a propriedade de reduzir a propagação do som e de retardar a propagação do fogo. Por serem constituídos por fibras de madeira aglutinadas com resinas sintéticas e produtos ignifugantes, que diminuem a inflamabilidade do material, esses painéis segundo o autor podem ter diferentes formatos, perfurações, ranhuras, texturas e acabamentos, que influenciam na absorção e na reflexão do som.

Eles podem ser instalados em paredes, tetos, divisórias ou revestimentos de ambientes internos ou externos, proporcionando conforto acústico e segurança contra incêndios. Eles são indicados para locais que necessitam de isolamento acústico e de resistência ao fogo, como escritórios, auditórios, teatros, escolas, hospitais, hotéis, restaurantes, entre outros.

2.2.2 Placas acústicas de gesso

O sistema de tratamento acústico com placas de gesso no forro consiste em usar placas de gesso perfuradas ou ranhuradas que têm a propriedade de dificultar a propagação dos ruídos, melhorando o conforto acústico dos ambientes. As placas de gesso são fixadas em estruturas metálicas suspensas, formando um espaço entre o forro e a laje, que pode ser preenchido com materiais isolantes, como lã de vidro ou lã de rocha, para aumentar a eficiência acústica. O sistema de tratamento acústico com placas de gesso no forro é indicado para locais que necessitam de redução de ruído e reverberação, como escritórios, auditórios, teatros, escolas, hospitais, entre outros (Barkemeyer, 2023).

2.2.3 Lã de vidro mineral

A textura e porosidade da lã de vidro representam características fundamentais que possibilitam a absorção eficiente de ondas sonoras (CASAECSTRUCAO.ORG, 2023). Conforme destacado no site consultado, a lã de vidro estabelece uma interação friccional com as ondas, resultando na conversão de parte dessas ondas em calor e, consequentemente, na redução da intensidade sonora. Essa propriedade confere à lã de vidro notável eficácia na mitigação acústica, destacando sua relevância como componente em aplicações construtivas diversas. Consequentemente a lã de vidro mineral pode complementar, fornecendo a absorção acústica, contribuindo para o isolamento de ruídos sonoros.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente estudo trata de uma pesquisa experimental, de natureza quantitativa. Os passos dos procedimentos metodológicos são descritos na Figura 1.

Figura 1: Procedimentos metodológicos da pesquisa realizada



Armazenamento de Dados:

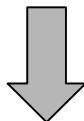
Os dados coletados foram inicialmente armazenados por meio de fotos das leituras obtidas tanto pelo decibelímetro digital quanto pelo aplicativo móvel. Posteriormente, essas leituras foram transcritas e organizadas em tabelas diárias, com cada tabela representando as medições de um dia específico durante os 7 dias de coleta.

Processamento de Dados:

Os dados armazenados nas tabelas foram então processados para a criação de gráficos. Esses gráficos foram gerados a partir dos dados inseridos nas tabelas, visualizando as variações nos níveis de decibéis (dB) ao longo dos 7 dias e nos diferentes pontos de medição dentro do restaurante. O software de planilhas (como Excel ou Google Sheets) foi utilizado para inserir, manipular e analisar os dados, facilitando a interpretação dos padrões de ruído no ambiente estudado.

Eliminação de Dados:

Para fins de análise e gerenciamento de dados, considerou-se a eliminação dos dados referentes ao dia de maior intensidade acústica, que foi o 2º dia de coleta. Esta decisão foi tomada para focar na análise dos dados representativos dos níveis de ruído mais comuns no restaurante. A eliminação de dados deve ser realizada de maneira segura, garantindo que os dados descartados não possam ser recuperados ou utilizados indevidamente. Nesse contexto, a eliminação pode envolver a exclusão segura dos arquivos digitais correspondentes ao 2º dia de coleta de todas as plataformas de armazenamento utilizadas, incluindo o Google Drive.



Interpretação dos resultados e discussão

Construção de gráficos

Comparação dos resultados com as normas brasileiras vigentes

Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso (Tabela 3 - ABNT NBR 10152-2021)

3.1 APARELHO DE MEDIÇÃO

Para medir o nível de ruído equivalente, foi utilizado um analisador manual de som da marca Instrutherm modelo DEC-460, faixa de medição de 35 a 130dB com calibrador interno

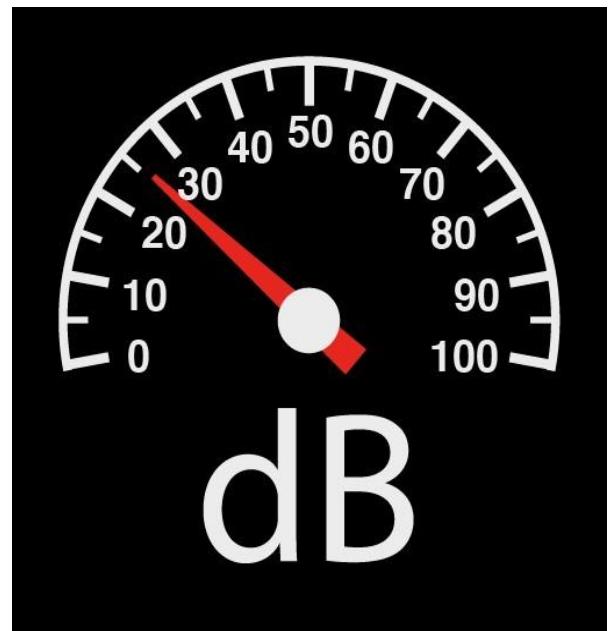
Figura 2: Analisador manual Instrutherm modelo DEC-460, faixa de medição de 35 a 130dB com calibrador interno



Fonte: Elaboração própria (2024).

(Figura 2), devidamente calibrado. Também foi utilizado um analisador digital de som do aplicativo Decibelímetro ou em inglês “Sound meter : SPL & dB meter” (Figura 3).

Figura 3: Analisador digital chamado Decibelímetro



Fonte: [Sound meter : SPL & dB meter - Apps on Google Play](#)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INTENSIDADES DE RUÍDOS SONOROS NO RESTAURANTE MACAPABA

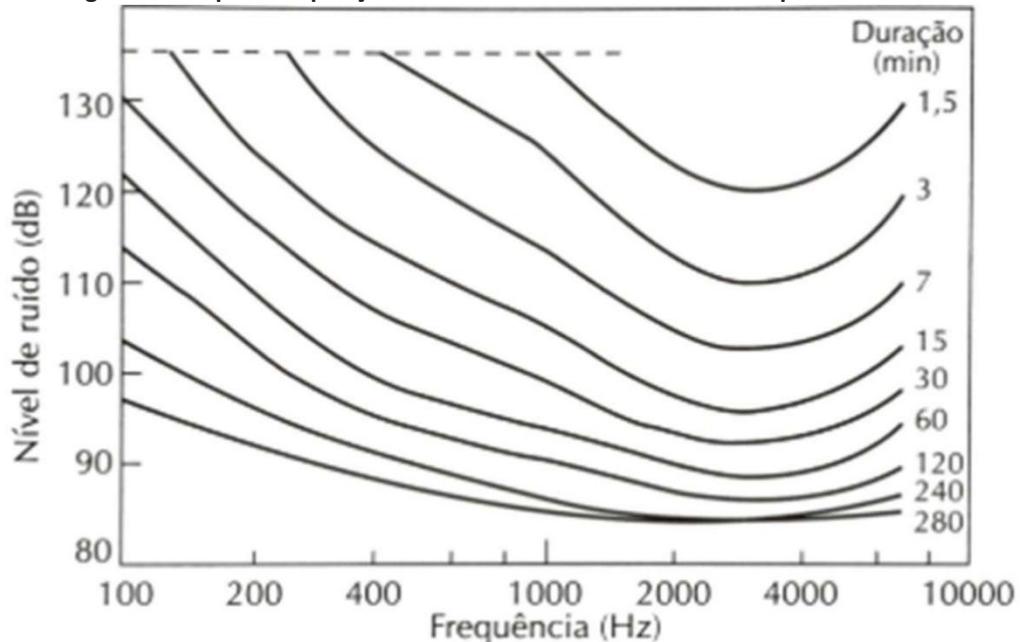
Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016), o ruído excessivo prejudica gravemente a saúde humana e interfere com as atividades cotidianas das pessoas na escola, no trabalho, em casa e no lazer. A preocupação com a comodidade

Segundo Iida e Buarque (2016, p. 23),

de ambientes torna necessário o estudo acústico para proporcionar a seus ocupantes o melhor conforto acústico possível.

O tempo de exposição depende também das frequências do som. Para o mesmo nível, se a frequência aumentar, esse tempo tende a diminuir. [...] Os riscos são maiores para a faixa de 2.000 a 6.000 Hz, especialmente para ruídos em torno de 4.000 Hz. Por exemplo, a exposição a um ruído com 100 dB e 4.000 Hz deve limitar-se a apenas sete minutos. [ver Figura 4]

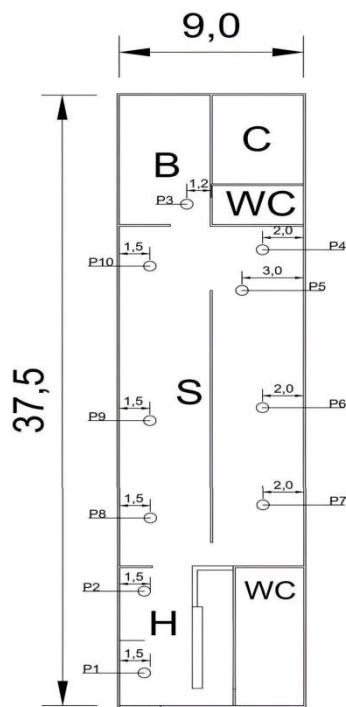
Figura 4: Tempo de exposição a níveis de ruído de diferentes frequências



Fonte: Iida e Buarque (2016)

Os dados foram obtidos no mês abril de 2024, durante sete dias, sendo uma sessão por dia, em 10 diferentes pontos (Figura 5), cujas distâncias entre eles e das paredes e as medidas do local estarem todas no sistema métrico; onde a letra P representa a palavra PONTO; WC representa a palavra banheiro;

H representa o Hall de entrada; S representa a área do Salão principal; B representa a área do Bufê e C representa a palavra Cozinha. Os parâmetros de conforto foram baseados na NBR 10152 (ABNT, 2017) e as medições foram realizadas segundo as recomendações da NBR 10151 (ABNT, 2019).

Figura 5: Croqui simplificado da planta baixa do restaurante e os pontos de medição, feito no software Autocad

Fonte: Elaboração própria (2024)

Durante as medições foi observado que no segundo dia apresentou maior ruído dentre os sete dias de coleta “*in loco*” no restaurante Macapaba, conforme a tabela 1 (dBs = Decibéis/ dBs no ANALÓGICO = Decibéis registrados no decibelímetro

analógico/ dBs no DIGITAL = Decibéis registrados no decibelímetro digital/ Máximo de dBs = Máximo de decibéis registrados).

Tabela 1: Dia que apresentou maior ruído no restaurante Macapaba

DIA 2	HORÁRIO DA COLETA	TEMPO DE AFERIÇÃO	dBs NO ANALÓGICO	dBs NO DIGITAL	MÁX DE dBs
PONTO 1	13:41	01:16	72,5	76,6	86,4
PONTO 2	13:35	01:16	72,5	76,6	86,4
PONYO 3	14:27	00:47	68,7	70,1	86,5
PONTO 4	14:00	01:28	68,6	76	85,8
PONTO 5	14:05	01:10	72	80,3	82,5
PONTO 6	14:10	01:14	66,5	71,7	86,2
PONTO 7	14:20	00:46	71,7	79,5	85,7
PONTO 8	13:49	01:41	75,9	79,8	86,8
PONTO 9	13:55	01:20	74,8	78,8	87,7
PONTO 10	Média de P3, P4 e P9	Média de P3, P4 e P9	74,9	70,7	86,7

Fonte: Elaboração própria (2024)

O tempo de exposição aceitável é definido de acordo com a intensidade e a frequência do ruído. No Brasil, este tempo é determinado pela NR 15 (ABNT, 1978), ela define que o ruído máximo permitido para uma jornada de oito horas de trabalho é de 85 dB.

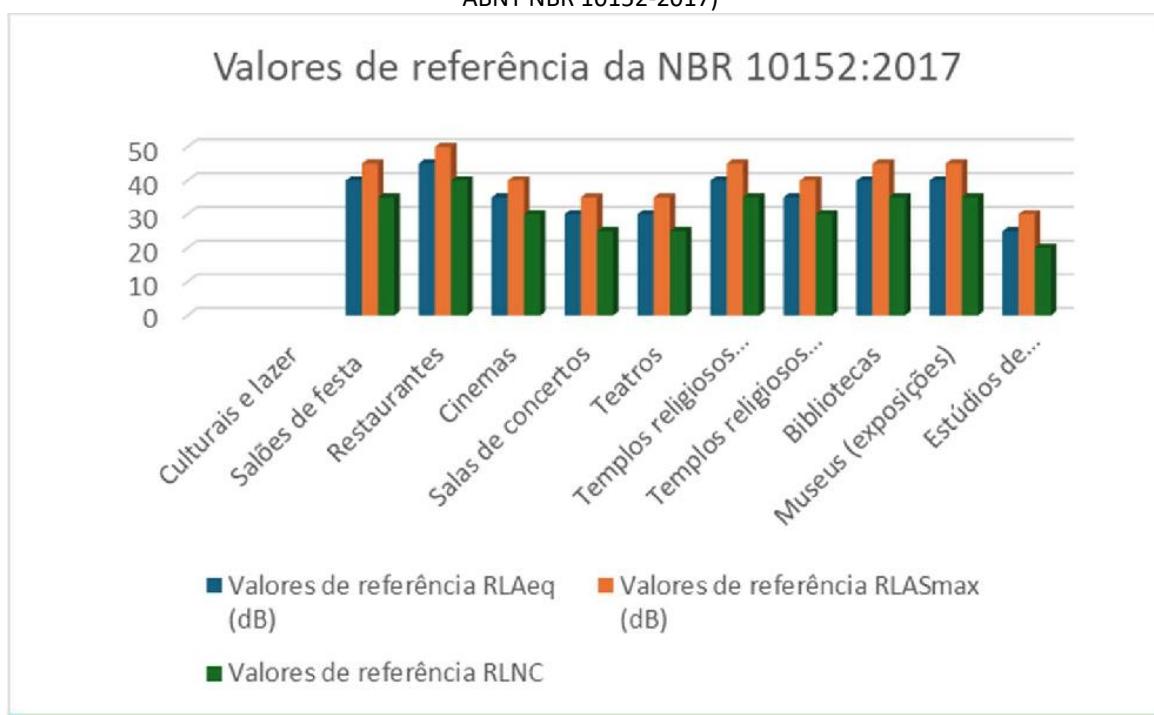
Observa-se que neste segundo dia o nível de ruído ficou em grande parte acima do permitido conforme determinado na NR 15 (ABNT, 1978). A NBR 10152 (ABNT, 2017) é essencial para garantir que os níveis de ruído estejam em conformidade com padrões aceitáveis, visando à proteção da saúde auditiva e ao bem-estar da população.

Conforme a representação em formato de gráfico da Tabela 3 da NBR 10152 (ABNT, 2017) na Figura 6. Para fins de avaliação sonora, elaboração de estudos, avaliação sonora e de

projetos, são apresentados valores de referência para níveis de pressão sonora e diferentes finalidades de uso de ambientes internos de uma edificação.

Considera-se adequado para uso o ambiente cujos níveis de pressão sonora representativos sejam iguais ou inferiores aos valores de referência apresentados na Tabela 3, admitindo-se uma tolerância de até 5 decibéis (dB) para Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente Ponderado "A" (RLAeq) e o valor máximo do nível de pressão sonora ponderado "A" (RLASmax) e até 5 decibéis (dB) para Critério de nível de ruído do local/sala (RLNC). Os valores de RLASmax devem ser considerados apenas quando a fonte sonora — objeto de avaliação for parte integrante da própria edificação onde situa-se o ambiente avaliado.

Figura 6: Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso (Tabela 3 - ABNT NBR 10152-2017)



Fonte: Elaboração própria (2024)

A NBR 10152 define a faixa de valores em decibéis (dB) para o conforto acústico de cada localidade, de acordo com o cálculo dos parâmetros de pressão sonora ponderada (em pascal), nível da pressão sonora (em decibéis), nível de pressão sonora ponderado (em decibéis) e a curva de avaliação de ruído (NC).

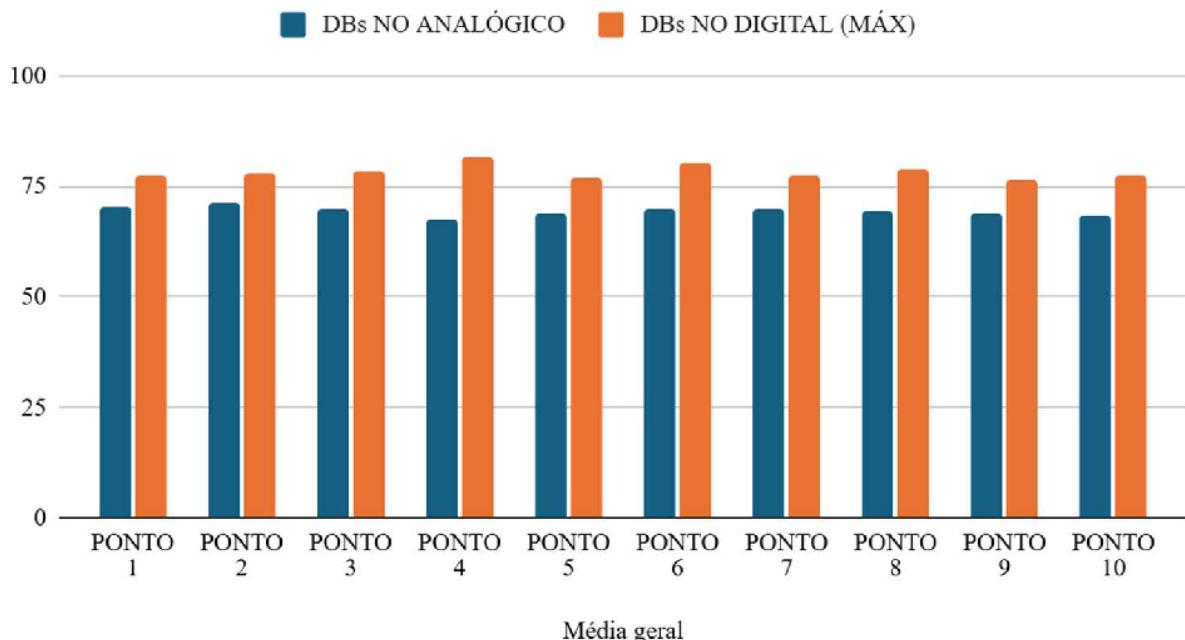
Sendo assim, após fixar cada uma dessas grandezas e por meio de análise gráfica a partir da frequência em hertz do som emitido, a NBR 10152 indica os seguintes valores em decibéis: de 35 a 45 dB para hospitais (áreas de apartamento,

enfermaria, berçários e centro cirúrgico); de 40 a 50 dB para escolas (salas de aula e laboratórios); de 45 a 55 dB para hotéis (portaria, recepção e circulação); de 40 a 50 dB para restaurantes; de 40 a 50 dB para igrejas e templos.

Para comparação com os valores de referência para quantidade de ruídos em dB pela NBR 10152 (ABNT, 2017) (Figura 6), NR 15 (ABNT, 1978); além das medições que foram realizadas (Figura 7) seguindo as recomendações da NBR10151 (ABNT, 2019).

Figura 7: Média de decibéis dos 7 dias

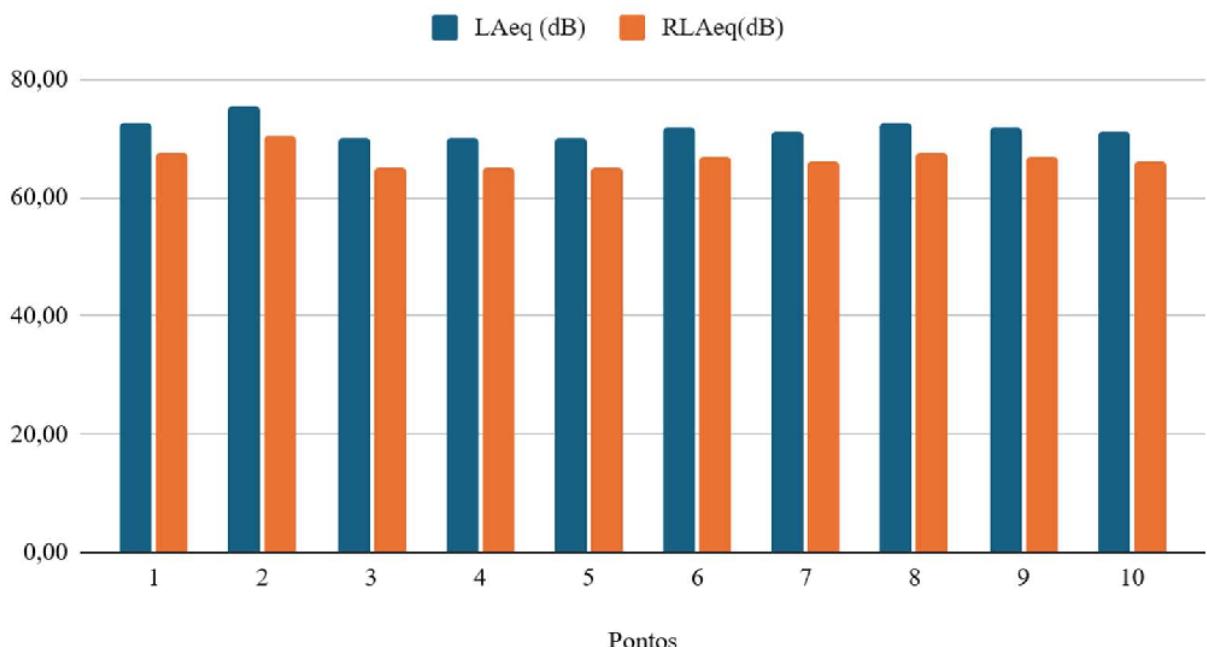
Média geral de decibéis no analógico e no digital dos 7 dias



Fonte: Elaboração própria (2024)

Figura 8: LAeq (dB) e RLAeq(dB) da média geral

LAEq (dB) e RLAeq(dB) da média geral



Fonte: Elaboração própria (2024)

Figura 9: Cálculo usado para achar LAeq (dB).

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

Fonte: [Nível sonoro contínuo equivalente, Leq | Academia Svantek](#)

Para melhor entendimento da Figura 9 deve se considerar que: $p_A(t)$ é o sinal de pressão sonora ponderado A; T é a duração da medição. A pressão atmosférica de referência p_0 é $20\mu\text{Pa}$ (micro Pascal). Portanto, seguindo a Tabela 3 da NBR 10152 (ABNT, 2017) o Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente Ponderado "A" (RLAeq)= Laeq - 5 dB.

Na Figura 8 acima, percebe-se que os valores LAeq (dB) e RLAeq(dB) da média geral de cada um dos 10 pontos aferidos é maior do que o permitido pela norma conforme mostrado na Figura 6. No entanto, isso se dá devido à múltiplos fatores, dentre eles está a grande quantidade de pessoas comendo e conversando ao mesmo tempo num espaço relativamente pequeno e o uso de máquinas como liquidificadores durante curtos intervalos de tempo, que tendem a potencializar a reverberação.

Portanto, mais fatores devem ser considerados, como por exemplo: uma conversa normal gera em torno de 60 decibéis (dB), enquanto o nível de ruído de uma conversa considerada alta é de 70 decibéis (dB). O que é equivalente ao som de uma máquina de lavar louça ou de um aspirador de pó (Michael Jones, 2022).

4.3 MELHOR MATERIAL PARA MITIGAR OS RUÍDOS SONOROS DO RESTAURANTE MACAPABA

Conforme Portela (2011), diversos materiais são utilizados para isolamento e tratamento acústico, e sua classificação baseia-se na função que desempenham. Entre eles, destacam-se os seguintes tipos:

1. Isolantes acústicos: Esses materiais têm como objetivo bloquear a transferência do ruído de um ambiente para outro. São constituídos de materiais densos e sólidos, proporcionando eficácia na redução do som transmitido.
2. Refletores acústicos: Os refletores propagam o som pelo ambiente. Possuem superfície lisa, o que contribui para a reflexão das ondas sonoras.
3. Difusores acústicos: Os difusores refletem o som sem ressonância, de maneira difusa. Eles ajudam a espalhar as ondas sonoras de forma mais uniforme no espaço.
4. Absorventes acústicos: Esses materiais são usualmente leves e de baixa densidade. Sua função é absorver o

No entanto, conforme foi mostrado na Tabela 1, que representa o dia mais ruidoso durante a coleta de dados, os valores médios e máximos podem ultrapassar 70 decibéis (dB) e até mesmo os 85 decibéis (dB) várias vezes durante os horários de pico. Vale ressaltar que a média geral apenas do dia 2 (Tabela 1) foi de aproximadamente 73 decibéis (dB), o que é ligeiramente acima de uma conversa mais “alta”, no entanto é mais “baixa” do que os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente de 85 decibéis (dB) da NR 15 (ABNT, 1978).

No entanto, deve-se considerar a situação mais desfavorável, ou seja, a situação mostrada na Tabela 1, onde esse limite ultrapassa várias vezes esse limite. Dito isso, o problema não está exatamente em ultrapassar o limite da NR 15 (ABNT, 1978) visto que o som ficar um pouco mais intenso do que uma conversa mais “alta” ou em dias e horários mais movimentados chegando próximo dos 90 decibéis (dB) como foi o caso mostrado na Tabela 1, portanto deve- se a situação mais desfavorável dando um melhor entendimento do problema, para a elaboração e fornecimento de um conjunto de soluções mais contundentes afim de mitigar esse problema.

som, reduzindo a reverberação e o eco no ambiente.

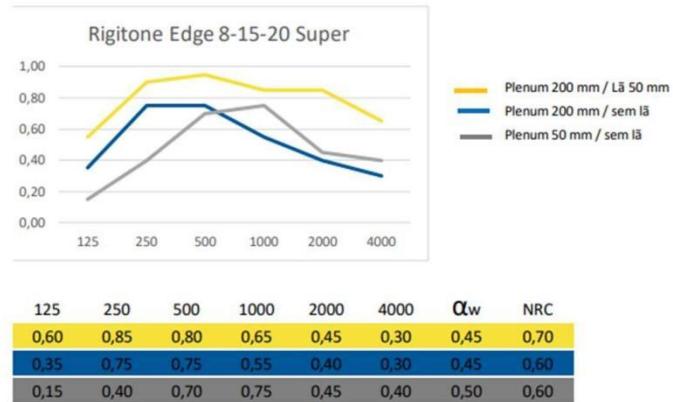
O conjunto de soluções utiliza uma combinação estratégica de materiais avançados para atender às necessidades específicas de estética, desempenho acústico, segurança e sustentabilidade, obedecendo à NBR 10152 (ABNT, 2017) respectivamente.

O Rigitone, um forro interno não estrutural, é composto por placas de gesso pré-fabricadas derivadas da gipsita, fixadas em estruturas metálicas leves e suspensas por tirantes reguláveis (Figura 10).

Suas principais características incluem uma variedade estética, acabamento contínuo sem juntas aparentes, e absorção acústica (Figura 9), dito isso o Ringtone é um dos três materiais que fará parte do sistema de tratamento acústico, também funcionando como um difusor acústico. Logo irá reduzir a reflexão das ondas sonoras de volta para suas fontes, eliminando o nível de reverberação (eco) no mesmo espaço, guiando parte do som para cima, onde ficará a lá de vidro mineral que absorverá.

Figura 10: Gráfico de desempenho acústico da placa de gesso acústica

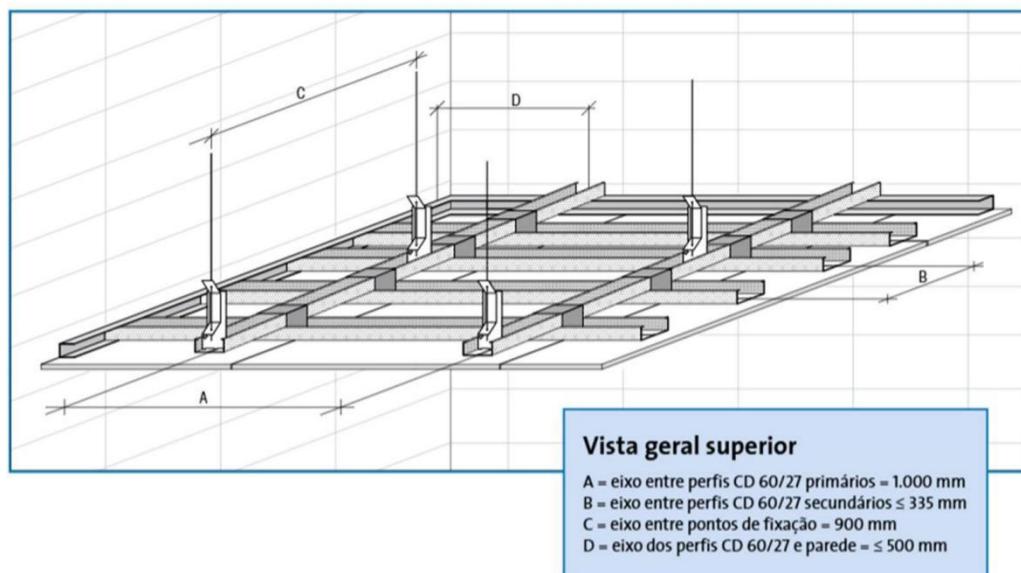
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS		VALOR NOMINAL
NRC (com lã de 50 mm)		0,70
α_w (com lã de 50 mm)		0,45
COMPORTAMENTO AO FOGO		Classe IIA, dO
CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A ABNT NBR 16831:2020		Tipo P



Fonte: [Apresentação do PowerPoint \(placo.com.br\)](#)

Figura 11: Como o Sistema fica inserido na estrutura

COMPONENTES DO SISTEMA



Fonte: [Rigitone. Manual de especificação e instalação - PDF Download grátis \(docplayer.com.br\)](#)

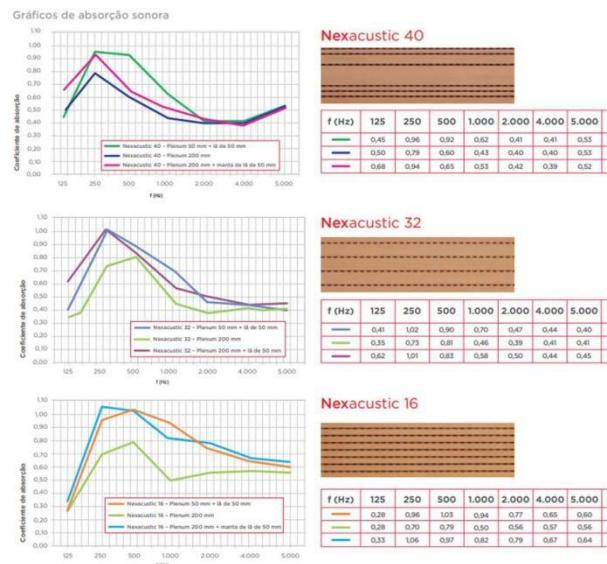
Para as paredes, a linha Nexacustic, da OWA Sonex, oferece uma ampla gama de painéis em MDF. Na versão

Ignífugo, este último com resina não combustível, que já é amplamente usado em teatros, auditórios, hotéis, restaurantes

e escolas, sendo compacto e podendo ser facilmente instalado até mesmo em paredes de alvenaria, além atender rigorosamente às normas de segurança contra incêndios e de sonoras e absorvendo parte delas, conforme mostrado na Figura 11 acima.

conforto acústico conforme mostrado na Figura 12, ou seja, também faz parte do tratamento acústico impedindo a reflexão de ondas sonoras de volta para as fontes

Figura 12: Gráfico de absorção sonora



Fonte: https://sonex.com.br/category_products/nexacustic/?file=2853

Figura 13: Como o Sistema fica instalado na estrutura

Fonte: https://sonex.com.br/category_products/nexacustic/?file=2853

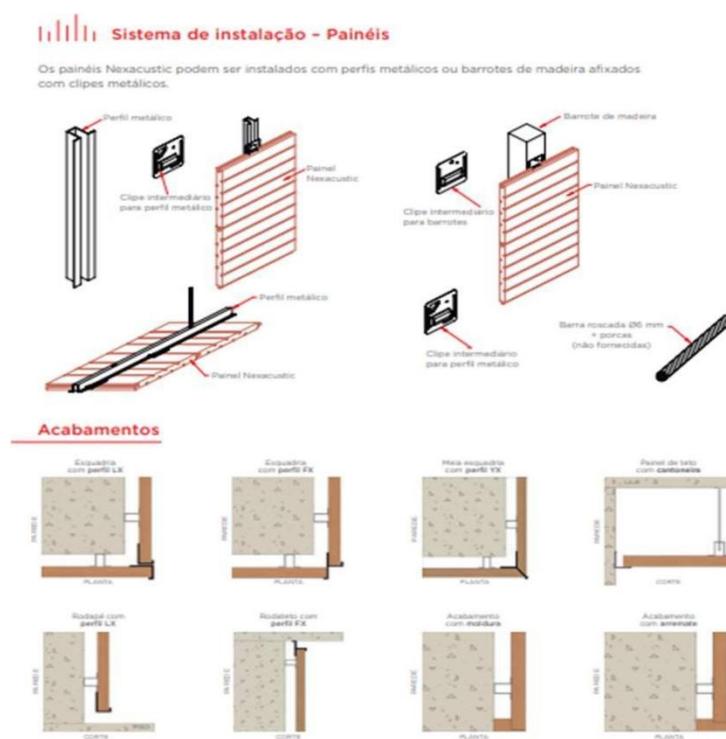
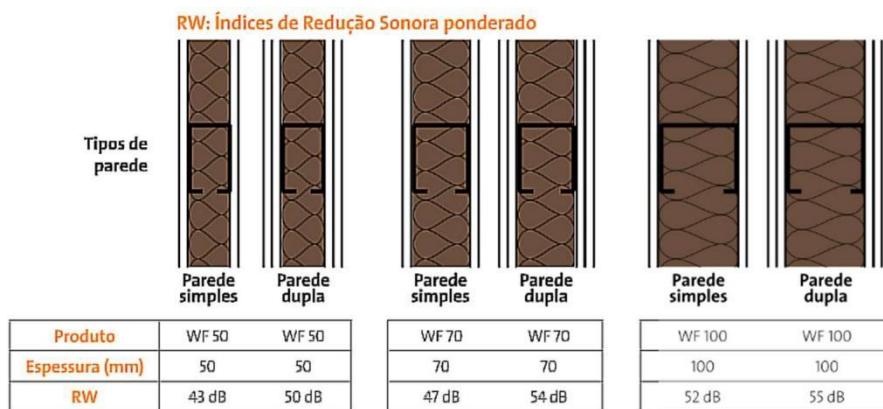


Figura 14: Performance acústica

Fonte: Catálogo Isover Walfelt 4+, p. 2



No contexto da ciência da acústica, Long (2006) oferece uma definição concisa para absorção sonora. Segundo ele, trata-se da propriedade de certos materiais que convertem parte da energia sonora incidente sobre eles em outra forma de energia, geralmente térmica. Em outras palavras, esses materiais absorvem o som, dissipando-o como calor.

Por sua vez, Bistafa (2011) complementa essa ideia ao afirmar que a absorção sonora é alcançada por meio da utilização de materiais fibrosos ou porosos. Esses materiais têm a capacidade de reduzir a reverberação e o eco no ambiente, contribuindo para um espaço mais acusticamente confortável.

Os materiais Wallfelt POP4+ e Wallfelt TOPfelt4+, da linha de materiais de lã de vidro mineral, que por sua vez é considerada um dos melhores mecanismos por geralmente possuir caráter termoacústico, além promover o conforto

acústico e diminui os ruídos. A lã de vidro é empregada na forma de preenchimento conforme demonstrado na Figura 14 em paredes, entre forros, pisos flutuantes e sistemas de Wood Frame, Drywall e Steel Frame, conforme mostrado na Figura 13 que segundo Andrade (2016) tem a finalidade de absorver o som e garantir o isolamento acústico entre 43 e 55 decibéis (dB), quando usado apenas esse método.

Isso acontece devido à alta porosidade deste material que diminui o tempo de reverberação do som, pois reduz a energia da onda sempre que ela é refletida. No entanto, é necessário também a ajuda de profissionais especializados nesse tipo de técnica. Atuando como um absorvente acústico potencializado quando integrado com as placas de gesso do forro.

Figura 15: Como fica instalada na estrutura



Fonte: [Drywall e lã de vidro: a importância de usar esses materiais em conjunto | Isover Brasil](#)

Esses materiais oferecem uma solução completa e integrada para o projeto, garantindo eficiência na execução, sustentabilidade ambiental, e desempenho superior em isolamento acústico e térmico. A escolha desses produtos é fundamentada em seus benefícios técnicos, segurança, sustentabilidade e eficiência de instalação, contribuindo para a

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso realizado no restaurante e hotel Macapaba em Macapá destacou a importância do controle acústico para a satisfação dos clientes e a saúde dos trabalhadores. As medições de ruído revelaram que, especialmente durante os horários de pico, os níveis de decibéis (dB) frequentemente ultrapassam os limites recomendados pelas normas brasileiras, como a NBR 10152, mas não os da NR 15. No entanto, esses níveis não foram elevados a ponto de causar problemas de saúde, mas podem gerar desconforto e afetar a experiência gastronômica de clientes, especialmente os mais exigentes.

Os dados mostraram que no segundo dia de coleta os níveis de ruído foram particularmente elevados, com médias e máximas que várias vezes excederam os 85 decibéis (dB) permitidos pela NR 15. Sabe-se que a exposição contínua a níveis de ruído elevados pode causar problemas de saúde, como aumento do estresse e distúrbios do sono, embora não tenha sido o caso aqui.

A comparação com as normas brasileiras vigentes indicou a necessidade de intervenções acústicas no Macapaba. Foram sugeridos materiais como painéis de MDF ignífugo, placas de gesso perfuradas e lã de vidro mineral para reduzir a reverberação, absorver ruídos e melhorar o conforto acústico. A implementação de tais soluções, combinando esses materiais de forma estratégica, pode criar um ambiente mais confortável e saudável.

Recomenda-se a instalação de painéis de MDF ignífugo nas paredes e divisórias, e a utilização de placas de gesso perfuradas no forro, combinadas com lã de vidro mineral. Além disso, é essencial realizar medições acústicas periódicas para monitorar a eficácia das intervenções e contratar profissionais especializados para uma análise detalhada e personalizada.

Conclui-se que uma gestão adequada do ambiente sonoro no restaurante e hotel Macapaba é essencial para proporcionar uma experiência agradável aos clientes e um ambiente de trabalho saudável para os funcionários. A implementação de um sistema de tratamento e isolamento acústico eficaz, alinhado às normas vigentes, pode promover a satisfação geral, mas sua eficiência só poderá ser verificada após a implementação e monitoramento contínuo dessas soluções.

qualidade, segurança e sustentabilidade da construção, mas sem ter uma estimativa de absorção em decibéis (dB) antes de uma possível implementação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10152: Níveis de ruído para o conforto acústico.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-12179: Tratamento acústico em recintos fechados.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10152: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 15: ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES.** 06 Jul. 1978. Disponível em: <[Norma Regulamentadora nº 15 DE 06/07/1978](https://normasbrasil.com.br/norma-regulamentadora-nº-15-de-06-07-1978)>. Acesso em 03. Jul. 2024.

ANDRADE, Bruna Fuzzer de. **Padrões normativos, ensaios experimentais e análise da performance acústica de telhas sanduíche.** 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/7920>. Acesso em: 03 jun. 2024.

BISTAFÁ, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído.** 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2011. 380p.

BISTAFÁ, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** 3 ed. São Paulo: Blucher, 2018.

CIFRA CLUB. Disponível em: <<https://www.cifraclub.com.br/blog/o-que-e-o-som/>>. Acesso em: 10 Nov. 2023.

COSTA, E. C. **Acústica técnica.** São Paulo: EDGARD BLÜCHER, 2003

GRUPO CSI. Disponível em: <<https://grupo8csi.blogspot.com/2019/02/el-timbre.html>>. Acesso em: 16 Nov. 2023

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

MICHAEL JONES. **How many decibels is a normal conversation.** 11 Jun. 2022 Disponível em: <<https://renownsoundlightsanddjs.com/how-many-decibels-is-a-normal-conversation/>> Acesso em 02 Jun. 2024.

LONG, M. **Architectural Acoustics.** EUA: Elsevier Inc, 2006. 844p.

PLACO. Disponível em: <<https://placo.com.br/produtos/>>. Acesso em: 15 Nov. 2023.

PORTELA, Marcelo. **Materiais acústicos: conceitos para acústica arquitetônica.** Florianópolis: LVA/UFSC, 2011. 23 slides, color. Disponível em: <https://bit.ly/2mligzX>. Acesso em: 03 jun. 2024.

SCHRODER, Victor Hugo. **Tratamento acústico: prevenção a ruído de impacto em lajes e ruído aéreo em drywall para edifícios multifamiliares.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2022.

SILVA, Ricardo Fernandes da; PIGNATA, Maria Izabel Barnez. **Charles Darwin e a teoria da evolução.** CEPAE/UFG, 2016.

SOUZA, L.; ALMEIDA, M.; BRAGANCA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura.** São Carlos, SP: Ed. UFSCar, 2006.1

OGAWA, M.O.A, ÁVILA, M.C, RASSI, P.F. **Isolamento Acústico ao Ruído de Impacto em Lajes de Edifícios Habitacionais.** 76 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Noise. Dinamarca, 2016. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise>>. Acesso em: 03 jun. 2024.