

Análise de transmissão do ruído aéreo entre paredes de uma edificação com uso escolar

Zyon Francisco Gomes Machado, Luísa Fernanda Cacilha, Wagner de Sousa Santos (Orientador), Marcos Souza Lenzi (coorientador)

Escola SESI, Florianópolis - SC

RESUMO

O problema do excesso de ruído em edificações destinadas ao uso escolar é um tema de crescente relevância na sociedade contemporânea. Com o aumento da urbanização e da densidade populacional, as escolas frequentemente se encontram em áreas urbanas movimentadas, expostas a diversas fontes de ruído, tais como o tráfego de veículos, construções próximas e atividades recreativas. Este estudo tem como objetivo analisar o nível de isolamento ao ruído aéreo entre duas salas de aula com características de espaço Maker, avaliando a diferença padronizada de nível de ruído (Dn^*T) entre a sala geradora e a sala receptora. Também foi analisado o tempo de reverberação de uma das salas, visto que este parâmetro é necessário para os cálculos do Dn^*T . A importância da proposta deste trabalho reside na busca por uma melhoria das condições acústicas, visando uma melhor concentração dos alunos e uma compreensão mais clara das falas do professor, já que o ruído pode gerar confusão na hora de entender uma explicação de conteúdo ou atividade. Os resultados indicam que os níveis de isolamento estão abaixo do padrão mínimo exigido nas normas de desempenho acústico com finalidade residencial. Segundo a ABNT NBR 15575, para edificações habitacionais, o índice mínimo de isolamento de ruído aéreo entre ambientes internos (DnT,w) é de 45 dB. Esses valores, embora destinados a edificações residenciais, servem como uma referência provisória, já que ainda não há regulamentação específica para edificações com uso escolar. Assim, esta pesquisa serve como um alerta para a necessidade de legislação focada no uso escolar, a fim de promover um ambiente mais adequado para o aprendizado e o bem-estar dos alunos.

- Palavras-Chave: Ruído de impacto, salas de aula, Maker.

I. INTRODUÇÃO

O som é uma manifestação ondulatória presente em diversos aspectos de nossas vidas, permeando desde as melodias suaves da natureza até os ruídos estridentes do ambiente urbano. Essas ondas sonoras, propagadas através de um meio material, como o ar, podem ser tanto fontes de conforto e prazer quanto causadoras de desconforto e irritação, dependendo de sua natureza e intensidade.

Entretanto, quando o som se torna indesejado, inoportuno ou excessivo, ele é categorizado como ruído, representando um dos principais desafios ambientais enfrentados pela sociedade moderna. O ruído, por sua vez, não se restringe apenas ao ambiente externo, mas também invade espaços internos, como casas e locais de trabalho, inclusive as instituições de ensino de acordo com Bistafa (2011).

Segundo Klodzinski *et al* (2007) o ruído excessivo nas escolas pode ter um impacto negativo e significativo na capacidade dos alunos de aprender. Estudos mostraram que o ruído pode prejudicar a concentração, a memória e o desempenho acadêmico dos alunos. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) “ruído é um problema crescente nas escolas, especialmente em áreas urbanas”. O ruído pode interferir na comunicação entre professores e alunos, dificultar a concentração e aumentar o estresse dos alunos segundo Libardi (2006). Isso pode levar a um menor aprendizado e a um pior desempenho acadêmico.

Nesse contexto, a compreensão da acústica das edificações escolares torna-se fundamental para criar ambientes propícios ao ensino e à aprendizagem conforme Mendes (2016). Ao entender a relação entre o ruído ambiental e o desempenho acústico dos espaços internos, pode-se desenvolver estratégias eficazes para mitigar os efeitos negativos do ruído, promovendo assim um ambiente escolar mais saudável e propício ao aprendizado.

Portanto, este estudo visa contextualizar e analisar a questão do ruído em ambientes escolares, destacando a importância de considerar a qualidade acústica dos espaços de ensino para garantir uma educação de qualidade e o bem-estar dos alunos e professores. Ao explorar as características do som e do ruído no contexto escolar, pode-se identificar oportunidades de intervenção e desenvolver soluções eficazes para melhorar a qualidade sonora das salas de aula.

II. OBJETIVO E QUESTÃO PROBLEMA

O objetivo deste estudo foi analisar o nível de isolamento ao ruído aéreo entre duas salas de aula com características de espaço Maker. Especificamente, foram analisados o isolamento acústico da parede divisória entre os espaços, medido o tempo de reverberação em uma das salas e comparados os resultados com referências bibliográficas.

O ruído em ambientes educacionais pode prejudicar a concentração dos alunos e a eficácia do ensino. Assim, a análise do isolamento acústico é fundamental, já que espaços

Maker, caracterizados por atividades colaborativas e uso de equipamentos, tendem a ter níveis elevados de poluição sonora.

Os resultados obtidos em relação ao isolamento acústico devem ser confrontados com padrões recomendados, como uma diferença de pelo menos 35 dB entre salas adjacentes. Além disso, o tempo de reverberação, que deve ser adequado para facilitar a comunicação, também precisa ser monitorado.

III. DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ETAPA INICIAL DO PROJETO

Neste trabalho, foi utilizado o método de engenharia, que é um processo sistemático dividido em etapas para a solução de problemas e o desenvolvimento de projetos. As principais fases incluem: Identificação do Problema: Compreensão do problema e definição de objetivos; Pesquisa e Análise: Coleta de informações e análise do contexto; Desenvolvimento de Soluções: Geração de opções por meio de brainstorming e simulação; Avaliação e Seleção de Soluções: Análise de viabilidade e escolha da melhor opção; Projeto Detalhado: Elaboração de especificações e planos de implementação; Implementação: Execução da solução com comunicação entre a equipe; Teste e Validação: Verificação do atendimento aos requisitos; Avaliação Pós-Implementação: Análise do desempenho e identificação de melhorias.

Este trabalho abrange as seguintes ODS da ONU: ODS 4 (Educação de Qualidade), que busca melhorar as condições acústicas nas salas de aula para aumentar a concentração e a compreensão dos alunos; ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que enfatiza a importância de ambientes educacionais saudáveis em áreas urbanas; ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), que visa promover o bem-estar dos alunos; e ODS 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes), que ressalta a necessidade de legislação específica para edificações escolares.

Antes de iniciar as medições, foi realizado um levantamento dos locais onde seriam feitas as medições. Foram escolhidos os espaços Maker, pois se tratam de ambientes que passaram recentemente por modificações, em que a sala única foi dividida em duas, por meio de uma parede divisória de gesso acartonado.

3.2 FERRAMENTAS

O estudo teve as medições realizadas no Maker, uma sala que pode ser utilizada tanto para realizar experimentos como para aulas expositivas cujo volume é de 240,56 m³. Para emitir o sinal de excitação sonora dos ambientes foi utilizada a fonte omnidirecional da Brüel & Kjaer. Esta fonte usa 12 alto-falantes em uma configuração dodecaédrica para irradiar o som uniformemente (ver Figura 1). Esse equipamento permite compreender as características do ambiente, dentre elas o tempo de reverberação na sala, que é uma medida

essencial para o estudo da qualidade sonora em salas de aula.



Figura 1: Fonte Dodecaédrica, Fonte: Bruel e Kjaer (2023).

A segunda ferramenta utilizada de estudo foi o analisador de nível de pressão sonora tipo 2270 da Bruel e Kjaer (ver Figura 2), que permite medir e analisar as características e propriedades acústicas do ambiente, exibindo os resultados obtidos através de gráficos com escalas de pico, média e algumas outras escalas que são utilizadas no estudo.



Figura 2: Analisador de nível de pressão sonora 2270, Fonte: Bruel e Kjaer (2023).

Além dos instrumentos citados acima também foram utilizados:

- 2 microfones de campo difuso;
- Tripés;
- Pré-amplificador de sinais;
- Adaptador para microfones;
- Cabos.

O estudo utilizou como base os procedimentos da norma ISO 3382 para medição do tempo de reverberação e ISO 16283-1 para determinar o Dn^{*}T. A ISO 3382-2 é uma norma que aborda medições de parâmetros de acústicas de salas, e na sua segunda parte, trata do tempo de reverberação em salas comuns. Essa norma além de diferenciar três níveis de exatidão, especifica métodos e descreve processos de medição,

as características dos dispositivos e equipamentos necessários, os requisitos, números e combinações de posições de medição e como devem ser avaliados os dados e apresentados em relatório. Já a norma ISO 16283-1 prevê que o sonômetro utilizado nas medições seja utilizado em: posições fixas, microfone com varrimento mecânico contínuo ou microfone com varrimento manual.

O estudo do tempo de reverberação foi feito estabelecendo dois locais para a fonte dodecaédrica (L1 e L2) e cinco posições de microfone (P1, P2, etc). As posições devem obedecer algumas medidas de distância, sendo elas: 0,5 m entre o microfone e os limites do compartimento; 1 m entre a fonte e o microfone e 0,7 m entre as posições do microfone. A Figura 3 apresenta o espaço Maker, com as características da sala levadas em conta para as medições.

O tempo de reverberação, ou T60, é o tempo em segundos necessário para que um som impulsivo caia 60 dB após a fonte sonora ter sido interrompida. Embora esse conceito ainda seja muito utilizado, hoje em dia é impraticável fazer esta medição desta forma. Para solucionar este problema, novos métodos de cálculo de tempo de reverberação foram criados onde os mais usados são o T30 e o T20.



Figura 3: Espaço Maker analisado, Fonte: Autor (2023).

O tempo de reverberação pode ser calculado por meio da fórmula de Sabine (Equação 1), fórmula essa que analisa a quantidade de tempo necessário para a redução de 60 dB da sala quando desligada a fonte de sinal impulsivo.

Equação (1)

$$TR = 0,161 V / A$$

T60 = tempo de reverberação do ambiente estudado em (s);
V = volume da sala em m³;

A = representa a área de absorção sonora equivalente devido aos elementos construtivos da sala (paredes, teto, piso e janelas).

E para o cálculo da diferença padronizada de nível entre ambientes (DnT), foi utilizada a Equação 2:

Equação (2)

$$DnT = L1 - L2 + 10 \text{ Log}(T/T0)$$

Onde:

DnT = diferença padronizada de nível de ruído;

L1 = Nível de ruído na sala emissora;

L2 = Nível de ruído na sala receptora;

T = Tempo de reverberação em segundos;

T0 = Tempo de referência.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A Figura 4 mostra a variação do tempo de reverberação por faixa de frequência, de 100Hz a 3.15 kHz. Com esse resultado foi concluído que o tempo de reverberação e a transmissão da sala são elevados conforme a norma ANSI S12.60 dos Estados Unidos, onde a norma estipula uma quantidade máxima de tempo de reverberação onde salas de aula devem estar entre 0,4 e 0,6 segundo. Para espaços acima de 10.000 ft³, não deve exceder a 0,6 s, e para salas com volume entre 10.000 e 20.000 ft³, não deve exceder a 0,7 s. Já no caso da transmissão sonora de ruído aéreo de uma sala, existe uma classificação delas, existindo parâmetros para estabelecer medidas máximas para transmissão do ruído aéreo entre as salas. Depois dessa parte do estudo realizado, foi iniciada a análise do nível de isolamento ao ruído aéreo onde foi medido a quantidade de ruído que passava de uma parede à outra com base no Dn, obtendo os resultados apresentados na Figura 5.

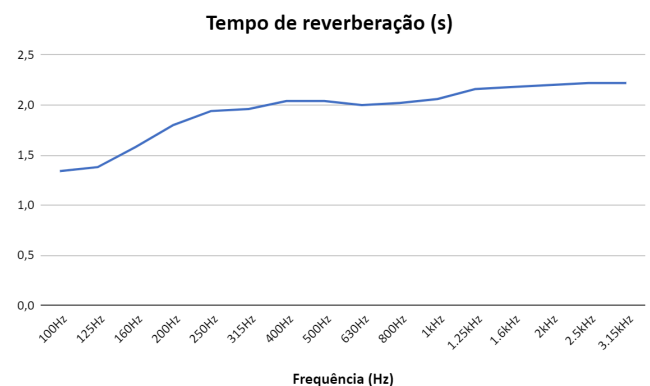


FIGURA 4: RESULTADOS DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO NA SALA RECEPTORA, FONTE: AUTOR (2023).

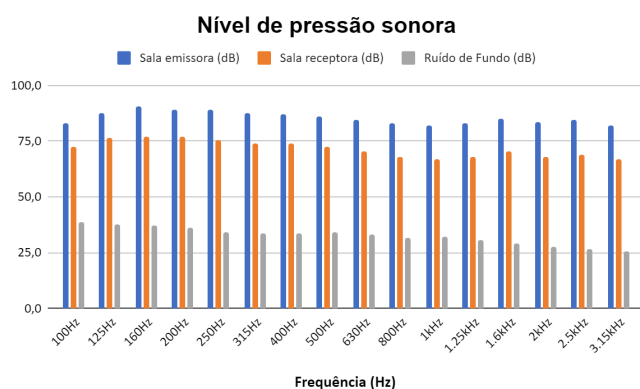


Figura 5: Resultados da diferença padronizada de nível de ruído para a parede divisória, Fonte: Autor (2023).

A Figura 5 mostra a diferença das duas salas, onde foi observado a quantidade de ruído gerado na sala emissora e como foi observado na sala receptora, onde ao final foi comparado o nível sonoro nas duas salas.

Comparando os resultados obtidos com a norma NBR 15575, é possível observar que o desempenho acústico da sala estudada está abaixo do que determina a legislação vigente, que é de 45 dB. Cabe ressaltar que este dado é para edificações com uso residencial, ficando mais evidente a necessidade de uma norma brasileira como foco em edificações com uso diverso.

Pensando em uma estratégia de solução para o problema da sala estudada, pode-se propor materiais como é o caso do Sonare. De acordo com o site da Sonex, o Sonare é uma solução ISOVER que absorve o som e garante mais conforto ao ambiente. Seu alto desempenho oferece flexibilidade ao projeto e personalização de ambientes, sendo projetado para gerar uma estética agradável, com ótimo desempenho no isolamento termoacústico e permitindo um acabamento superior. Sonare é um painel em lã de vidro aglomerada com resina sintética, revestido em tecido na face aparente. A junta seca dos painéis proporciona ótimo acabamento estético. Os painéis Sonare são a melhor solução para revestimento de paredes e melhoram a inteligibilidade do som, reduzindo a sensação de 'eco' no ambiente. São ideais para quem procura flexibilidade de projeto e personalização de ambientes" (SONEX, 2023).

V. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos e comparando eles com estudos realizados no Brasil e também com a norma NBR 15575, é possível observar que o tempo de reverberação e os níveis de diferença padronizada de nível de ruído ($D_n'T$) estão altos em relação aos parâmetros existentes, podendo gerar um desconforto para os alunos e com isso prejudicar o aprendizado de quem utiliza a sala. Esses níveis elevados também prejudicam os professores, que por muitas vezes têm dificuldades para passar o conteúdo necessário e para orientar os alunos durante uma atividade. É possível também notar que

no Brasil é necessário que uma norma crie uma padronização sobre as edificações escolares, visando uma melhora na qualidade sonora dentro da sala de aula. Como proposta para trabalhos futuros sugere-se a verificação da possibilidade de realizar um projeto utilizando materiais de baixo custo para melhorar o desempenho acústico nos ambientes.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISTAFA, S. R. *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído*. 02. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, SP, 2011.

CATTO, Jucelma. *SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL: A PREVENÇÃO DO RUÍDO*. 2021. Disponível em: <https://prodi.ifes.edu.br/images/stories/novembro-seguranca_saude_ruído.pdf>. Acesso em: 12 Set. 2023.

KLODZINSKI, Dayanne; ARNAS, Fabiane; RIBAS, Angela. O ruído em salas de aula de Curitiba: como os alunos percebem este problema. *Rev Psicopedagogia*, v. 22, n. 1, p. 105-110, 2005.

LIBARDI, Aline. O ruído em sala de aula e a percepção dos professores de uma escola de ensino fundamental de Piracicaba. *Distúrbios da comunicação*, v. 18, n. 2, 2006.

MENDES, Amanda Louize Félix et al. Voz do professor: sintomas de desconforto do trato vocal, intensidade vocal e ruído em sala de aula. In: *CoDAS. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 2016. p. 168-175.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. 1987.

ISO 3382-3, Acoustics -- Measurement of Room Acoustic Parameters.

ISO 16283-1, Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Norma de Desempenho de Edificações. 2013.

SONEX. Sonare: solução para conforto acústico. Disponível em: <https://sonex.com.br/>. Acesso em: 27 out. 2024.

AUTOBIOGRAFIA



Meu nome é **Zyon Francisco Gomes Machado**, sou de Florianópolis, Santa Catarina, e nasci em 4 de março de 2007. Completei o ensino fundamental e estou prestes a finalizar o ensino médio em dezembro de 2024. Meu sonho é entrar na UDESC e cursar Design Gráfico, uma área que me fascina e que acredito que pode me proporcionar uma

vida tranquila e sem preocupações financeiras.

Além dos estudos, gosto de me envolver em atividades extracurriculares. Faço teatro, o que me ajudou a desenvolver minha criatividade e a me expressar melhor. Uma das experiências mais marcantes para mim foi participar da iniciação científica na Escola SESI. Tive a oportunidade de apresentar projetos em feiras de ciências, sendo a Feira Brasileira de Iniciação Científica (FEBIC) a mais especial.

Nos meus projetos, tive a chance de colaborar com diferentes grupos, criando artes e broches, além de ajudar na experimentação e na coleta de dados. Cada uma dessas experiências me ensinou muito e reforçou meu desejo de seguir uma carreira no Design Gráfico.

Estou animado com o futuro e ansioso para explorar as oportunidades que essa área pode oferecer. Estou comprometido em aprender e crescer, sempre buscando novas formas de me expressar e contribuir.



Meu nome é Luísa Fernanda Cacilha, sou de Assis, São Paulo, e nasci em 07 de setembro de 2007. Atualmente estou cursando o segundo ano do Ensino Médio no itinerário STEAM (ciências, tecnologia, engenharia, artes e matemática) da Escola SESI unidade de Florianópolis.

Como carreira profissional tenho a intenção de seguir na área da saúde, por ser algo que me interessa muito desde muito pequena e que persiste até hoje. Além dos estudos, gosto muito de esportes e outras atividades físicas e extracurriculares,