



CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITAITUBA LTDA
FACULDADE DE ITAITUBA – FAI
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

EDENCILAS GUIMARÃES QUEMEL

**ANÁLISE DA ACÚSTICA NA SALA DE AULA NA PERCEPÇÃO DE
ACADÊMICOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO
MUNICÍPIO DE ITAITUBA-PA**

Itaituba – PA

2025

EDENCILAS GUIMARÃES QUEMEL

**ANÁLISE DA ACÚSTICA NA SALA DE AULA NA PERCEPÇÃO DE
ACADÊMICOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO
MUNICÍPIO DE ITAITUBA-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Itaituba para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Wesley Aguiar Pinto.

Itaituba – PA

2025

QUEMEL, Edencilas Guimarães.

Análise da acústica na percepção de professores e acadêmicos de uma instituição de ensino superior do município de Itaituba-PA- FAI / Edencilas Guimarães Quemel/ Itaituba: FAI, 2025.

47 f.

Orientador: Prof. Wesley Aguiar Pinto

Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Bacharelado Engenharia Civil – Faculdade de Itaituba, 2025.

1. Engenharia. 2. Acústica. I. Quemel, Edencilas II. Faculdade de Itaituba. Itaituba, BR – PA, 2025.

EDENCILAS GUIMARÃES QUEMEL

**ANÁLISE DA ACÚSTICA NA SALA DE AULA NA PERCEPÇÃO DE
ACADÊMICOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO
MUNICÍPIO DE ITAITUBA-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Itaituba para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador Prof. Esp. Wesley Aguiar Pinto.

BANCA EXAMINADORA

Presidente: _____ Nota: _____

Prof. Wesley Aguiar Pinto, Especialista.

Orientador(a): _____ Nota: _____

Avaliador(a): _____ Nota: _____

Prof. _____, _____

Resultado: _____ Média: _____

Itaituba/PA, 14 de março de 2025.

Dedico este trabalho a minha mãe que sempre esteve ao meu lado me apoiando em todos os momentos, a Deus por me sustentar até aqui e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me sustentou e me guiou até aqui, que não me deixou desistir me dando forças para enfrentar os desafios ao longo desta jornada acadêmica, desafios esses que não foram poucos.

À minha mãe, que sempre me apoiou desde o início neste objetivo, estando presente oferecendo amor, incentivo e compreensão nos momentos mais difíceis.

Aos meus professores e orientadores, pelo conhecimento compartilhado e pelo suporte fundamental durante esta jornada acadêmica. Seu compromisso com o ensino e a dedicação à minha formação foram essenciais para este momento.

Vejam os passarinhos que voam pelo céu: eles não semeiam, não colhem, nem guardam comida em depósitos. No entanto, o Pai de vocês, que está no céu, dá de comer a eles. Será que vocês não valem mais do que os passarinhos?

Mt 6:26

RESUMO

A presente pesquisa tem como tema avaliar a questão da acústica com benefícios para engenharia civil. A acústica é o ramo da física que estuda propagação do som e os efeitos que ele produz em diferentes ambientes. Na construção civil, a acústica desempenha um papel crucial para garantir o conforto e a qualidade dos espaços habitáveis. O tratamento acústico é essencial em ambientes construídos por várias razões importantes como o conforto e o bem-estar. Em qualquer projeto de engenharia civil, um estudo de acústica desempenha um papel crucial, pois é importante para garantir a qualidade do ambiente sonoro em espaços habitáveis. No entanto, ainda é uma área em crescimento e desenvolvimento e, portanto, precisa de um estudo sobre as técnicas e formas de proporcionar o melhor resultado. O estudo tem como objetivo principal identificar e descrever quais são os principais benefícios da acústica para a engenharia civil. Para o desenvolvimento do estudo, optou-se por realizar pesquisa de natureza exploratório descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa. Conclui-se que a acústica desempenha um papel essencial na engenharia civil, proporcionando conforto, privacidade e qualidade de vida aos usuários das edificações. O controle adequado do som reduz a poluição sonora, melhora a comunicação em espaços públicos e privados e além de contribuir para ambientes mais produtivos e saudáveis.

Palavras-chave: Engenharia Civil. Acústica. Ruído. Benefícios.

ABSTRACT

The theme of this research is to evaluate the issue of acoustics with benefits for civil engineering. Acoustics is the branch of physics that studies sound propagation and the effects it produces in different environments. In civil construction, acoustics plays a crucial role in ensuring the comfort and quality of living spaces. Acoustic treatment is essential in built environments for several important reasons such as comfort and well-being. In any civil engineering project, an acoustics study plays a crucial role, as it is important to ensure the quality of the sound environment in living spaces. However, it is still a growing and developing area and, therefore, requires a study on the techniques and ways to provide the best results. The study's main objective is to identify and describe the main benefits of acoustics for civil engineering. To develop the study, it was decided to carry out descriptive exploratory research, with a predominantly qualitative approach. It is concluded that acoustics plays an essential role in civil engineering, providing comfort, privacy and quality of life to the users of buildings. Proper sound control reduces noise pollution, improves communication in public and private spaces, and contributes to more productive and healthy environments.

Keywords: Civil Engineering. Acoustics. Noise. Benefits.

LISTA DE SIGLAS

dB – decibéis

EPI – Equipamento de Proteção Individual

HZ – Hertz

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

NR – Norma Regulamentador

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Classificação dos Participantes da pesquisa.....	35
Gráfico 2 – Cursos dos participantes da pesquisa.....	36
Gráfico 3 – Faixa etária dos participantes da pesquisa.....	36
Gráfico 4 – Percepção dos ruídos em sala de aula pelos participantes.....	37
Gráfico 5 – Interferência de Ruídos externo na Comunicação.....	38
Gráfico 6 – Prejuízos causados pelos ruídos externos na concentração.....	39
Gráfico 7 –Minimização dos efeitos dos ruídos externos na faculdade.....	40

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Origem do ruído	26
Quadro 2 – Potenciais fontes de ruído em habitações.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Algumas propriedades de diversos materiais utilizados na construção civil.....	22
Tabela 2 – Velocidade do som em meios variados.....	23
Tabela 3 – Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 A EVOLUÇÃO DA ACÚSTICA	13
2.2 ENGENHARIA E ACÚSTICA	16
2.3 A IMPORTÂNCIA DE UM ESTUDO ACÚSTICO	18
2.4 O SOM	19
2.5 ISOLAMENTO SONORO, ABSORÇÃO DE MATERIAIS E TRATAMENTO ACÚSTICO	21
2.6 RUÍDO	26
2.7 PROJETO ACÚSTICO	27
2.8 NBR 10.152	29
3 METODOLOGIA	32
3.1 TIPO DE ESTUDO	32
3.2 LOCAL DA PESQUISA	33
3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	33
3.4 SELEÇÃO DO PARTICIPANTE	34
3.5 COLETA DE DADOS	34
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	36
4.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO	36
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE A – Termo De Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE	49
APÊNDICE B – Questionário da pesquisa	50

1 INTRODUÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso - TCC intitulado: “Análise da acústica na percepção de professores e acadêmicos de uma Instituição de Ensino Superior do município de Itaituba-PA”. Tem como finalidade avaliar a questão da acústica com benefícios para engenharia civil.

A acústica é o ramo da física que estuda a propagação do som e os efeitos que ele produz em diferentes ambientes. Na construção civil, a acústica desempenha um papel crucial para garantir o conforto e a qualidade dos espaços habitáveis. O tratamento acústico é essencial em ambientes construídos por várias razões importantes como o conforto e o bem-estar. Ele reduz a interferência de ruídos indesejados, como tráfego, vizinhos ou máquinas.

A NBR 15.575 (2013), no Brasil estabelece padrões para o isolamento acústico em edificações. Diante disso em cinemas, teatros e auditórios, o tratamento acústico é fundamental para garantir uma boa experiência de áudio. Isso inclui a absorção de som, difusão e controle de reflexões. Um bom isolamento acústico favorece tanto o ambiente externo quanto o interno, para isso, é necessário um planejamento que possibilite a acústica seja aproveitado em benefícios para o ambiente.

Nesse viés, o presente trabalho tem como objetivo principal identificar e descrever quais são os principais benefícios da acústica para a engenharia civil, e como objetivos específicos: abordar conceitos acerca da acústica e seus componentes; compreender os benefícios que a uma acústica de qualidade pode proporcionar; identificar as melhores técnicas para obter uma acústica de qualidade.

Um estudo de acústica bem definido pode permitir a identificação de possíveis problemas acústicos antes de se tornarem críticos, oferecendo uma oportunidade de implementar medidas corretivas e economizar tempo e recursos ao longo prazo. A sanção ambiental é promovida por um controle eficaz do ruído, que diminui a poluição sonora e afeta seus negativos na flora, na fauna e na qualidade de vida das comunidades locais. Desse modo, preparar o ambiente acusticamente é de suma importância, uma vez que torna o ambiente mais harmonioso. Dessa forma, este trabalho justifica-se no interesse de demonstrar a importância do tema para a construção civil já que tal assunto ainda é pouco debatido no setor.

Em qualquer projeto de engenharia civil, um estudo de acústica desempenha um papel crucial, pois é importante para garantir a qualidade do ambiente sonoro em espaços habitáveis. Os profissionais podem projetar soluções eficazes para controlar o ruído, minimizar a transmissão de sons indesejados e melhorar a qualidade acústica geral ao analisar e compreender como o som se comporta em um determinado ambiente. No entanto, ainda é uma área em crescimento e desenvolvimento e, portanto, precisa-se de estudos sobre as técnicas e formas para proporcionar o melhor resultado.

Para o desenvolvimento do estudo, optou-se por realizar pesquisa de natureza exploratório descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa. A pesquisa exploratória tem como objetivo principal desenvolver conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos.

O TCC está organizado em cinco capítulos. Neste capítulo inicial apresenta-se os objetivos, a justificativa e a questão norteadora do estudo. O segundo capítulo – Fundamentação teórica – contextualiza a evolução da acústica. O terceiro capítulo – Metodologia – descreve os procedimentos metodológicos da pesquisa. O quarto capítulo – Resultados e discussão – demonstra os resultados e análise da pesquisa aplicado com os participantes. Na sequência apresenta-se a Conclusão da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A EVOLUÇÃO DA ACÚSTICA

O mundo está em constante evolução expandindo cada vez mais sua área urbana de modo que os sons se propagam. Nesse sentido, a ciência do som é a acústica. Segundo Matias (2016) na Grécia, muitas foram as pesquisas relacionadas a acústica, que para Pitágoras e seus discípulos, refere-se a natureza do som e a teoria matemática da escala. A Escola Pitagórica determinou a escala a partir dos números inteiros pequenos, com base nos acordes produzidos por cordas vibrantes.

O teatro romano, destinado ao divertimento do público, nasceu, possivelmente, da união de dois teatros semicirculares. Este se alterou do teatro grego, apenas por suas dimensões e do não aproveitamento da topografia, ao invés disto implementavam estruturas independentes (SOUZA *et. al.*, 2012). É possível notar que Vitruvius Pollio, autor de *De Architectura* (57 AC), foi um dos principais ou o principal responsável por grande parte dos trabalhos sobre acústica durante o império romano (LONG, 2014).

Faria (2013), define que o som é um movimento ondulatório mecânico, cujas vibrações sonoras se propagam no meio que está em torno de seu corpo sonoro, produzindo compressões e distensões sucessivas, com velocidade uniforme em todo seu perímetro, se a propriedade elástica do meio for igual em todos os pontos.

Segundo Souza (2012), o meio de propagação do som é pelo ar até chegar ao ouvido do ser humano. Nesse sentido, o ambiente precisa ser vibrante para que a propagação ocorra mesmo que as oscilações sejam pequenas. No entanto, o som necessariamente não precisa propagar em todos os sentidos com a mesma intensidade. De acordo com Faria (2013):

Analizando uma fonte sonora emitida em campo aberto, sem interferências das superfícies, o som irá se propagar de forma esférica, exemplo de uma pedra arremessada em uma lagoa, serão geradas ondas concêntricas, quando a pedra alcançando a superfície da água. O mesmo efeito é visto quando uma fonte sonora emite um som, à medida que as ondas sonoras se afastam da fonte, a área de distribuição de energia aumenta e a potência por m² diminui (FARIA, 2013, p. 15).

A citação de Farias descreve a propagação do som em um ambiente aberto, sem barreiras ou reflexões. Ele compara esse fenômeno com o que acontece quando uma pedra é jogada em uma lagoa. Da mesma forma, quando uma fonte sonora emite um som, as ondas sonoras se expandem em todas as direções, formando uma propagação esférica. Isso significa que a energia do som se distribui sobre uma área cada vez maior à medida que se afasta da fonte. Como consequência, a potência sonora por metro quadrado diminui, pois, a mesma quantidade de energia se espalha por uma superfície maior. Esse fenômeno explica por que o som fica mais fraco à medida que nos afastamos da fonte emissora

Nesse sentido, é muito importante analisar o tamanho do ambiente e a melhor maneira de construir um local com qualidade correta da acústica. Segundo Souza (2012), o raio sonoro refletido tem um ângulo em relação à superfície igual ao de incidência, como se sua origem fosse sua imagem em um espelho.

Segundo Moreira (2009), se a distância percorrida pelo raio direto e o raio refletido estiver entre 11 e 22m, isto implicará em um intervalo de tempo de chegada entre eles maior que 1/30 de segundo. Nesse sentido, ocorrerá o eco, pois o ouvido humano irá captar separadamente o som. As características da acústica estão relacionadas com a produção, recepção e propagação do som. Nesse sentido, cabe destacar a frequência, a intensidade e o timbre:

- A frequência é medida em hertz (Hz) sendo o número de ciclos de compressão e rarefação do ar por segundo. Nesse sentido, ela determina o tom do som.
- A intensidade é percebida como volume do som medido em decibéis (dB) sendo a quantidade de energia que o som transporta por unidade de tempo.
- O timbre é o que difere os sons de diferentes fontes mesmo quando possuem a mesma frequência e intensidade

Desse modo, vale ressaltar que quando o som encontra obstáculos ele pode ser refletido, refratado e difratado interferindo na sua propagação e influenciando na audição em diferentes ambientes.

Ademais, os ruídos são classificados em contínuo, intermitente ou de impacto. Catai *et al* (2006) define:

O ruído contínuo do ponto de vista técnico é aquele cujo nível de pressão sonora varia 3 dB (decibéis) durante um período longo (mais de 15 minutos) de observação. O ruído intermitente é aquele cujo nível de pressão sonora varia de até 3 dB em períodos curtos (menor que 15 minutos e superior a 0,2s) (CATAI, DALBELLO, PENTEADO, 2006, p. 4206).

A citação de Catai, Dalbello e Penteado (2006), faz uma distinção entre dois tipos de ruído com base na variação do nível de pressão sonora ao longo do tempo. O ruído contínuo é relativamente estável, sem mudanças bruscas em sua intensidade. Já o ruído intermitente que apresenta momentos de aumento e diminuição perceptível da intensidade, mas sem interrupções completas. Essa classificação é importante em estudos de engenharia acústica, pois diferentes tipos de ruído podem ter impactos distintos na saúde e no conforto dos indivíduos expostos.

Segundo a Norma Regulamentadora (NR) 15, os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos sempre em decibéis (dB) utilizando o aparelho para medição do nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (Slow). O som é um tipo de energia que se propaga através de ondas mecânicas, que se divide em duas categorias principais: ondas longitudinais, onde a vibração ocorre na mesma direção da direção da onda, e ondas transversais, onde a vibração ocorre perpendicularmente à direção da onda propagação da onda.

A compreensão da interação do som com o ambiente ao redor é um dos aspectos mais importantes da acústica, isso, inclui o reflexo do corpo, a reflexão, absorção e difração em diversas superfícies e meios. Por exemplo, na sala de concertos, uma acústica tem um impacto direto na qualidade do som ouvido pelo público, pois o teto e o piso afetam a clareza e a ressonância da música, sendo as ondas sonoras refletidas nas paredes. Por exemplo, na área da arquitetura é usado para projetar áreas com boa qualidade acústica, minimizando a propagação de ruídos indesejados e maximizando a inteligibilidade da fala.

Acústica também tem valores significativos em campos como detecção sonar, medicina, oceanografia e comunicação submarina. Na medicina, por exemplo, a ultrassonografia utiliza ondas sonoras de alta frequência para produzir imagens internas do corpo, enquanto a audiologia estuda a percepção auditiva e trata de distúrbios relacionados à audição. Desse modo, a acústica é uma área cativante que examina as questões específicas intrincadas ao indivíduo e sua interação com o ambiente. Seu amplo escopo e inúmeras aplicações fazem dele um importante campo

de estudo em constante evolução, tendo um efeito significativo em muitas facetas da vida.

2.2 ENGENHARIA E ACÚSTICA

A acústica, ramo da física que estuda o som e suas propriedades, desempenha um papel essencial na qualidade de vida humana, seja em ambientes urbanos, industriais, ou mesmo em espaços de convivência. A engenharia acústica surge como uma aplicação prática desse conhecimento, combinando conceitos científicos e técnicas de engenharia para abordar problemas relacionados ao controle e manipulação de som e vibrações.

Segundo Faria (2013), o tratamento acústico na construção civil é de grande importância na atualidade, principalmente com crescimento das áreas urbanas, que seguem gerando um aumento considerável na poluição sonora. Com o avanço das tecnologias e o crescimento urbano, a poluição sonora tem se tornado uma preocupação crescente, destacando a necessidade de soluções eficientes para o controle de ruídos e melhoria do conforto acústico. Além disso, setores como a arquitetura, a indústria e o design de produtos demandam projetos acústicos que equilibrem funcionalidade, estética e sustentabilidade.

O som é uma parte essencial de nossa experiência cotidiana, mas sua presença nem sempre é percebida de forma positiva. Enquanto sons agradáveis podem enriquecer nossa qualidade de vida, o excesso de ruído ou vibrações inadequadas pode gerar desconforto, impactar a saúde e comprometer a funcionalidade de diversos ambientes. Nesse contexto, a engenharia acústica desempenha um papel fundamental ao propor soluções práticas e inovadoras para o controle e a manipulação do som.

Faria (2013), ainda ressalta que o som é um movimento ondulatório mecânico, cujas vibrações sonoras se propagam no meio que está em torno de seu corpo sonoro, produzindo compressões e distensões sucessivas, com velocidade uniforme em todo seu perímetro, se a propriedade elástica do meio for igual em todos os pontos.

Essa área da engenharia vai além do controle de ruído, abrangendo o design de espaços que proporcionam experiências sonoras ideais, como teatros, estúdios de gravação e auditórios, além de contribuir para a sustentabilidade urbana por meio da

mitigação da poluição sonora. Ao integrar conhecimentos de física, materiais e tecnologia, a engenharia acústica busca criar ambientes que atendam às necessidades humanas de conforto, comunicação e bem-estar.

A Engenharia e a Acústica estão intimamente ligadas, pois o estudo do som e suas aplicações é fundamental para diversas áreas da engenharia. A Acústica é a ciência que estuda a propagação, controle e efeitos do som em diferentes ambientes, sendo essencial para projetos arquitetônicos, industriais e eletrônicos.

Na Engenharia Civil e Arquitetônica, a acústica desempenha um papel crucial no design de edifícios, garantindo conforto sonoro em espaços como teatros, auditórios, escritórios e residências. Técnicas de isolamento e absorção acústica são aplicadas para minimizar ruídos indesejados e melhorar a qualidade do som nos ambientes.

Já na Engenharia Mecânica e Industrial, a acústica é utilizada para reduzir o ruído de máquinas e equipamentos, promovendo ambientes de trabalho mais seguros e confortáveis. Além disso, o estudo da vibração e do ruído em sistemas mecânicos permite o desenvolvimento de soluções para minimizar impactos negativos em estruturas e dispositivos.

Na Engenharia Elétrica e Eletrônica, a acústica está presente no desenvolvimento de alto-falantes, microfones, sistemas de comunicação e dispositivos de áudio. O processamento digital do som e a criação de algoritmos para redução de ruído são exemplos de aplicações diretas dessa relação.

Além disso, a Engenharia Acústica, uma área especializada, foca no estudo e controle de ruídos e vibrações, sendo essencial para projetos de infraestrutura, transporte e entretenimento. Especialistas nessa área trabalham para garantir a qualidade sonora em ambientes internos e externos, bem como na proteção contra poluição sonora. Portanto, a interseção entre Engenharia e Acústica demonstra como o conhecimento do som e suas propriedades é essencial para o desenvolvimento de tecnologias e ambientes mais eficientes e confortáveis.

Este trabalho se propõe a explorar os fundamentos e as aplicações da engenharia acústica, destacando suas principais áreas de atuação, como acústica arquitetônica, ambiental e industrial. Através dessa abordagem, busca-se evidenciar como essa disciplina contribui para o avanço tecnológico e o bem-estar humano, ao

mesmo tempo em que enfrenta os desafios impostos pelo crescimento populacional e pela evolução das cidades modernas.

2.3 A IMPORTÂNCIA DE UM ESTUDO ACÚSTICO

Na engenharia civil, o estudo acústico constitui um elemento primordial no planejamento e na execução de projetos que visam proporcionar ambientes edificados de elevada qualidade. Trata-se de uma análise técnica que busca compreender e controlar a interação do som com os espaços construídos, de modo a atender às crescentes demandas por conforto, funcionalidade e sustentabilidade, especialmente em contextos urbanos marcados por elevados índices de ruído ambiental.

O conforto acústico é de extrema importância no desenvolvimento das atividades cotidianas e quando se mostra eficiente, pode minimizar ou até mesmo evitar o aparecimento distúrbios fisiológicos e psicológicos, como a fadiga e o estresse, pois ambientes tranquilos e menos ruidosos favorecem a concentração e produtividade (NERBAS, 2009). A análise acústica, nesse âmbito, permite mitigar os impactos de ruídos provenientes de fontes externas, como tráfego rodoviário e aéreo, e de fontes internas, como equipamentos e interações entre ambientes adjacentes. Por meio da seleção criteriosa de materiais com propriedades acústicas específicas e do emprego de técnicas construtivas avançadas, é possível assegurar um nível elevado de habitabilidade nos espaços edificados.

Projetos de edificações destinadas a usos específicos, como teatros, auditórios, salas de aula e estúdios de gravação, demandam um rigoroso controle das propriedades acústicas para garantir funcionalidade e excelência. O estudo acústico orienta o design arquitetônico, considerando fatores como inteligibilidade sonora, controle de reverberação e propagação uniforme do som, assegurando a eficácia dos espaços em atender às suas finalidades.

O atendimento às normas regulamentadoras é imprescindível na engenharia civil, com destaque para a NBR 15575 (Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais), que estabelece requisitos mínimos para o isolamento acústico em edificações residenciais. O estudo acústico garante que os projetos sejam desenvolvidos em conformidade com essas diretrizes, prevenindo eventuais sanções legais e promovendo a satisfação dos usuários finais.

Em cenários urbanos, marcados pela intensificação de atividades humanas e pelo aumento das fontes de ruído, o estudo acústico desempenha papel estratégico na concepção de soluções que minimizem os impactos sonoros. Barreiras acústicas, fachadas com elevado desempenho isolante e o planejamento de zonas urbanas mais silenciosas são exemplos de medidas que podem ser implementadas com base nas análises acústicas, contribuindo para o bem-estar da população e a sustentabilidade ambiental.

A negligência em relação aos aspectos acústicos no desenvolvimento de projetos pode acarretar sérias consequências, como desconforto em ambientes internos, não conformidade com padrões regulamentares e até mesmo problemas de saúde associados à exposição prolongada ao ruído. Ademais, custos adicionais com reformas e adequações tornam-se inevitáveis, comprometendo a eficiência econômica e a viabilidade do empreendimento. Portanto, o estudo acústico na engenharia civil transcende sua função técnica, ao integrar-se como um elemento essencial para a concepção de espaços que promovam qualidade de vida, eficiência operacional e harmonia com o meio ambiente.

2.4 O SOM

De acordo com Drummond (2010), os sons classificam-se em gerados no ar ou de impacto, o primeiro são aqueles produzidos dentro da massa de ar do ambiente e que se transmite, por exemplo um foguete; o segundo são produzidos pelo choque de elementos sólidos ou líquidos, por exemplo um objeto cai na laje de um pavimento superior aquele que nos encontramos.

Nesse sentido, um som gerado pelo ar livre tem uma maneira de combate diferente daquele originado de um impacto. O som depende de quatro fatores: a fonte, que causa a excitação mecânica e assim inicia a perturbação; a superfície que produz vibrações quando é excitada; o meio de propagação que pode ser sólido, líquido ou gasoso e o receptor que, no caso da acústica, o mais importante é o homem (COUTO, 2014).

O som pode ser perturbador e causa desconforto o que pode influenciar no ambiente e na qualidade de vida do local. Para evitar isso, o planejamento no momento da construção da obra deve conter um bom projeto de obra com isoladores

acústicos e o tratamento acústico com materiais absorventes adequados. O som possui quatro fenômenos importantes:

- A difração que contorna os obstáculos é um fenômeno ondulatório que ocorre quando uma onda sonora encontra um obstáculo ou passa por uma abertura, espalhando-se em diferentes direções ao invés de seguir uma trajetória retilínea.
- A reflexão que é o fenômeno pelo qual uma onda sonora retorna ao meio original após encontrar uma superfície ou obstáculo que não a absorve completamente.
- A ressonância é um fenômeno físico que ocorre quando um sistema vibratório é excitado por uma frequência externa que coincide com sua frequência natural de vibração.
- A refração do som que ocorre quando uma onda sonora muda de direção ao atravessar camadas de um meio com diferentes propriedades, como temperatura, densidade ou composição química.

O som é uma onda mecânica que se propaga pelo ar ou por outros meios, influenciando diretamente a experiência auditiva em diferentes ambientes. A forma como ele interage com o espaço ao seu redor determina a acústica de uma sala, afetando desde a inteligibilidade da fala até a qualidade da música e outros sons reproduzidos no local. Desse modo, o som é definido pela frequência, medida em hertz, e pelo volume, medido em decibéis. O som passa a ser denominado ruído quando excessivo ou indesejado, podendo afetar o corpo, a mente e as atividades humanas (COUTO, 2014).

A acústica de um ambiente é influenciada por diversos fatores, como o formato da sala, os materiais utilizados nas paredes, piso e teto, e a presença de móveis ou objetos que absorvem ou refletem as ondas sonoras. Uma boa acústica é essencial em espaços como teatros, salas de conferência, estúdios de gravação e até mesmo residências, garantindo conforto auditivo e melhor compreensão da comunicação.

Quando um ambiente possui muitas superfícies reflexivas, o som pode gerar eco e reverberação excessiva, prejudicando a clareza da fala e a qualidade sonora. Por outro lado, uma sala excessivamente absorvente pode tornar o som abafado e sem vida. O equilíbrio entre absorção, difusão e reflexão sonora é crucial para criar um ambiente sonoro agradável e funcional.

A aplicação adequada desses conceitos na construção civil proporciona ambientes mais confortáveis e funcionais. Um bom planejamento acústico é essencial para escolas, hospitais, escritórios e residências, pois minimiza ruídos externos, melhora a inteligibilidade da fala e aprimora a experiência sonora dos usuários. Dessa forma, a acústica deve ser considerada desde as primeiras etapas do projeto arquitetônico, garantindo espaços bem planejados e adaptados às necessidades dos ocupantes.

Por isso, o estudo da acústica é fundamental para o planejamento e o tratamento de espaços, possibilitando o uso de materiais adequados e soluções que melhoram a propagação do som. O conhecimento sobre acústica não apenas aprimora a qualidade sonora dos ambientes, mas também contribui para o bem-estar das pessoas, reduzindo ruídos indesejados e proporcionando conforto auditivo.

2.5 ISOLAMENTO SONORO, ABSORÇÃO DE MATERIAIS E TRATAMENTO ACÚSTICO

Segundo Losso e Viveiros (2004) a transmissão sonora entre dois ambientes pode ocorrer de duas maneiras: através da transmissão via ar e através da transmissão via sólido. O autor ainda ressalta que:

A capacidade de acoplamento da energia sonora ao passar por uma mudança de meio, no caso fluído sólido, ou ar-parede, é inversamente proporcional a diferença de impedância entre os meios. Portanto, materiais com impedância muito diferente em relação ao ar permitirão uma menor capacidade de acoplamento e, por conseguinte, menor transmissão da energia sonora, o que significa maior capacidade de isolamento sonoro da partição. A impedância é matematicamente definida pelo produto da densidade específica do meio pela velocidade do som no meio em questão (LOSSO; VIVEIROS; 2004; p. 4).

Para Losso e Viveiros (2004), descreve o fenômeno físico relacionado à transmissão de som entre dois meios diferentes, como o ar e um sólido por exemplo, uma parede. O conceito central da explicação está na impedância acústica, que é uma propriedade dos materiais que influencia a forma como as ondas sonoras se propagam através deles. Portanto, a citação explica que, para um bom isolamento acústico, o material da parede precisa de uma impedância acústica muito diferente da

impedância do ar para reduzir a quantidade de som que passa através da parede e aumentará o isolamento.

Portanto, a impedância quando possui material muito diferente do ar ocasiona em uma menor transmissão sonora que permite uma capacidade melhor de isolamento sonoro. A impedância é definida pelo produto da densidade específica no meio pela velocidade do som em questão.

Desse modo, Losso e Viveiros (2004) exemplificam alguns materiais na Tabela 1. A velocidade de qualquer onda mecânica, transversal ou longitudinal, depende das propriedades inerciais do meio (para armazenar energia cinética) e, também, das suas propriedades elásticas (para armazenar energia potencial) (HALLIDAY *et al.*, 1996).

De acordo com Couto (2014), a velocidade de transmissão do som é diretamente proporcional à distância entre as moléculas constituintes do meio: quanto mais próximas entre si, mais rápida será a propagação do som.

Tabela 1 – Algumas propriedades de diversos materiais utilizados na construção civil.

Material	Densidade (kg/m³)	Velocidade do som (m/s)	Impedância (Rayls)
Chumbo	11.300	1.200	1,36*10 ⁷
Aço	7.700	5.050	3,89*10 ⁷
Alumínio	2.700	5.150	1,39*10 ⁷
Concreto	2.600	3.100	8,06*10 ⁶
Vidro	2.300	5.200	1,19*10 ⁷
Tijolo	1.800	3.700	6,66*10 ⁶
Borracha	1.100	1.450	1,54*10 ⁶
Gesso	960	6.800	6,52*10 ⁶
Cortiça	240	500	1,25*10 ⁵

KINSLER (1982); GERGES (2000); para espessura de 12,5mm; EVEREST (2001);

Desse modo, a impedância sonora é um conceito fundamental na acústica, que é a oposição que um meio oferece à propagação das ondas sonoras, sendo determinada pela relação entre a pressão sonora e a velocidade das partículas do meio, ou seja, é representada pela fórmula:

$$Z = \frac{P}{V}$$

Em que Z é a impedância acústica (em Pa s/m^3), P representa a pressão sonora (em Pa) e V é a velocidade das partículas do meio (em m/s). A impedância sonora pode variar dependendo do meio em que o som se propaga. Como o exemplo da Tabela 1 em que diversos materiais possuem densidades diferentes e a variação da velocidade do som afeta a transmissão e a reflexão das ondas sonoras ao encontrarem superfícies de diferentes materiais. Nesse sentido a Tabela 2 baseada no estudo de Halliday *et al.* (1996), apresenta a velocidade do som em vários meios.

Tabela 2 – Velocidade do som em meios variados

MEIO	VELOCIDADE (m/s)
Gases	
Ar (0°C)	331
Ar (20 C)	343
Hélio	965
Hidrogênio	1.284
Líquidos	
Água (0°C)	1.402
Água (20°C)	1.482
Água do mar	1.522
Sólidos	
Alumínio	6.420
Aço	5.941
Granito	6.000

Fonte: Halliday *et al.*, 1996

Outro ponto relevante é a transmissão de energia sonora através de um material sólido que ocorre por meio de vibrações, uma vez que, quando a fonte sonora gera uma vibração, ela é transmitida de uma partícula para outra possibilitando que o som seja deslocado através do sólido.

Segundo Egan (1988), quanto maior a massa do material, maior é a resistência ao movimento do elemento e, então, menor é a quantidade de energia transmitida. Desse modo, a Lei da Massa é a expressão utilizada para descrever a perda de transmissão. Losso e Viveiros (2004), ressaltam que:

Assim, para uma parede proporcionar maior isolamento sonoro é necessário que ela seja composta por materiais de alta densidade e/ou espessuras significativas. Na construção civil são, portanto, partições de alvenarias de tijolos maciços, concreto, pedras e materiais metálicos como chumbo. Da mesma forma, observa-se que alvenaria de tijolos furados, paredes de madeira, materiais usados para absorção acústica, como chapas de poliuretano e, também, materiais leves em geral não apresentam desempenho satisfatório (LOSSO; VIVEIROS; 2004; p. 6)

Para que ocorra um isolamento sonoro satisfatório, os materiais devem ser mais densos e com espessuras significativas, já que materiais mais leves e com menor densidade não apresentam uma satisfatória absorção acústica. Losso e Videiros (2004), ainda explicam que no caso de a frequência do som incidente coincidir com a frequência de ressonância (frequência natural) da parede, o isolamento oferecido cairá significativamente, pois a parede passará a vibrar com grande amplitude, apresentando, então, eficiente radiação sonora. Nesse caso, o efeito será amplificar o nível de pressão sonora.

De acordo com Drummond (2010), o tratamento acústico é o conjunto de operações destinadas a atenuar o nível de energia sonora entre a fonte geradora e o ouvinte, que pode ser realizada através do isolamento atenuador e ou o tratamento absorvente. Desse modo, o tratamento acústico é um conjunto de técnicas e materiais utilizados para melhorar a qualidade do som em um ambiente para que evite ecos, reflexões e ressonâncias. O que difere do isolamento acústico é que o tratamento acústico busca melhorar a propagação do som dentro do ambiente para proporcionar um som mais claro e inteligível.

Os principais elementos do tratamento acústico são absorção, difusão, bass traps e painéis acústicos. A absorção reduz a reverberação e os ecos através da utilização de materiais como espumas, painéis de lã rocha, cortinas espessas e carpetes utilizada em estúdios e salas de conferências. A difusão é utilizada para espalhar as ondas sonoras para evitar concentrações de som em um único ponto, usa-se painéis difusores geralmente de madeira ou plásticos ideal para salas de concerto e auditórios. A Bass Traps são armadilhas de graves que absorvem frequências baixas que se acumulam nos cantos dos ambientes e evitam ressonâncias indesejadas de forma que melhora a resposta de graves. Os painéis acústicos são uma combinação da absorção e difusão para otimizar a acústica do ambiente sendo aplicáveis em paredes e tetos.

O tratamento acústico é essencial para o ambiente onde necessita da qualidade sonora como salas de aulas, teatros e estúdios. Sua correta aplicação depende da análise das características do espaço e da escolha adequada dos materiais para obter o melhor resultado. Além de proporcionar um ambiente sonoro mais agradável, pode também melhorar a produtividade e o conforto em espaços corporativos e residenciais. Segundo Drummond (2010), o tratamento dos recintos por materiais

absorventes age; ou reduzindo o tempo de reverberação, que é o prolongamento do som, por exemplo: O encontro do som com uma barreira produzindo reflexões múltiplas que, além de reforçar o som, prolongam-no durante algum tempo depois de cessada a emissão; ou reduzindo o nível interno de ruído, através de materiais acústicos empregados da forma correta e das formas arquitetônicas sensatas.

A maioria dos materiais tem propriedades acústicas como o ar, por exemplo, que propaga os sons. Uma parede de concreto apresenta um índice de redução sonora elevado, no entanto, possui elevados níveis de reflexão sonora. As espumas, lãs, tecidos e carpetes podem evitar a reflexão sonora, mas não isolam o som.

A absorção de materiais acústicos é um fenômeno fundamental na acústica arquitetônica e na engenharia de som, desempenhando um papel crucial no controle do ruído e na qualidade sonora de ambientes internos. Segundo Drummond (2010):

Praticamente todos os materiais existentes no mercado ou isolam ou absorvem ondas sonoras, embora com diferente eficácia. Aquele material que tem grande poder de isolamento acústico quase não tem poder de absorção acústica, e vice-versa. Alguns outros materiais têm baixo poder de isolamento acústico e também baixo poder de absorção acústica (como plásticos leves e impermeáveis), pois são de baixa densidade e não tem poros abertos. Espumas de polietileno (expandido ou extrudado) tem excelentes características de isolamento térmico, porém não são recomendados em acústica. A cortiça (muito utilizada no passado) já não apresenta os resultados acústicos desejados pelo consumidor da atualidade, e também apresenta problemas de higiene e deterioração (é um produto orgânico que se deteriora muito facilmente) (DRUMMOND, 2010, p. 6).

Desse modo, os materiais absorvem ou isolam as ondas sonoras. Sendo que o material com maior capacidade de isolamento acústico tem menor poder de absorção acústica e isso ocorre inversamente. Em alguns casos o material possui capacidade de isolamento e absorção acústica baixa, isso ocorre, pois a densidade do material pode ser menor e sem os poros abertos. Drummond (2010), ressalta que cada material tem um coeficiente de absorção e seu valor não é constante, pois varia com a frequência do som incidente.

O desenvolvimento de novos materiais acústicos busca eficiência aliada à sustentabilidade, explorando materiais reciclados e soluções de design inovadoras. Além disso, tecnologias avançadas como metamateriais acústicos e materiais inteligentes vêm sendo estudadas para oferecer controle sonoro mais preciso e adaptável a diferentes ambientes. A absorção acústica é, portanto, uma área de

grande importância para a engenharia e a arquitetura, influenciando diretamente o conforto sonoro e a qualidade de vida nos espaços construídos.

2.6 RUÍDO

Segundo Couto (2014), a diferença entre som e ruído é subjetiva pois depende da maneira como é percebido. O ruído é um som indesejado que pode causar desconforto, interferência na comunicação. Ele pode ser definido como qualquer som desagradável ou perturbador, variando de acordo com a sensibilidade de cada indivíduo. O ruído pode ser classificado de diversas formas, dependendo de sua origem, duração e frequência.

A intensidade do ruído é medida em decibéis (dB) e indica o volume do som. Quanto maior a intensidade, maior o impacto sonoro. Além disso, a frequência do ruído, expressa em Hertz (Hz), refere-se à tonalidade do som. Ruídos de baixa frequência são mais graves, enquanto os de alta frequência são mais agudos. Também é importante considerar a duração do ruído, que pode ser contínua, intermitente ou impulsiva.

O ruído pode ter origem natural, como trovão e vento forte, ou artificial, como trânsito, indústrias e máquinas. Para combater seus efeitos negativos, diversas medidas podem ser adotadas. O isolamento acústico, por exemplo, utiliza materiais absorventes de som, como espumas, mantas e painéis acústicos, para reduzir a propagação do ruído. Outra forma eficaz de controle é reduzir o ruído diretamente em sua origem, com a manutenção de máquinas e o uso de equipamentos silenciosos. De acordo com o estudo de Couto (2014), em um edifício, o ruído é transmitido pela sua estrutura e pelo ar antes de chegar ao ouvido humano que se distinguem três tipos de ruídos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Origem do ruído

TIPO DE RUÍDO	ORIGEM DO RUÍDO
Ruídos aéreos externos	São os ruídos provenientes do meio exterior, da rua, o tráfego urbano, uma fábrica, um aeroporto, as pessoas na rua.
Ruídos aéreos internos e ruídos de impacto	São constituídos principalmente da conversação, dos aparelhos de TV, dos aparelhos de som, eletrodoméstico em geral. Os ruídos de impacto são os ruídos de passos, de quedas de objetos.
Ruídos de equipamentos	São provenientes dos equipamentos de uso coletivo da edificação como bombas de recalque, ventilação mecânica, equipamentos de

	aquecimento de água, elevadores, tubulações em geral, porta de garagens de entrada dos edifícios
--	--

Fonte: Couto (2014)

A construção de barreiras físicas, como muros e cortinas acústicas, também ajuda a bloquear a propagação do som. Em ambientes de trabalho ruidosos, é essencial o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), como protetores auriculares, para preservar a audição. Além disso, regulamentações e políticas públicas desempenham um papel fundamental no controle do ruído, estabelecendo limites para os níveis sonoros em espaços urbanos e industriais. A conscientização da população sobre os impactos do ruído na saúde também é uma estratégia importante para reduzir a poluição sonora.

O combate ao ruído é essencial para melhorar a qualidade de vida e preservar a saúde auditiva da população. Medidas preventivas e corretivas devem ser adotadas em diversos setores para minimizar os impactos negativos causados pela exposição excessiva ao som indesejado.

2.7 PROJETO ACÚSTICO

Um projeto acústico necessita de um isolamento e uma absorção acústica com critérios bem definidos para atingir com eficácia o resultado final. Para tanto, o desempenho acústico leva em consideração os materiais que serão aplicados, a forma que são fixados, a posição deles, a fonte de ruído e facilidade de manutenção sem restringir a funcionalidade do recinto.

De acordo com Sampaio (2020), à tendência de crescimento populacional nas cidades, principalmente nos grandes centros, gera a necessidade de construções de moradias verticais multifamiliares. Essa densidade populacional potencializa grandes ruídos de trânsito e ruído de atividades potencialmente geradoras de incômodos causando conflitos quando aspectos como desempenho das edificações são relegados a segundo plano. Nesse sentido, com mais pessoas concentradas em espaços menores, surgem desafios relacionados à convivência, como o aumento dos ruídos urbanos. Esses ruídos provêm tanto do trânsito intenso quanto de outras atividades diárias que, em áreas densamente povoadas, podem se tornar fontes de incômodo.

Nesse viés, o projeto acústico visa garantir que os ambientes internos e externos possuam um conforto auditivo adequado. Esse projeto foca no planejamento e execução de solução para problemas com a propagação do som de modo que melhorem a qualidade sonora do ambiente.

Shin (2018), ressalta que em 2013 a norma NBR 15575, partes 3 (ABNT, 2013a) e 4 (ABNT, 2013b) apresentaram, pela primeira vez, requisitos para desempenho acústico. Embora esses requisitos sejam considerados de fácil atendimento se comparados aos requisitos de outros diversos países, a existência de uma norma com tais exigências foi um marco no mercado da acústica no país.

O estudo de Smith *et al* (Smith; Wood; Mackenzie, 2005) elenca potenciais fontes de ruído em edifícios residenciais e a faixa de frequência conforme o Quadro 1. Observa-se que nesse tipo de edifício os ruídos podem ser aéreos e de impacto em toda a faixa de frequência. Isso corrobora para que no momento de planejamento do projeto acústico esses ruídos sejam levados em considerações e as melhores técnicas sejam aplicadas.

Quadro 2 – Potenciais fontes de ruído em habitações

Potenciais fontes sonoras	Ruído aéreo	Ruído de impacto	Faixa de Frequência
Voz adulta e de adolescentes	X		Média a alta
TV	X		Média a alta
Portas fechando		X	Baixa a média
Rádio/Música	X	X	Todas
Equipamentos domésticos	X	X	Todas
Inserção de <i>plugs</i> nos soquetes		X	Baixa a média
Ligar e desligar interruptores		X	Média
Portas de armários fechado		X	Baixa média
Ruído de equipamentos (exemplo: queda de água em tubulações)	X		Todas
Passos		X	Baixa média
Crianças brincando	X	X	Todas
Trabalhos manuais (exemplo: artesanato)	X	X	Todas
Cachorro latindo	X		Baixa média

Fonte: SMITH; WOOD; MACKENZIE (2005).

Desse modo, o Quadro 2 demonstra que o projeto acústico visa impedir que esses ruídos causados por eletrodomésticos, animais e equipamentos afetem a qualidade sonora desse ambiente seja ele aberto ou fechado. O conforto acústico é um dos principais fatores que contribuem para a qualidade de vida em uma residência.

O excesso de ruído pode causar problemas e impactos negativos na saúde do ser humano. Por isso, a implementação de um projeto acústico eficiente é fundamental para garantir ambientes mais tranquilos e agradáveis.

Conforme a pesquisa de Smith, Wood e Mackenzie (2005), um bom projeto acústico visa minimizar a propagação de ruídos indesejados, tanto internos quanto externos. Para isso, são utilizados materiais e técnicas construtivas que ajudam no isolamento e na absorção sonora. Entre as principais soluções estão o uso de vidros duplos, portas e janelas com vedação adequada, pisos e revestimentos que reduzem impactos sonoros, além do correto dimensionamento das paredes e lajes para evitar a transmissão de ruídos entre os cômodos.

A adoção de um projeto acústico bem planejado não apenas contribui para um ambiente mais saudável e confortável, mas também valoriza o imóvel e previne conflitos causados pelo excesso de ruído. Portanto, ao construir ou reformar, considerar aspectos acústicos deve ser uma prioridade para garantir bem-estar e qualidade de vida para os moradores.

2.8 NBR 10.152 / 2017

A NBR 10.152 (2017), estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em ambiente internos e edificações bem como os valores de referência para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso do ambiente. Essa mesma norma avalia os ruídos em ambientes internos. De acordo com a Norma houve a necessidade de harmonizar os procedimentos técnicos a serem adotados nas seguintes aplicações:

- Medições dos níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, independentemente das fontes sonoras contribuintes;
- Determinação do nível sonoro representativo de um ambiente interno de uma edificação;
- Avaliação de um ambiente interno de uma edificação, em função de sua finalidade de uso, sem ocupação;
- Orientação à elaboração de projetos acústicos de ambientes internos de uma edificação.

Somado a isso, a norma estabelece:

- Procedimento para execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações;
- Procedimento para determinação do nível de pressão sonora representativo de um ambiente interno a uma edificação;
- procedimento e valores de referência para avaliação sonora de ambientes internos a edificações, em função de sua finalidade de uso;
- valores de referência de níveis de pressão sonora para estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações, em função de sua finalidade de uso.

A norma define níveis de pressão sonora recomendados para diferentes tipos de ambientes, levando em consideração a atividade realizada no local. Os valores são expressos em decibéis (dB(A)), que representam a percepção humana do som. O principal objetivo da NBR 10.152 é definir os limites de ruído máximos recomendados para diferentes tipos de ambientes, considerando o conforto acústico e a necessidade de reduzir a exposição prolongada a sons incômodos.

A norma classifica os ambientes internos em diferentes categorias e determina os valores máximos de pressão sonora recomendados, expressos em decibéis (dB(A)), unidade que representa a intensidade do som considerando a sensibilidade do ouvido humano.

A NBR 10.152 (2017), é fundamental para diversos setores da construção civil e arquitetura, garantindo que edificações sejam projetadas e construídas com isolamento acústico adequado. Seu cumprimento melhora significativamente a qualidade de vida dos ocupantes e assegura condições de trabalho e estudo mais confortáveis. Para fins de elaboração de estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações os valores de referência de níveis de pressão sonora, em função de sua finalidade de uso, são definidos pela NBR 10.152 (2017) e alguns deles estão estabelecidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RLAeq (dB)	RLASmax (dB)	RLNC
Salas de embarque e circulações	50	55	45
Consultórios	35	40	30

Salões de festa	40	45	35
Restaurantes	45	50	40
Cinemas	35	40	30
Salas de aula	35	40	30
Quartos individuais ou suítes	40	45	35
Dormitórios	35	40	30
Salas de estar	40	45	35

NOTA O valor de RLA_{eq} para dormitório é compatível a faixa estabelecida na ABNT NBR 10152:1987 e também para a condição de LA_{eq} de até 65 dB em áreas externas urbanas para o período diurno e 55 dB para o período noturno, estabelecida na ABNT NBR 10151:2000, considerado o desempenho mínimo previsto pela ABNT NBR 15575-4:2013 de 25 dB para isolamento de fachada em regiões Classe II.

Fonte: ABNT NBR 10.152

A aplicação da NBR 10.152 (2017) é essencial para projetos de arquitetura, engenharia e urbanismo, pois influencia a escolha de materiais de isolamento acústico, o posicionamento de equipamentos ruidosos e a distribuição dos espaços internos. Além disso, o cumprimento dessa norma contribui para a qualidade de vida e produtividade das pessoas.

A NBR 10.152 (2017) é fundamental para estabelecer diretrizes que garantam o conforto acústico em ambientes internos, proporcionando padrões que regulam os níveis de ruído em diferentes espaços. Ao definir procedimentos de medição e valores de referência, a norma possibilita a criação de locais mais silenciosos e adequados para diversas atividades, minimizando os efeitos negativos da poluição sonora. Sua aplicação é essencial para a arquitetura e engenharia, auxiliando na escolha de materiais e no planejamento de edificações que priorizem o bem-estar dos usuários. Dessa maneira, o cumprimento dessa norma contribui significativamente para a qualidade de vida, tornando os espaços internos mais agradáveis, funcionais e confortáveis.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

Para o desenvolvimento do estudo, optou-se por realizar pesquisa de natureza exploratório descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa. Segundo Gil (1999), considera que a pesquisa exploratória tem como objetivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Nesse sentido, a acústica na engenharia civil é uma área pouco explorada que merece mais trabalhos e avanços.

A pesquisa descritiva, por sua vez, tem como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 1999). O caráter quantitativo da pesquisa encontra-se conforme a investigação qualitativa emprega diferentes alegações de conhecimento, estratégias de investigação e métodos de coleta e análise de dados (CRESWELL, 2007, p. 184).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de investigar a importância dos benefícios da acústica na engenharia civil e compreender os problemas enfrentados pelas pessoas devido à falta de um planejamento acústico adequado nos ambientes. Para isso, a metodologia adotada envolveu duas etapas principais: uma pesquisa teórica sobre o tema e a aplicação de um questionário para coletar dados sobre a percepção das pessoas em relação aos problemas acústicos em seu dia a dia.

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica com o intuito de reunir informações sobre os conceitos fundamentais da acústica, suas aplicações na engenharia civil e os benefícios de um correto tratamento acústico nos espaços construídos. Foram consultados livros, artigos científicos, normas técnicas e publicações de órgãos especializados que abordam a influência do som nos ambientes internos e a importância de estratégias para controle do ruído.

A revisão teórica permitiu compreender os principais fatores que afetam a acústica dos ambientes, como a escolha de materiais de construção, o posicionamento de elementos arquitetônicos e a presença de barreiras acústicas.

Além disso, foram analisadas as normas regulamentadoras, como no caso da NBR 10.152 (2017) que estabelece critérios para o conforto acústico em edificações, garantindo um ambiente adequado para seus usuários.

E a segunda etapa se deu com a pesquisa de campo, na qual foi aplicado um questionário contendo 13 perguntas e aplicado com professores e acadêmicos de uma Instituição de Ensino Superior do município de Itaituba no estado do Pará.

Segundo Teixeira (2011), pesquisas de campo permitem uma análise detalhada de fenômenos dentro de seu contexto real, tornando possível compreender padrões e desafios enfrentados pelos participantes. Para isso, foram aplicados questionários estruturados, compostos por 10 perguntas fechadas, visando garantir uma coleta objetiva e sistematizada das informações.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

A aplicação da pesquisa foi realizada de forma *online* através de mensagens de WhatsApp para os alunos e professores da Instituição de Ensino Superior em Itaituba, permitindo alcançar um número significativo de participantes e coletar uma amostra diversificada de respostas. Os dados foram compilados e organizados em categorias para facilitar a análise e interpretação dos resultados, garantindo uma visão ampla sobre os desafios enfrentados pelos indivíduos devido à falta de um planejamento acústico adequado

3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

O instrumento de coleta de dados utilizado neste estudo foi realizado pela transmissão de formulário contendo 12 questões, mesclando perguntas objetivas e subjetivas via plataforma *Google Forms*, através do WhatsApp, uma ferramenta online que permitiu a aplicação de questionários tanto com perguntas objetivas quanto subjetivas, no mês de fevereiro no período de 28 de fevereiro à 03 de março de 2025.

As perguntas objetivas foram formuladas para obter respostas diretas e quantificáveis sobre a percepção dos participantes em relação ao ruído externo e interno, enquanto as perguntas subjetivas buscaram explorar a opinião pessoal e as sensações individuais de cada participante sobre o impacto do som em seu ambiente.

A combinação desses tipos de perguntas possibilitou uma análise detalhada das opiniões e experiências dos participantes, oferecendo uma compreensão abrangente sobre a influência do ruído no contexto estudado.

3.4 SELEÇÃO DO PARTICIPANTE

A pesquisa foi aplicada com os acadêmicos dos Cursos de Ciências Contábeis e Engenharia Civil da Instituição de Ensino Superior no mês de fevereiro de 2025, perfazendo um total de 83 acadêmicos.

3.5 COLETA DE DADOS

Após a coleta das respostas, os dados foram analisados qualitativamente e quantitativamente. A análise qualitativa focou nas percepções dos participantes e em seus relatos sobre os impactos dos problemas acústicos no cotidiano, enquanto a análise quantitativa permitiu identificar padrões e tendências comuns entre os respondentes. Essa abordagem possibilitou uma melhor compreensão da realidade enfrentada pelas pessoas e a relação entre as condições acústicas e o conforto do ambiente.

Com base nas informações obtidas na pesquisa teórica, passou-se à segunda etapa do estudo, que consistiu na elaboração e aplicação de um questionário. O objetivo dessa etapa foi coletar dados sobre os problemas acústicos enfrentados pelas pessoas no ambiente acadêmico. O questionário foi estruturado com perguntas objetivas e subjetivas para obter informações detalhadas sobre a percepção dos participantes em relação à qualidade acústica dos espaços que frequentados na universidade. As perguntas abordaram aspectos como intensidade do ruído externo e interno, incômodos causados por sons indesejados, impacto na produtividade e no bem-estar, além de possíveis soluções adotadas para minimizar os problemas.

Por fim, os resultados obtidos foram comparados com as informações levantadas na revisão teórica, permitindo avaliar a aplicação prática dos conceitos acústicos na engenharia civil e identificar possíveis soluções para mitigar os problemas acústicos nos ambientes construídos. Dessa forma, o estudo contribui para a conscientização sobre a importância do planejamento acústico e destaca a

necessidade de medidas eficazes para garantir maior conforto e qualidade de vida aos usuários dos espaços urbanos.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Nesta seção, são apresentados e analisados os principais resultados obtidos ao longo do estudo. A análise dos dados busca compreender a percepção dos entrevistados na pesquisa acerca do entendimento sobre a acústica, comparando-os com o que foi pesquisado no referencial teórico. Inicialmente, são expostos os dados coletados, seguidos por uma interpretação detalhada de cada conjunto de informações. Além disso, discute-se a relevância dos resultados no contexto da pesquisa, identificando possíveis causas e a percepção acerca do assunto.

O questionário inicia com a pergunta que classifica os entrevistados da Instituição de Ensino Superior, o resultado pode ser observado na Gráfico 1.



Gráfico 1 – Classificação dos participantes da pesquisa. Fonte: Autor (2025)

A primeira pergunta do questionário delimita os participantes da pesquisa. O que pode se observar no Gráfico 1 é que 100% (n= 83) são estudantes da Instituição de Ensino Superior.

Em seguida a pesquisa delimitou uma pergunta para quem respondeu que é estudante. Para identificar os estudantes de quais cursos da Instituição de Ensino Superior participarão na pesquisa.

Contagem de Se estudante, qual é o seu curso e o período?

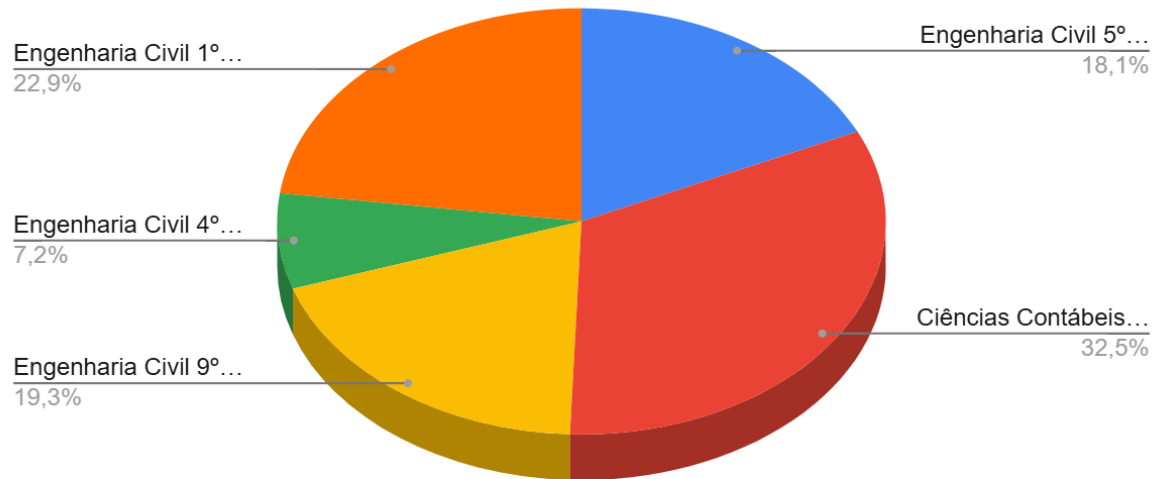


Gráfico 2 – Cursos dos participantes da pesquisa. Fonte: Autor (2025).

O Gráfico 2 apresenta que a pesquisa foi respondida predominantemente por acadêmicos do curso de Engenharia Civil, sendo representado por 67,5% (n=56) e por acadêmicos de Ciências Contábeis do 7º período representados por 32,5% (n=27). Dentre os acadêmicos de Engenharia Civil temos representados por 22,9% (n=19) os estudantes do 1º período. OS acadêmicos do 4º período de Engenharia Civil, representam um total de 7,2% (n=6), já os acadêmicos do 5º período de Engenharia Civil totalizaram 18,1% (n=15), e por fim, os acadêmicos do 9º período de Engenharia Civil, representaram um total de 19,3% (n=16).

Faixa Etária

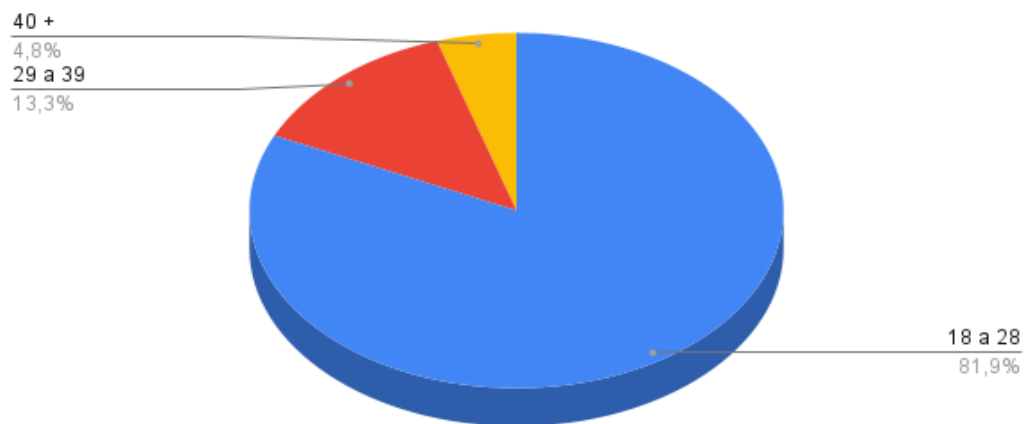


Gráfico 3 – Faixa Etária. Fonte: Autor (2025).

O Gráfico 3 classifica a faixa etária dos participantes, sendo que 81,9% (oitenta e um virgula noventa por cento) tem a idade de 18 a 28 anos. 13,3 (treze virgula trinta por cento) dos participantes tem a idade de 29 a 39 anos. E 4,8% (quatro virgula de oito por cento) dos participantes tem mais de 40 anos.

Percepção dos Ruídos Excessivos em Sala de Aula.

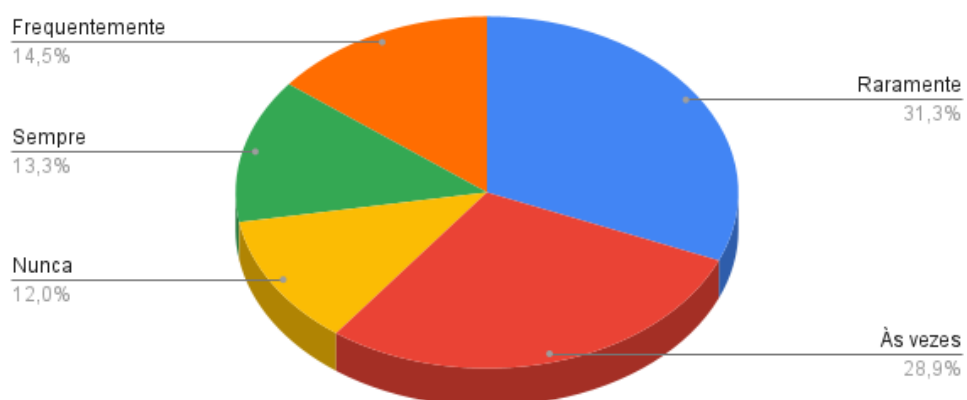


Gráfico 4 – Percepção dos Ruídos Excessivos em Sala de Aula. Fonte: Autor (2025)

O Gráfico 4 demonstra o quanto que os ruídos excessivos nas salas de aula durante as aulas e atividades são perceptíveis para os estudantes. 31,3% (trinta e um

virgula três por cento) dos participantes responderam que raramente percebe os ruídos excessivos em sala de aula. Já 28,9% (vinte e oito virgula nove por cento) responderam que as vezes. 14,5% (quatorze virgula cinco por cento) percebe que frequentemente escuta ruídos excessivos na sala de aula. 13,3% (treze virgula três por cento) responderam que sempre percebe ruídos excessivos em sala de aula. E 12% (doze por cento) nunca perceberam ruídos excessivos em sala de aula.

Segundo Bistafa, o ruído pode ser definido como um som sem harmonia e que no geral tem uma conotação negativa, o que, corrobora para que muitas pessoas escutam ruídos na sala de aula e outras nem percebem esses ruídos. 13,3% (treze virgula três por cento) responderam que sempre percebe ruídos excessivos em sala de aula. E 12% (doze por cento) nunca perceberam ruídos excessivos em sala de aula.

Por fim, para Catai, Penteado e Dalbello (2006) é importante ressaltar que um som pode ser indesejável para um indivíduo, mas não para outro. Desse modo, a percepção dos ruídos pode variar de pessoa para pessoa, pois, como visto na pesquisa nem todos perceberam ruídos excessivos em sala de aula.

Interferência do Ruído Externo na Concentração em Sala de Aula.

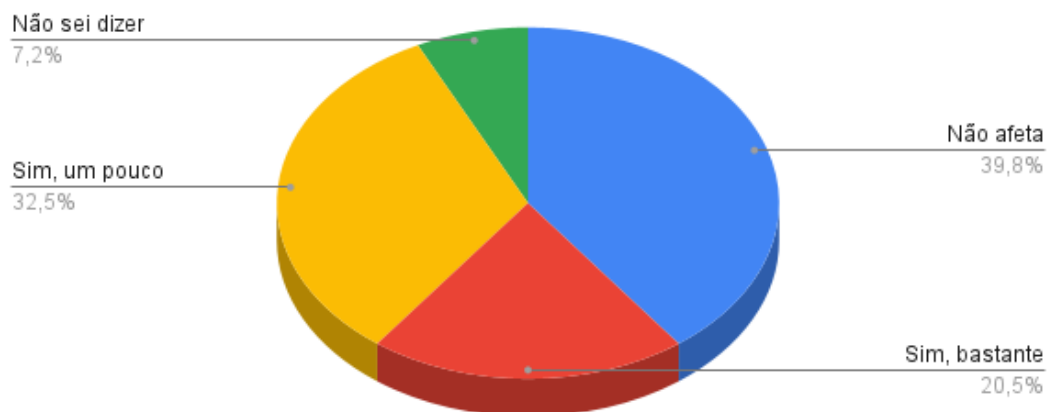


Gráfico 5 – Interferência de Ruído Externo na Concentração em Sala de Aula. Fonte: Autor (2025).

O Gráfico 5 observa a interferência de ruído externo, nos ambientes da faculdade e como afeta sua concentração e aprendizado nas aulas. 39,8 (trinta e nove

virgula oito por cento) responderam que o ruído externo não afeta na concentração na sala de aula. 32,5% (trinta e dois virgula e cinco por cento) responderam que o ruído externo interfere sim, um pouco na concentração em sala de aula, já, 20,5 (vinte virgula cinco por cento) responderam que sim, bastante o ruído externo interferência. Já 7,2% (sete virgula dois por cento) responderam que não sabe dizer se o ruído externo afeta a concentração.

De acordo com Silvio Anunciação (2014), uma pesquisa da UNICAMP revelou que cerca de 60% dos participantes da pesquisa afirmaram que o ruído na escola “atrapalha a fazer a lição”, pois interfere na atenção e concentração. Assim como o resultado do gráfico 5 que demonstrou que mais da metade dos entrevistados responderam que os ruídos atrapalham na concentração em sala de aula.

O Gráfico 6 apresenta as respostas de quais prejuízos são causados durante as atividades acadêmicas por causa dos ruídos.

Prejuízos Causados nas Atividades Acadêmicas em Decorência dos Ruídos.

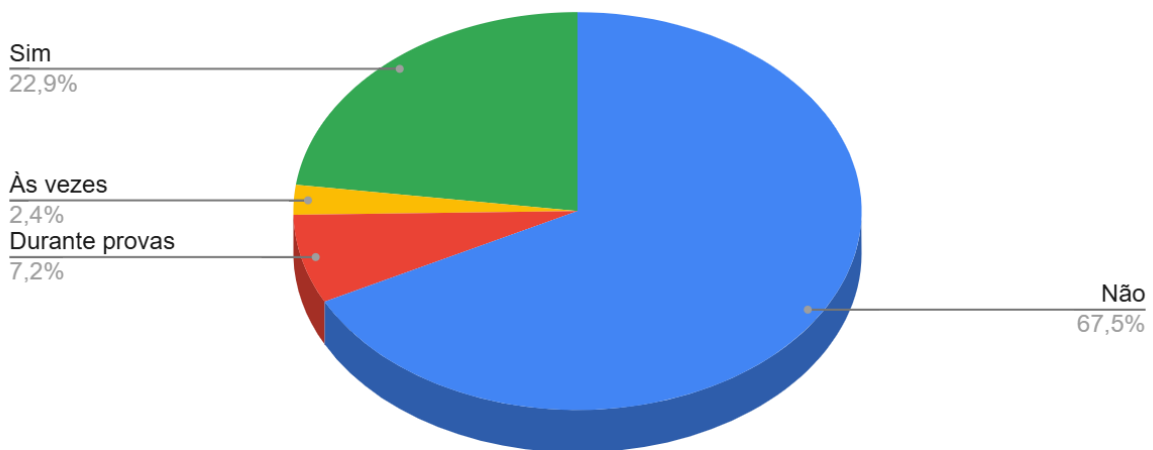


Gráfico 6 – Prejuízos causados por Ruído Externo na Concentração em Sala de Aula. Fonte: Autor (2025).

Desse modo, o Gráfico 6 observa-se que 67,5% (n=56) (sessenta e sete virgula cinco por cento) responderam que não foram prejudicados por causa dos ruídos durante as atividades acadêmicas. E alguns responderam que o ruído atrapalhou durante a realização das provas correspondendo a 7,2% (n=6) (sete virgula dois por cento). 2,4% (n=2) (dois virgula quatro por cento) responderam que às vezes se

sentem prejudicados com relação a concentração em sala de aula, em decorrência dos ruídos e 22,9% (n=19) (vinte e dois virgula nove por cento) disseram que se sentem prejudicados com o ruído externo. Anunciação (2014) aponta que uma pesquisa da UNICAMP envolvendo cerca de 700 estudantes entre 6 e 14 anos, de escolas municipais, estaduais e particulares de Campinas, demonstrou que mais de 70% deles estão insatisfeitos com o nível de ruído em sala de aula.

A pesquisa realizada pela UNICAMP revela uma preocupação significativa com o nível de ruído nas salas de aula, afetando a experiência de aprendizado. O fato de mais de 70% dos estudantes entrevistados demonstrarem insatisfação indica que a poluição sonora é um problema real no ambiente escolar. O excesso de ruído pode prejudicar a concentração, dificultar a compreensão dos conteúdos e até gerar estresse e cansaço nos alunos, comprometendo seu desempenho acadêmico e bem-estar geral.

Além disso, esse dado sugere a necessidade de repensar o planejamento acústico nas salas de aulas para reduzir os impactos do ruído na aprendizagem. Conforme o gráfico 6 a percepção dos alunos em relação ao impacto do ruído durante a realização de provas é que prejudica muito. Enquanto muitos afirmam que o barulho interfere negativamente em sua concentração e desempenho, alguns relatam que não são afetados por ele. Essa diferença pode estar relacionada a fatores individuais, como nível de concentração, tolerância ao som e hábitos de estudo. Além disso, pode indicar que certas pessoas possuem maior capacidade de adaptação a ambientes ruidosos, enquanto outras necessitam de um ambiente mais silencioso para obter um melhor rendimento acadêmico.

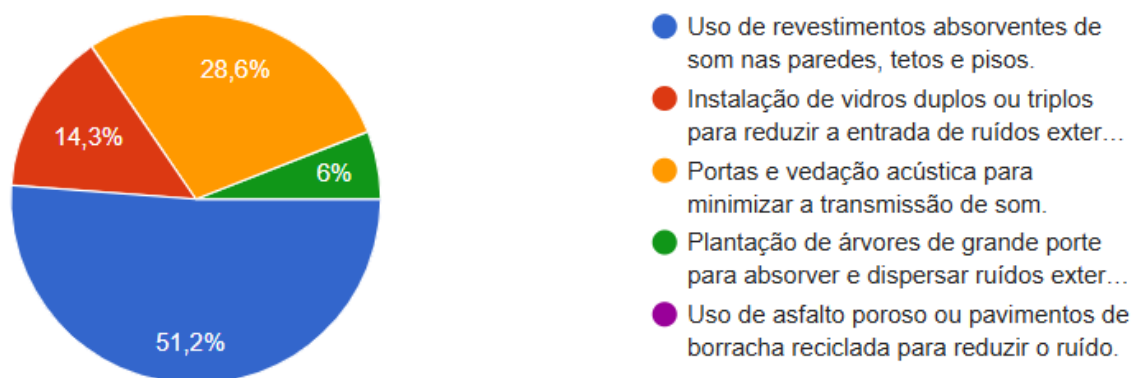


Gráfico 7 – Minimização dos efeitos dos ruídos externos na faculdade. Fonte: Autor (2025).

No Gráfico 7 observa-se que 51,2% (n=43) (cinquenta e um virgula dois por cento) dos participantes acreditam que o uso de revestimentos minimizaria os efeitos dos ruídos externos. Já 28,6% (n=24) (vinte e oito virgula seis por cento) dos participantes responderam que portas e vedação podem diminuir os efeitos dos ruídos externos. 14,3% (n=12) (quatorze virgula três por cento) responderam que instalação de vidros poderiam minimizar os ruídos. E em relação a plantação de árvores, apenas 6% (n=5) (seis por cento) responderam que poderiam minimizar os efeitos dos ruídos externos.

Segundo Vianna e Ramos (2005), só existe conforto quando há um mínimo de esforço fisiológico em relação ao som (e a luz, ao calor e à ventilação) para a realização de uma determinada tarefa. Desse modo, a minimização dos efeitos dos ruídos depende da utilização de materiais para que o isolamento acústico tenha um funcionamento satisfatório de modo que alcance o conforto aos ouvidos.

A percepção dos ruídos excessivos em sala de aula tem gerado diferentes opiniões entre estudantes e professores. Por um lado, os resultados positivos mostram que alguns alunos, mesmo em ambientes com ruído, se adaptam rapidamente, mantendo seu foco nas atividades. Há também uma percepção de que os ruídos não afetam diretamente a aprendizagem de todos. No entanto, a maior parte dos resultados da pesquisa aponta os efeitos negativos dos ruídos excessivos, como a diminuição da capacidade de concentração. Além disso, a percepção dos ruídos pode variar de acordo com a sensibilidade do indivíduo, o que torna mais difícil uma avaliação generalizada dos efeitos.

Ruídos externos são uma das principais fontes de distração em ambientes educacionais. Em termos positivos, a interferência de ruídos externos pode ser considerada mínima em áreas mais isoladas com um bom controle acústico. No entanto, os resultados negativos indicam que ruídos provenientes fatores externos podem afetar substancialmente a concentração dos alunos.

A minimização dos efeitos dos ruídos externos nas faculdades é essencial para promover um ambiente propício ao aprendizado. Do ponto de vista positivo da pesquisa, diversas estratégias, como instalações de vidros, uso de revestimentos, portas e vedações, têm mostrado resultados eficazes na redução dos impactos negativos. Essas iniciativas proporcionam ambientes mais tranquilos, contribuindo

para o aumento da concentração e do desempenho acadêmico. A ausência de uma gestão adequada do ruído resulta em um ambiente de aprendizado comprometido, o que pode gerar insatisfação e até evasão escolar por parte dos alunos

A pesquisa revelou que existem sim ruídos internos e externos na Instituição de Ensino Superior. Alguns alunos e professores demonstraram que esses ruídos atrapalham o ambiente de sala de aula. Desse modo, os resultados da pesquisa em conjunto com o referencial teórico corroboram para que o estudo acústico no projeto de construção é importante para minimizar problemas e incômodos futuros.

4.2 SUGESTÃO DE MELHORIA

Mediante a apresentação dos resultados da pesquisa, pode-se sugerir intervenções de melhorias para obter o conforto acústico em salas com alto índice de ruídos, sendo essencial adotar estratégias que reduzam a reverberação do som e isolem a sala de fontes externas de barulho.

Exemplos de que tratamento acústico interno são:

- Painéis acústicos: Instalar placas de espuma, lã de rocha ou painéis de madeira perfurada com material absorvente ajuda a reduzir a reverberação.
- Forro acústico: Teto com placas de gesso acartonado ou lã mineral melhora significativamente a absorção sonora.
- Cortinas e tapetes: Materiais têxteis espessos absorvem parte do som e reduzem ecos.
- Móveis e estantes: Estantes com livros, sofás e outros objetos ajudam a "quebrar" o som.

Já para o isolamento acústico, as estratégias adotadas devem ser:

- Portas e janelas acústicas: Vedação com borracha ou uso de vidro duplo ajuda a bloquear ruídos externos.
- Vedação de frestas: Usar borrachas de vedação em portas e janelas para evitar a entrada de som.
- Paredes duplas ou drywall com lã de vidro: Aumentam a barreira contra ruídos externos.

Por fim, o uso de tecnologias complementares ajuda na qualidade acústica, alguns exemplos são:

- Sistemas de mascaramento sonoro: Em locais de trabalho, sons brancos ou naturais podem reduzir a percepção de ruídos incômodos.
- Equipamentos silenciosos: Trocar aparelhos barulhentos por versões de menor emissão sonora.

5 CONCLUSÃO

A acústica na construção civil é um aspecto essencial para garantir conforto e funcionalidade nos mais diversos tipos de edificações. O controle adequado do som nos ambientes influencia diretamente a qualidade de vida das pessoas, reduzindo o impacto da poluição sonora e proporcionando espaços mais agradáveis para convívio, trabalho e descanso. Ignorar a acústica em projetos arquitetônicos pode resultar em desconforto, estresse e até mesmo impactos negativos na saúde, como problemas de concentração e distúrbios do sono.

Ruídos de trânsito, obras, indústrias e até mesmo vizinhos podem comprometer a qualidade de vida. A acústica é particularmente importante em espaços como hospitais e escolas, onde o conforto sonoro influencia diretamente a recuperação dos pacientes e o aprendizado dos alunos. Em salas de aula a acústica contribui para a concentração dos alunos e a inteligibilidade da fala dos professores, tornando o ensino mais eficiente.

Este trabalho demonstrou de forma clara e positiva os principais benefícios da acústica para a engenharia civil, evidenciando como o controle adequado do som pode melhorar significativamente a qualidade de vida dos ocupantes e a funcionalidade dos espaços construídos. A aplicação dos conhecimentos acústicos contribui para a criação de ambientes mais confortáveis, eficientes e seguros, atendendo às necessidades de conforto acústico e de desempenho nas construções como foi evidenciado no trabalho. Dessa forma, a integração da acústica no planejamento e no projeto de obras se mostra essencial para a evolução da engenharia civil, oferecendo soluções sustentáveis e inovadoras para os desafios do setor.

Diante da análise realizada, os objetivos secundários do trabalho foram alcançados de modo que conseguiu abordar os conceitos fundamentais da acústica e seus principais componentes, proporcionando uma compreensão clara sobre a importância de uma acústica de qualidade e os benefícios que ela pode oferecer. Além disso, foram identificadas as melhores técnicas para alcançar um desempenho acústico eficiente, evidenciando a relevância do controle sonoro na engenharia civil. Assim, o estudo reforça a necessidade de aplicar estratégias acústicas adequadas para garantir conforto, funcionalidade e sustentabilidade nas construções.

Conclui-se que a acústica desempenha um papel essencial na engenharia civil, proporcionando conforto, privacidade e qualidade de vida aos usuários das edificações. O controle adequado do som reduz a poluição sonora, melhora a comunicação em espaços públicos e privados e contribui para ambientes mais produtivos e saudáveis. Além disso, soluções acústicas bem planejadas valorizam os imóveis e atendem às normas de bem-estar e segurança. Tecnologias inovadoras e materiais sustentáveis estão tornando os projetos mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Assim, investir em acústica na construção civil é garantir edificações mais funcionais, confortáveis e adequadas às necessidades modernas da sociedade.

Portanto, para melhorar o conforto acústico de uma sala de aula da Instituição de Ensino Superior a qual realizou-se a pesquisa, seria necessário combinar isolamento acústico e tratamento acústico, sendo que, em se tratando do Isolamento acústico, o qual reduziria a entrada de ruídos externos, seria necessário utilizar janelas de vidro duplo, portas com vedação, paredes reforçadas com drywall e lã de rocha, e vedação de frestas. Já com relação ao tratamento acústico, o qual evita ecos e melhora a inteligibilidade da fala, é necessário aplicar painéis acústicos nas paredes, forro de gesso com lã mineral, cortinas grossas e piso vinílico ou carpete para absorver o som.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10.152. **Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.** 2017

BERTOLI, Stelamaris Rolla. RUSCHEL, Regina C. **Qualidade Acústica do Ambiente Construído.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 5, n. 2, p.5-6, jul./dez. 2014.

BRASIL. - Norma Regulamentadora NR-15 do Ministério do Trabalho. **Manuais de Legislação.** Atlas Segurança e Medicina do Trabalho. 39a. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

CATAI, Rodrigo E.; DALBELLO, Paula F.; PENTEADO, André Padilha. **Materiais, Técnicas e Processos para Isolamento Acústico.** 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de novembro de 2006, p. 4206. Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

COUTO, Fernando Mendes Graça. **Aplicação de Procedimento para Análise do Desempenho Acústico de Pisos em Unidade Habitacional Multifamiliar com Base na NBR 15.575/2013.** UFRJ. Rio de Janeiro. 2014.

DRUMMOND, Cláudia Bittencourt Nassif. **Acústica na Construção Civil.** Universidade Federal de Minas – UFMG. Belo Horizonte. Março. 2010

EVEREST, F. **Master Handbook of Acoustics.** McGraw-Hill Inc. 2001.

FARIA, Paulo Henrique de. **Tratamento Acústico na Construção Civil.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Agosto. 2013.

FENGLER, Bárbara; ROCHA, Raquel Rossatto; GINER, José Carlos; SOWNY, Daniel Setrak. **Norma de desempenho: a necessidade de revisão dos requisitos de desempenho acústico.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. Anais [...]. [S. l.], 2023. p. 1–9. DOI: 10.46421/encac.v17i1.4051. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4051>. Acesso em: 24 fev. 2025

GERGES, S. Ruído: **Fundamentos e controle.** Florianópolis: NR Editora. 2000.

KINSLER, L et al. **Fundamental of Acoustics.** John Wiley & Sons. 1982.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de Física:** gravitação, ondas e termodinâmica. 4 ed. LTC, vol. 2, 1996.

LONG, Marshall. **Architectural Acoustics.** 2. ed. LONDON: Elsevier Inc, 2014.

LOSSO, Marco; VIVEIROS, Elvira. **Gesso Acartonado e Isolamento Acústico:** Teoria Versus Prática no Brasil. 18-21 julho 2004, São Paulo. ISBN 85-89478-08-4.

MATIAS, Mariane. **História da acústica**. 2016. Disponível em: <https://ensaiosflutuantes.wordpress.com/2016/04/04/historia-da-acustica/>. Acessado em 20 set. 2024.

MOREIRA KARINA M. C. **Avaliação de propriedades fono-absorventes de materiais para painéis de revestimento**. Belo Horizonte, 2009.

NERBAS, P. F. **Estudo Arquitetônico para Gestores Imobiliários**. Curitiba, IESDE, 2009.

SAMPAIO, Daniel Leite. **A importância do projeto acústico compatibilizado ao projeto arquitetônico nas edificações residenciais**. 2020. Disponível em: <https://portalacustica.info/projeto-acustico-compatibilizado-ao-projeto-arquitetonico/>. Acessado em 23 fev. 2025.

SHIN, H; B. **Norma de desempenho NBR 15575**: Estudo das práticas adotadas por construtoras e dos impactos ocorridos no mercado da construção civil, Escola Politécnica UFRJ, 2018.

SMITH, S.; WOOD, J.; MACKENZIE, R. **A guide for housing and sound insulation**. 2005.

SOUZA LÉA C. L.; MANUELA G. ALMEIDA; LUÍZ BRAGANÇA. **Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica**. 4ª reimpressão. São Carlos-SP: Edufscar, 2012.

TEIXEIRA, Elisabeth. **As três metodologias**: acadêmica, das ciências e da pesquisa. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Termo De Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

O objetivo desta pesquisa é identificar e descrever quais são os principais benéficos da acústica para a engenharia civil, bem como abordar os conceitos da acústica e seus componentes, compreender os benefícios que uma acústica de qualidade pode proporcionar. Você tem o direito de não participar deste estudo. Estamos coletando informações para a pesquisa de TCC do curso de engenharia civil da Faculdade de Itaituba. Se você não quiser participar do estudo, isto não irá interferir na sua vida profissional/estudantil.

Se você decidir integrar este estudo, você participará respondendo um questionário e utilizaremos os dados no nosso trabalho final como parte do objeto de pesquisa.

Sua participação ajudará a obter dados para a pesquisa, mas não será, necessariamente, para seu benefício direto. Entretanto, fazendo parte deste estudo você fornecerá mais informações para a construção de dados do TCC.

Seu nome não aparecerá nas descrições da pesquisa, bem como em nenhum formulário a ser preenchido por nós. Nenhuma publicação partindo destas entrevistas revelará os nomes de quaisquer participantes da pesquisa. Sem seu consentimento escrito, os pesquisadores não divulgarão nenhum dado de pesquisa no qual você seja identificado.

Esta pesquisa está sendo realizada no Google Forms. Possui vínculo com a Faculdade de Itaituba – FAI, sendo o acadêmico do curso de bacharelado em Engenharia Civil, Edencilas Guimarães Quemel o pesquisador principal, sob a orientação do Professor Wesley Aguiar Pinto. O investigador está disponível para responder a qualquer dúvida que você tenha. Caso seja necessário, contate o e-mail: edencilas.quemel1@gmail.com ou no telefone (93) 99131-6265.

Eu concordo em participar deste estudo.

Eu não concordo em participar deste estudo.

APÊNDICE B – Questionário da pesquisa

- 1 Você é estudante ou professor da universidade?
- 2 Se acadêmico, diga qual seu curso e período.
- 3 Qual sua faixa etária?
- 4 Em quais espaços da faculdade você passa mais tempo? (Sala de aula, biblioteca, auditório, laboratório, área de convivência, etc.)
- 5 Você percebe ruídos excessivos nas salas de aula durante as aulas? (Nunca, raramente, às vezes, frequentemente, sempre)
- 6 O nível de ruído nos ambientes da faculdade afeta sua concentração e aprendizado? (Sim, bastante / Sim, um pouco / Não afeta / Não sei dizer)
- 7 O ruído excessivo já prejudicou seu desempenho acadêmico ou profissional na universidade?
- 8 De que forma os ruídos externos impactam sua concentração e desempenho acadêmico ou profissional dentro da faculdade?
- 9 Você já passou por alguma situação específica em que o ruído externo tenha prejudicado significativamente suas atividades acadêmicas? Se sim, poderia descrever?
- 10 Na sua opinião, qual dessas características arquitetônicas e urbanísticas poderiam ser implementadas para minimizar os efeitos da poluição sonora na faculdade?
- 11 Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a qualidade acústica das salas de aula da faculdade? 1 significa 'muito ruim' e 5 'Excelente'.
- 12 Como você percebe a relação entre o planejamento urbano ao redor das instituições de ensino e os níveis de ruído no ambiente acadêmico?
- 13 Quais medidas você acredita que a própria comunidade acadêmica (alunos, professores e gestão) poderia adotar para mitigar os impactos da poluição sonora no dia a dia?