

ESTUDO DE ACÚSTICA DAS EDIFICAÇÕES: REVISÃO DOS CONCEITOS, NORMAS E DESAFIOS PARA MATERIAIS SUSTENTÁVEIS ODS (12.5)

Raul de Souza Brandão (IFES – Campus Cachoeiro de Itapemirim)

Edson Siqueira Nunes (IFES – Campus Aracruz)

José Augusto Pedro lima (UENF – Universidade Estadual Norte Fluminense)

Ramon Fernandes de Abreu (UENF – Universidade Estadual Norte Fluminense)

Valber Domingos Pinheiro (UENF – Universidade Estadual Norte Fluminense)

Jonas Alexandre (UENF – Universidade Estadual Norte Fluminense)

Resumo

Este documento aborda a acústica das edificações, explorando conceitos fundamentais, normas relevantes e a importância de considerar a qualidade acústica desde as fases iniciais do projeto até a ocupação dos espaços construídos. Os conceitos discutidos incluem princípios básicos da acústica, como a propagação do som, isolamento e absorção acústica, e a distinção entre ruído e som. Esses conceitos servirão como base para compreender os desafios e estratégias subsequentes. Serão apresentadas as principais normas e regulamentos nacionais e internacionais relacionados à acústica das edificações, destacando sua importância na garantia da qualidade acústica e na proteção dos ocupantes dos espaços construídos com abordagens sustentáveis. Além disso, abordaremos os impactos do ruído indesejado na saúde e no bem-estar das pessoas, enfatizando a importância de projetar espaços acusticamente adequados para promover conforto, privacidade, produtividade e qualidade de vida. Em relação às estratégias de projeto, serão discutidas as mais relevantes para controlar e melhorar a qualidade acústica das edificações, como técnicas de isolamento acústico, planejamento de *layout*, controle de ruídos internos e uso de elementos de absorção sonora. Em seguida, exploraremos os desafios enfrentados, como urbanização, adoção de novos materiais e demandas dos ocupantes, e destacaremos tendências emergentes, como o uso de tecnologias avançadas, desenvolvimento de materiais inovadores e integração com outras disciplinas de projeto. Nas considerações finais e perspectivas futuras, apresentaremos conclusões sobre a importância da acústica das edificações e a necessidade contínua de criar espaços acusticamente confortáveis e funcionais. Discutiremos também perspectivas futuras, como o desenvolvimento de normas mais rigorosas, avanços em materiais e tecnologias, integração de soluções inteligentes e pesquisa contínua. Em resumo, este documento destaca a relevância da acústica das edificações como parte fundamental do planejamento e construção de ambientes habitáveis. Compreender os conceitos, normas, estratégias e tendências recentes na área é essencial para criar espaços que proporcionem conforto e qualidade sonora aos ocupantes das edificações modernas com abordagens sustentáveis.

Palavras-chave: Edificações modernas. Tratamento acústico. Materiais sustentáveis. Normas e Desafios.

Introdução

A acústica das edificações desempenha um papel crucial no conforto e bem-estar dos ocupantes, além de ser um fator determinante para a qualidade do ambiente construído. Compreender os conceitos, normas e a importância da acústica são essenciais para garantir espaços livres de ruídos indesejáveis e proporcionar um ambiente propício para as atividades desempenhadas no interior das edificações.

De acordo com Silva (2018), a acústica das edificações é o ramo da física que estuda o comportamento do som nos ambientes construídos e suas interações com os materiais, elementos arquitetônicos e sistemas de isolamento acústico. É através do estudo da acústica que podemos compreender como o som se propaga nos espaços, quais as influências dos materiais de construção e como os ruídos podem ser controlados.

Normas técnicas desempenham um papel fundamental na área da acústica das edificações. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 10152 estabelece os critérios e procedimentos para a avaliação do ruído em ambientes internos e o limite de ruído para diversos tipos de atividades. A NBR 15575, por sua vez, trata do desempenho acústico das edificações habitacionais, estabelecendo requisitos mínimos de isolamento acústico entre os espaços para ruídos aéreos e o de impacto.

A importância da acústica das edificações vai além do conforto auditivo. Segundo Gonçalves (2016), um ambiente acusticamente adequado contribui para a concentração, produtividade e saúde dos ocupantes. Em locais como escolas, hospitais e escritórios, onde a concentração é essencial, o controle do ruído é crucial para garantir um ambiente propício para o aprendizado, recuperação e trabalho.

Portanto, compreender os conceitos, normas e a importância da acústica das edificações é fundamental para projetar, construir e ocupar espaços que atendam às necessidades dos seus usuários.

Ao longo deste documento, serão abordados os principais conceitos relacionados à acústica das edificações, bem como as normas técnicas que regem a área e a importância de considerar a acústica desde as fases iniciais de projeto até a ocupação das edificações, bem como demonstrar os desafios e pesquisas atuais pertinentes ao assunto.

Revisão da Literatura

A acústica das edificações engloba um conjunto de conceitos fundamentais para compreender como o som se comporta nos ambientes construídos e como é possível controlar e minimizar os ruídos indesejáveis.

O SOM

Para compreender a acústica em edificações, é crucial possuir um conhecimento sólido sobre o conceito de som e sua propagação no ambiente. Como enfatizado por Silva (2018), o som é definido como uma onda mecânica que se dissemina por meio de compressões e rarefações das partículas do ar ou de outros meios. Essas ondas sonoras são originadas por uma fonte sonora (a causa) e irradiam em todas as direções a partir dela (o efeito). É fundamental salientar que o som necessita de um meio físico para se propagar, estabelecendo um trajeto entre sua origem e seu destino. Esse meio pode ser sólido, líquido ou gasoso.

É fundamental ressaltar que o som se propaga de maneira distinta nos diversos materiais. De acordo com Gonçalves (2016), a velocidade de propagação do som varia em função das características do meio, tais como densidade e elasticidade.

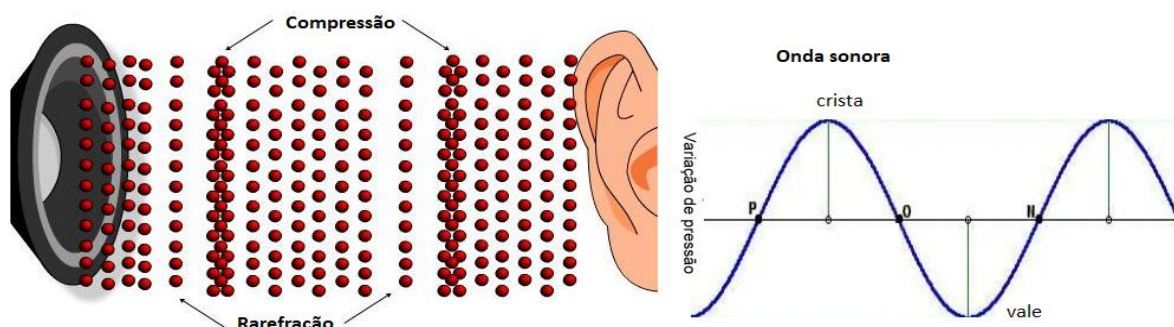
Cada material apresenta uma densidade específica, que se refere à quantidade de massa por unidade de volume. Além disso, a elasticidade do material determina sua capacidade de retornar à forma original após sofrer deformação. Essas propriedades influenciam diretamente a velocidade de propagação do som.

De maneira geral, nos sólidos, onde a densidade é maior e a elasticidade é elevada, o som se desloca com maior velocidade. Nos líquidos, a densidade é menor e a elasticidade é reduzida em comparação com os sólidos, o que resulta em uma velocidade de propagação intermediária. Por outro lado, nos gases, onde a densidade é menor e a elasticidade é ainda mais baixa, a velocidade de propagação do som é a menor em relação aos sólidos e líquidos.

Ao compreender essas características, torna-se viável conduzir estudos e desenvolver sistemas acústicos eficazes, contribuindo para um controle mais eficiente do som em variados ambientes e aplicações. Isso acontece devido ao fato de que essas características influenciam as flutuações de pressão que ocorrem no meio de propagação sonora, evidenciando-se por meio de compressões e rarefações.

No contexto apresentado, as zonas de compressão, que se caracterizam por uma pressão mais elevada, são visualmente identificadas como cristas nas ondas. Em contraste, as zonas de rarefação, com pressão reduzida, são representadas pelo ponto mais baixo dessas ondas, conhecido como vale. A Figura 1 oferece uma representação gráfica deste conceito, demonstrando a relação entre as áreas de compressão e rarefação ao longo de uma onda sonora.

Figura 1 - Representação do SOM



Fonte: Adaptado Autor.

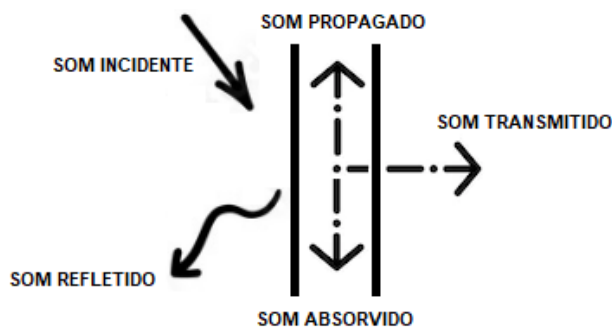
ACÚSTICA ARQUITETÔNICA

A acústica arquitetônica é uma área que se preocupa com o projeto e a construção de espaços que possuam uma qualidade sonora adequada. De acordo com Silva (2018), a acústica arquitetônica busca controlar a reflexão, a absorção e a difusão do som nos ambientes, a fim de criar espaços acusticamente confortáveis e funcionais.

Um dos principais conceitos da acústica arquitetônica é o tempo de reverberação, que se refere à duração do som em um ambiente após a fonte sonora ter sido desligada. Segundo Silva (2018), esse tempo é influenciado pela geometria do espaço, pelos materiais de revestimento e pelo volume da sala. O tempo de reverberação adequado varia de acordo com o uso do ambiente, sendo mais curto para espaços de fala, como salas de aula, e mais longo para espaços de concerto, por exemplo.

É importante observar que os materiais possuem um comportamento acústico específico, conforme ilustrado na Figura 2, onde as ondas sonoras interagem com os materiais de diferentes maneiras. De acordo com Carvalho (2010), ao serem expostos às ondas sonoras, os materiais podem refletir parte delas, absorver outra parte, propagar uma porção e transmitir uma parcela adicional.

Figura 2 – Comportamento das ondas sonoras incidentes em material genérico



Fonte: Adaptado de Carvalho (2010).

ISOLAMENTO ACÚSTICO

Este estudo tem como objetivo enfatizar ainda mais o isolamento acústico, destacando-o como uma característica essencial no âmbito do tratamento acústico de ambientes construídos. Pretende-se demonstrar a sua importância no contexto do conforto dos usuários do sistema ao qual os indivíduos estão inseridos.

Para atingir esse propósito, compreende-se que o isolamento acústico desempenha um papel crucial na acústica das edificações, uma vez que busca reduzir a propagação de ruídos indesejáveis entre diferentes espaços. De acordo com Gonçalves (2016), o isolamento acústico é afetado por uma série de fatores, tais como a massa dos materiais empregados nas paredes, pisos e tetos, a qualidade das junções e a utilização de elementos de absorção sonora.

É crucial enfatizar que o isolamento acústico se manifesta de duas maneiras distintas. A primeira considera a aplicação do princípio da lei das massas, enquanto a segunda forma está relacionada ao isolamento resultante da variação de materiais. Portanto, é necessário implementar um sistema capaz de dissipar o som dentro da estrutura, de modo a prevenir sua transmissão direta de um ambiente para outro, ou seja, entre os espaços separados pelo sistema de divisão.

NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

As normas e regulamentações desempenham um papel fundamental na área da acústica das edificações, estabelecendo critérios e diretrizes para garantir a qualidade acústica dos espaços construídos. Neste capítulo, serão apresentadas as principais normas técnicas e regulamentações relacionadas à acústica das edificações, fornecendo um embasamento normativo para a aplicação dos conceitos discutidos anteriormente.

Normas técnicas, como a NBR 15575 (ABNT, 2021), estabelecem requisitos mínimos para o isolamento acústico entre os espaços de uma edificação. Essas normas estipulam limites para ruído de impacto, ruído aéreo e isolamento de fachadas, assegurando um ambiente com conforto acústico para os ocupantes.

Adicionalmente, a norma NBR 10152 (ABNT, 2017) estabelece índices de desempenho acústico que devem ser atendidos por elementos arquitetônicos, objetivando um ambiente interno adequado para seus ocupantes. Ressaltando a importância das normas técnicas na garantia do conforto acústico em edificações.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desempenha um papel fundamental na elaboração das normas técnicas relacionadas à acústica das edificações no Brasil, além disso o ministério do trabalho determina pela Norma Regulamentadora 15 (BRASIL, 1978) os limites de tolerância para ruídos, que pode ser contínuo ou intermitente.

Na NBR 10151 (ABNT, 2019) são estabelecidos os níveis de pressão sonora e os critérios e procedimentos para a avaliação do ruído em ambientes internos, pelos limites de ruído definidos para diferentes tipos de atividades, como residenciais, comerciais e industriais.

É importante ressaltar outra norma de destaque, a NBR 15575 (ABNT, 2021), que aborda o desempenho acústico das edificações residenciais. Esta norma estabelece requisitos mínimos para o isolamento acústico entre os diversos espaços de uma habitação, incluindo paredes, pisos e tetos, e também define limites para ruído de impacto, ruído aéreo e isolamento de fachadas. Isso é fundamental para garantir um ambiente acusticamente confortável e adequado em edifícios residenciais.

Além das normas brasileiras, existem também outras normas internacionais amplamente utilizadas na área da acústica das edificações. Como visto na norma ISO 12354 em suas respectivas partes 1 e 2 (International Organization for Standardization, 2023) os cálculos do isolamento acústico em edificações e fornecendo diretrizes para a medição e avaliação do desempenho acústico dos elementos construtivos, tanto para ruídos aéreo e de impacto.

IMPORTÂNCIA

A acústica das edificações desempenha um papel fundamental no conforto e bem-estar dos ocupantes, bem como na qualidade geral do ambiente construído. Neste capítulo, vamos explorar a importância de incorporar a acústica desde as fases

iniciais do projeto até a ocupação das edificações, enfatizando os benefícios de projetar espaços com qualidade acústica adequada e os impactos negativos de ambientes onde a acústica é deficiente.

Um dos principais benefícios de uma boa qualidade acústica é proporcionar conforto e bem-estar aos ocupantes das edificações. Ambientes com baixos níveis de ruído contribuem para a concentração, o relaxamento e a produtividade das pessoas. Conforme destacado por Gonçalves (2016), locais com ruído excessivo podem resultar em problemas de saúde, como estresse, distúrbios do sono, fadiga e dificuldade de concentração.

Em ambientes residenciais, é essencial proporcionar uma boa qualidade acústica para garantir um sono tranquilo e um descanso adequado (Smith, 2020). Nos locais de trabalho, como escritórios, a redução da exposição ao ruído eleva a produtividade e minimiza a fadiga dos funcionários (Jones *et al.*, 2019). Nas escolas, a qualidade acústica adequada desempenha um papel crucial ao facilitar a comunicação e o aprendizado dos alunos (Brown & White, 2018).

A qualidade acústica das edificações desempenha um papel crucial na qualidade geral do ambiente construído. Espaços acusticamente adequados proporcionam uma experiência mais agradável e atrativa para os usuários. Ambientes com baixos níveis de ruído promovem uma sensação de conforto e enriquecem a experiência dos ocupantes (Gomes *et al.*, 2021).

Além disso, a qualidade acústica é de extrema importância em locais públicos, como teatros, salas de concertos e cinemas. Uma acústica apropriada nesses espaços garante uma experiência sonora imersiva e de alta qualidade para o público, valorizando as apresentações e espetáculos. Um projeto acústico bem elaborado considera diversos aspectos, como o controle do tempo de reverberação, a minimização de ruídos indesejados, a escolha de materiais adequados e a otimização do layout espacial. Essas medidas contribuem para criar um ambiente construído que promove a excelência sonora e melhora a percepção dos usuários (Silva *et al.*, 2022).

IMPACTO AMBIENTAL

A acústica das edificações desempenha um papel fundamental no contexto do impacto ambiental. Ambientes com níveis excessivos de ruído podem causar poluição sonora, afetando não apenas os ocupantes das edificações, mas também a

vizinhança. A poluição sonora tem consequências negativas na saúde, bem-estar e qualidade de vida das pessoas (Carvalho *et al.*, 2021).

Ao considerar a acústica desde as fases iniciais do projeto de uma edificação, é possível implementar medidas adequadas de controle de ruído. Isso inclui a adoção de isolamento acústico eficiente, a seleção de materiais absorventes e o projeto de layout que minimize a propagação de ruídos indesejáveis. Essas medidas contribuem para a redução do impacto ambiental, criando espaços mais harmoniosos e saudáveis (Ferreira *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, temos observado transformações significativas na sociedade relacionadas às questões ambientais, que afetam tanto aspectos econômicos quanto produtivos. Esse movimento tem fortalecido a conscientização ecológica em toda a comunidade, englobando setores acadêmico, empresarial e a população em geral.

O objetivo é desenvolver um mundo melhor, por meio de uma busca por uma gestão integrada e responsável com relação aos diversos setores envolvidos na proteção contra problemas ambientais e suas implicações, conforme destacado por Granzotto e Pretto (2012).

ESTRATÉGIAS DE PROJETO

Para garantir a qualidade acústica das edificações, é essencial adotar estratégias de projeto adequadas que minimizem a propagação de ruídos indesejáveis e promovam um ambiente acusticamente confortável. Nesta seção do documento, serão apresentadas algumas das principais estratégias e técnicas de projeto amplamente utilizadas para controlar e aprimorar a qualidade acústica das edificações.

O isolamento acústico é uma das estratégias fundamentais empregadas para reduzir a transmissão de ruídos indesejáveis entre os diversos ambientes de uma edificação.

O uso de materiais com propriedades de isolamento acústico adequadas, como paredes com massa e densidade apropriadas, pisos flutuantes e janelas com vidros laminados, pode reduzir significativamente a transmissão do som e manter o controle acústico adequado, conforme discutido por especialistas em acústica de edificações (Silva *et al.*, 2020).

Além disso, é fundamental assegurar a qualidade das juntas e interfaces construtivas a fim de prevenir vazamentos sonoros. A incorporação de elementos de absorção sonora, como painéis e revestimentos acústicos, também desempenha um

papel importante na redução da reverberação e na melhoria da qualidade sonora dos espaços (Ribeiro e Santos, 2019).

O planejamento adequado do layout de uma edificação desempenha um papel fundamental na minimização da propagação de ruídos indesejáveis entre os espaços internos. É crucial evitar a proximidade de fontes de ruído, como áreas de circulação intensa e espaços ruidosos, com áreas sensíveis, como quartos e salas de estudo. Além disso, o posicionamento estratégico de elementos arquitetônicos, como corredores, paredes e divisórias, pode contribuir para direcionar e controlar a propagação do som. O uso de barreiras físicas e elementos de separação, como portas com boa vedação acústica, também desempenha um papel importante na redução da transmissão de ruídos (Ferreira e Lima, 2021).

O isolamento acústico e controle de ruídos internos são essenciais para garantir uma qualidade acústica nas edificações. Envolvendo gerenciamento do ruído produzido por equipamentos e sistemas presentes no ambiente, como sistemas de ventilação, ar-condicionado e equipamentos elétricos (Pereira e Santos, 2020).

A implementação de equipamentos com baixo nível de ruído, aliada à sua localização estratégica nos ambientes, desempenha um papel crucial na minimização da exposição ao ruído interno e na melhoria da qualidade acústica dos espaços. A eficácia dessas medidas de controle é respaldada por estudos, como o realizado por Peng *et al.* (2018), que enfatiza a importância de escolhas inteligentes de materiais absorventes e sistemas de isolamento para assegurar um ambiente acusticamente saudável.

DESAFIOS

A acústica das edificações está passando por uma evolução contínua, na qual desafios estão sendo enfrentados e novas tendências estão sendo exploradas, tudo com o objetivo de aprimorar a qualidade acústica dos espaços construídos, como destacado por Garcia (2019).

O desafio na acústica das edificações reside em lidar com o contínuo processo de urbanização e o crescimento populacional. O aumento do ruído urbano, tanto interno quanto externo, torna essencial a adoção de estratégias de projeto e tecnologias que garantam a qualidade acústica dos espaços em áreas urbanas.

Adicionalmente, o uso de materiais e técnicas construtivas modernas introduz desafios acústicos significativos. Materiais mais leves e estruturas energeticamente

mais eficientes têm o potencial de exibir características acústicas diferentes dos materiais tradicionais, tornando necessário adotar uma abordagem mais meticulosa na elaboração de projetos acústicos (Lam, 2021).

Outro desafio crítico é a adaptação às demandas e expectativas dos ocupantes das edificações. As necessidades acústicas variam significativamente de acordo com o tipo de atividade realizada nos espaços construídos. Nesse sentido, é necessário considerar as necessidades específicas de cada ambiente, como salas de aula, hospitais, escritórios de conceito aberto ou residências, e desenvolver soluções personalizadas para atender a essas demandas específicas, como discutido por especialistas em acústica de edificações (Lam, 2021).

Uma tendência crescente na área da acústica de edificações está relacionada à adoção de tecnologias avançadas voltadas para a simulação e modelagem acústica. Através dessas ferramentas, profissionais têm a capacidade de antecipar e avaliar o comportamento acústico de ambientes antes do início da construção, o que contribui para embasar escolhas fundamentadas e otimizar a eficácia do projeto. A integração de tecnologias de simulação acústica representa um avanço significativo no campo da engenharia de som para edificações (Smith, 2020).

Uma direção notável na pesquisa em acústica de edificações é a contínua investigação de materiais de construção inovadores que possuam propriedades acústicas significativamente aprimoradas. O desenvolvimento de materiais absorventes de som mais eficazes, o avanço de isolantes acústicos de última geração e a exploração de soluções de revestimento especializado são algumas das abordagens adotadas para melhorar a qualidade acústica. Vários estudos têm destacado os progressos na área de materiais de construção que contribuem para aprimoramentos na acústica arquitetônica (Johnson e Brown, 2019).

Método

O propósito deste trabalho é apresentar estudos relacionados aos temas abordados na pesquisa, a fim de demonstrar sua relevância na revisão da literatura. Abaixo estão listadas algumas publicações indexadas relacionadas aos principais tópicos abordados, bem como uma pesquisa sobre a relevância do tema.

Realizou-se uma pesquisa na base de dados acadêmicos, considerando palavras-chave relacionadas aos tópicos da pesquisa, a fim de avaliar a relevância do tema e identificar estudos recentes e pertinentes. Os resultados da pesquisa reforçaram a

importância da pesquisa proposta, uma vez que destacaram a crescente relevância dos temas no contexto atual da acústica de edificações. Fizemos uso da plataforma Dimensions como fonte de dados para conduzir essas consultas. A seguir, apresentaremos no Quadro 1 algumas das pesquisas correlatas a este estudo, as quais foram identificadas por meio de consultas relacionadas a tópicos pertinentes à pesquisa.

Foram conduzidas consultas com o propósito de buscar referências relevantes relacionadas a diversas aplicações em materiais para argamassas. Os tópicos de interesse abrangem agregados reciclados, desempenho acústico, normas e legislações, viabilidade econômica, sustentabilidade, caracterizações e propriedades físicas/mecânicas, além da valorização de resíduos. Nossa ênfase foi especialmente direcionada para a utilização de artigos científicos recentes, provenientes de revistas de alta relevância na área internacional, como a principal fonte de informação.

Quadro 1 – Pesquisa de trabalhos relacionados ao tema.

Autor	Título	Local	Materiais	Objetivo	Ano
Ajam <i>et. al.</i>	Valorisation of face mask waste in mortar	Tunísia	Cimento, areia e resíduos de máscara	Valorização de resíduo	2021
Brancher <i>et. al.</i>	Acoustic Behavior of Subfloor Lightweight Mortars Containing Micronized Poly (Ethylene Vinyl Acetate) (EVA)	Brasil	Cimento, areia e resíduos de EVA	Comportamento acústico	2016
Botelho	Avaliação acústica e mecânica de argamassas com pó de borracha proveniente de pneus inservíveis para uso em contrapiso.	Brasil	Cimento, areia e borracha	Avaliação acústica de contrapiso	2020
Campanhão <i>et. al.</i>	Recycled PET Sand for Cementitious Mortar	Brasil	Cimento, areia e PET	Formulação de argamassa	2021
da Silva <i>et. al.</i>	Application of Plastic Wastes in Construction Materials: A Review Using the Concept of Life-Cycle Assessment in the Context of Recent Research for Future Perspectives	Brasil	Resíduos de plástico	Revisão de aplicação de resíduos de plástico em materiais de construção	2021
Debska e Silva	Mechanical Properties and Microstructure of Epoxy Mortars Made with Polyethylene and Poly(Ethylene Terephthalate) Waste	Polônia	Resina epóxi, areia e resíduos de PET e PP	Propriedades mecânicas e microestrutura	2021
Führ <i>et. al.</i>	Impact sound attenuation of subfloor mortars made with exfoliated vermiculite and chrome sawdust	Brasil	Cimento, areia, cromo e vermiculita	Avaliação de atenuação de ruído de impacto em contrapiso	2020
Herrero <i>et. al.</i>	Influence of proportion and particle size gradation of rubber from end-of-life tires on mechanical, thermal and acoustic properties of plaster-rubber mortars	Espanha	Cimento, borracha e gesso	Propriedades mecânicas, térmicas e acústicas	2013
Houcine <i>et al.</i>	Valorization of plastic waste in concrete for sustainable development	Algeria	Cimento, brita, areia e PET	Propriedades acústicas	2023
Karatas <i>et al.</i>	Effect of incorporation of raw vermiculite as partial sand replacement on the properties of self-compacting mortars at elevated temperature	Turquia	Cimento, areia e vermiculita	Propriedades mecânicas e térmicas	2019
Kocot <i>et. al.</i>	Strength Characteristics of Alkali-Activated Slag Mortars with the Addition of PET Flakes	Polônia	Cimento, areia aditivo e resíduos de PET	Formulação de composto	2021
Lamba <i>et. al.</i>	Recycling/reuse of plastic waste as construction material for sustainable development: a review	Índia	Plásticos	Revisão de reutilização de resíduos plásticos como material de construção	2021
Machimbarrana e Rasmussen	Comparison of acoustic regulations for housing and schools in selected countries in Europe and South America – A pilot study	Argentina	Documentação	Legislação e regulamentações	2016
Marvila <i>et. al.</i>	Recycled Aggregate: A Viable Solution for Sustainable Concrete Production	Brasil	Agregados reciclados	Revisão do uso de agregados reciclados em concreto, desafios e perspectivas	2022
Mendonça <i>et. al.</i>	Evaluation of Concrete with Addition of Micronized Polyethylene Terephthalate for Application as Interlocking	Brasil	Cimento, areia e PET	Ensaios tecnológicos para viabilidade de	2021

 					
	Concrete Blocks			aplicação do resíduo	
Mushtaq <i>et al.</i>	Performance Optimization Approach of Polymer Modified Asphalt Mixtures with PET and PE Wastes: A Safety Study for Utilizing Eco-Friendly Circular Economy-Based SDGs Concepts	China	Betume, PET e PP	Economia circular sustentável	2022
Nikolaivits <i>et al.</i>	Progressing Plastics Circularity: A Review of Mechano-Biocatalytic Approaches for Waste Plastic (Re)valorization	Grécia	Plásticos	Revalorização de resíduos	2021
Phutthimethakul e Supakata	Partial Replacement of Municipal Incinerated Bottom Ash and PET Pellets as Fine Aggregate in Cement Mortars	Tailândia	Cimento, areia, resíduos de PET, cinzas fundo/volante	Formulação de argamassa	2022
Purchase <i>et al.</i>	Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Lessons, Challenges, and Benefits.	Nova Zelândia	Resíduos de construção	Revisão de literatura sobre desafios e benefícios da economia circular na construção	2022
Salas <i>et al.</i>	Analysis and Economic Evaluation of the Use of Recycled Polyamide Powder in Masonry Mortars	Espanha	Cimento e poliamida reciclada	Análise econômica de argamassa	2020
Silva <i>et al.</i>	Avaliação reológica de ligante modificado com Politereftalato de etileno (PET)	Brasil	PET pós consumo micronizado	Caracterizações químicas e físicas do PET	2018
Silva <i>et al.</i>	Technological Characterization of PET—Polyethylene Terephthalate—Added Soil-Cement Bricks	Brasil	Cimento, solo argiloso e resíduos de PET	Caracterização tecnológica	2021
Tani <i>et al.</i>	Prediction models of mechanical properties for pet-mortar composite in sodium sulphate aggressive mediums	Algeria	Cimento, areia, resíduos de PET	Durabilidade de compósitos	2018

- Ajam *et al.* (2021), utiliza-se do resíduo de máscaras com o propósito de valorizar uma matéria-prima que, de outra forma, seria destinada ao descarte, através da incorporação em misturas de argamassa. Neste trabalho, foi investigado o efeito da substituição de 1 a 5% do volume da argamassa por fragmentos de máscaras com dimensões de 2 cm² e 4 cm². Do ponto de vista mecânico, observou-se um aumento na força de compressão de 10 a 20%, além de uma melhoria na resistência à flexão de 19 a 30%.
- Brancher *et al.* (2016) investigaram o desempenho acústico de argamassas leves utilizadas como contrapiso e que continham EVA em sua composição. O objetivo deste estudo era contribuir para o conforto acústico em edificações, fornecendo uma análise do uso de resíduos EVA micronizados em argamassas para isolamento acústico em sistemas de contrapiso.
- Botelho (2020) conduziu uma avaliação do desempenho acústico de um sistema de contrapiso, realizando a substituição da areia natural por pó de borracha de pneus inservíveis.
- Campanhão *et al.* (2021) avaliaram a substituição da areia natural pela areia de PET, explorando proporções de substituição de 10%, 20% e 30%. Para isso, foram realizados ensaios tecnológicos no estado fresco da argamassa, incluindo medições de consistência, retenção de ar, densidade e incorporação de ar. No estado endurecido, foram avaliadas a resistência à compressão, resistência à flexão, densidade, capilaridade e absorção de água.
- Da Silva *et al.* (2021) apresentam uma revisão sobre a utilização de resíduos de plástico em aplicações relacionadas à construção civil. Eles abordam o conceito de Avaliação do Ciclo de Vida e propõem um sistema circular para produtos plásticos, enfatizando a importância da sustentabilidade e de uma gestão inteligente.
- Debska e Silva (2021) descreveram os resultados de um estudo que teve como objetivo determinar o efeito simultâneo dos resíduos de polietileno tereftalato (PET) e polietileno (PE) sobre as características de resistência e densidade de massa em argamassas epóxi.
- Führ *et al.* (2021) investigaram a substituição parcial da areia natural em argamassas, utilizando proporções de 10%, 30%, 50% e 70% de vermiculita expandida. Eles também compararam essas substituições com as proporções de 10%, 30%, 50%, 70% e 90% de resíduo de serragem de cromo, com o objetivo de melhorar o isolamento acústico em contrapisos.
- Herrero *et al.* (2013) apresenta os principais resultados experimentais obtidos a partir do estudo de peças de teste de gesso e placas com a adição de várias frações de borracha resultantes da moagem mecânica de pneus no fim de sua vida útil, em três diferentes granulometrias, com o objetivo de analisar as propriedades físicas e mecânicas, assim como as propriedades de condutividade térmica e isolamento acústico em argamassas.

- Houcine *et al.* (2023) apresentam resultados de uma investigação sobre a velocidade de propagação do som em concreto com adição de PET reciclado em sua composição, visando valorizar esse tipo de resíduo.
- Karatas *et al.* (2019) produziram argamassas autonivelantes com substituição parcial da areia natural por vermiculita expandida em proporções de 10%, 20%, 30% e 40%. O objetivo era avaliar as propriedades mecânicas e classificar a argamassa com substituição parcial de vermiculita expandida como um excelente produto para uso como argamassa leve, com potencial de isolamento térmico.
- Kocot *et al.* (2021) apresentam em sua pesquisa um estudo sobre a criação de compostos de escória ativados por alcalinos, com a adição de flocos de PET como um substituto parcial (5%) para agregado natural.
- Lamba *et al.* (2021) apresentam dados relacionados ao aumento exponencial da produção de plástico e ao subsequente aumento dos resíduos plásticos. Esse cenário tem incentivado cientistas e pesquisadores a buscar métodos inovadores e sustentáveis para reutilizar e reciclar esses resíduos plásticos, com o objetivo de reduzir seu impacto negativo no meio ambiente.
- Machimbarrena e Rasmussen (2016) conduziram estudos comparativos que destacam a considerável diversidade nos limites normativos relacionados ao índice de sonoridade em ambientes residenciais e escolares, tanto na Europa quanto na América do Sul.
- Marvila *et al.* (2022) revisaram o uso de agregados reciclados na produção de concreto e abordaram os principais desafios e perspectivas. No estudo, foi observado que os agregados reciclados podem reduzir o desempenho do concreto fresco e endurecido em comparação com os agregados naturais. No entanto, destacaram que essas reduções frequentemente se mostram insignificantes quando os níveis de substituição são mantidos em até 30%.
- Mendonça *et al.* (2021) em seu estudo realizaram diversos ensaios tecnológicos para avaliar a aplicação de PET micronizado em elementos de concreto para pavimentação. Este estudo destaca a utilização de PET como mais uma alternativa na construção civil, possibilitando um descarte adequado para esse tipo de resíduo.
- Mushtaq *et al.* (2022) demonstram que a utilização ecológica de resíduos contribui para o desenvolvimento de infraestruturas sustentáveis. Atualmente, os pesquisadores estão enfatizando a produção de infraestruturas rodoviárias utilizando o conceito de economia circular e priorizando a segurança humana.
- Nicolaivits *et al.* (2021) apresentam uma revisão que aborda os desafios globais relacionados à revalorização de resíduos de plástico, visando promover um caminho para a sustentabilidade na economia circular de materiais.
- Phutthimethakul e Supakata (2022) analisaram a proporção ideal de cinzas de fundo incinerada municipal e de PET como substitutos parciais dos agregados finos na produção de argamassas de cimento.
- Purchase *et al.* (2022) realizaram uma revisão de literatura que teve como objetivo apresentar as lições, desafios e benefícios associados à economia circular na construção civil. Na economia linear, considera-se que os materiais residuais não têm valor, o que nos leva a entender que a implementação da economia circular pode representar um modelo potencialmente capaz de minimizar o impacto negativo dos resíduos gerados pela construção e demolição.
- Salas *et al.* (2020) identificaram em sua pesquisa que devido à quantidade considerável de resíduos plásticos e polímeros produzidos anualmente, a incorporação desses resíduos em materiais de construção está se tornando uma solução recorrente para sua reciclagem. Neste estudo, foram projetadas e elaboradas argamassas sustentáveis e leves com o objetivo de substituir os agregados por resíduos de pó de poliamida.
- Silva *et al.* (2018) demonstraram as características químicas e físicas do PET pós-consumo na forma micronizada. Além disso, eles realizaram ensaios reológicos com amostras tanto do ligante puro quanto da mistura do ligante com PET, na proporção de 5% de PET em relação ao peso do ligante asfáltico.
- Silva *et al.* (2021) propõem uma solução ecológica para lidar com a enorme quantidade de resíduos PET descartados, que consiste na adição desses resíduos em tijolos de cimento do solo, após a realização de uma caracterização tecnológica do PET.
- Tani *et al.* (2018) apresentam uma pesquisa que investiga o efeito do ataque de sulfato de sódio na durabilidade dos compósitos produzidos com resíduos de PET.

Resultados e discussão

O isolamento acústico desempenha um papel crucial na acústica das edificações, uma vez que seu objetivo principal é minimizar a transmissão de ruídos indesejáveis entre diferentes ambientes. De acordo com Gonçalves (2016), vários fatores influenciam o isolamento acústico, como a massa dos materiais utilizados nas paredes, pisos e tetos, a qualidade das juntas e o uso de elementos de absorção sonora.

Compreender a propagação do som, os princípios da acústica arquitetônica e a importância do isolamento acústico são passos fundamentais para garantir a qualidade acústica de um ambiente construído.

As normas da ABNT, como a NBR 10151, NBR 10152 e NBR 15575, estabelecem diretrizes e requisitos mínimos para assegurar a qualidade acústica dos espaços construídos. Além disso, regulamentações específicas em áreas urbanas e ambientes de trabalho visam preservar o conforto e a saúde dos ocupantes.

É fundamental destacar que o cumprimento desses requisitos não apenas promove o conforto e o bem-estar dos ocupantes, mas também garante a conformidade com as regulamentações e normas aplicáveis relacionadas à qualidade acústica em edificações. Portanto, enfatizamos a importância da acústica nas edificações e os benefícios que ela proporciona, incluindo a melhoria da qualidade do ambiente construído e a redução do impacto ambiental. Considerar a acústica desde as fases iniciais do projeto é crucial para garantir espaços que sejam acusticamente adequados e funcionais.

É evidente a importância de investigar estratégias e técnicas de projeto utilizadas para controlar e melhorar a qualidade acústica das edificações. Isso envolve a apresentação de diretrizes práticas para a implementação dessas soluções, com o objetivo de criar ambientes acusticamente confortáveis e de alta qualidade.

Considerações Finais

Neste documento, discutimos os desafios enfrentados na área da acústica em edificações, como o crescimento urbano, a adoção de novos materiais e as expectativas dos ocupantes dos ambientes. Além disso, destacamos tendências emergentes, como a aplicação de tecnologias avançadas, o desenvolvimento de materiais inovadores e a integração com outras disciplinas de projeto.

A acústica nas edificações desempenha um papel fundamental na criação de espaços que sejam acusticamente confortáveis, funcionais e saudáveis. Neste documento, exploraremos os conceitos, normas e a importância da acústica nas edificações, enfatizando a necessidade de considerar a qualidade acústica desde as fases iniciais do projeto até a ocupação das construções.

Por meio da análise das referências bibliográficas e das discussões apresentadas anteriormente, fica evidente que a acústica de edificações é um campo multidisciplinar que requer conhecimentos técnicos específicos e uma abordagem integrada. A colaboração de profissionais especializados em acústica, como engenheiros, arquitetos e projetistas, é fundamental para garantir a conformidade com diretrizes e normas, resultando em espaços adequadamente projetados em termos acústicos.

Além disso, é crucial conscientizar clientes, projetistas e construtores sobre a importância da qualidade acústica em edificações. A conscientização e a educação desempenham papéis fundamentais para assegurar que a acústica seja considerada um aspecto essencial no planejamento e construção de edifícios.

No futuro, esperamos que a acústica em edificações continue a evoluir e a se adaptar às demandas em constante mudança. Algumas das perspectivas futuras nessa área incluem:

Desenvolvimento de normas e regulamentos mais rigorosos: Com o aumento da conscientização sobre a importância da qualidade acústica, é provável que sejam estabelecidos regulamentos mais rigorosos para garantir que as edificações atendam a padrões acústicos específicos.

Avanços em Materiais e Tecnologias: O desenvolvimento de materiais de construção inovadores e o avanço das tecnologias de isolamento acústico permitirão a criação de espaços ainda mais silenciosos e acusticamente confortáveis.

Integração de Soluções Inteligentes: A integração de soluções inteligentes, como sistemas automatizados de controle acústico e análise em tempo real do desempenho acústico, possibilitará um monitoramento e ajuste mais precisos da qualidade acústica das edificações.

A pesquisa no campo da acústica em edificações, com ênfase em materiais sustentáveis, deve continuar a buscar novas abordagens, técnicas e soluções para enfrentar desafios acústicos específicos e aprimorar a qualidade sonora dos ambientes construídos.

Referências

Ajam L.; Trabelsi A.; Kammoun Z., **Valorisation of face mask waste in mortar**. Technical paper. Innovative Infrastructure Solutions, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas por imissão de ruídos aéreos - Procedimento**. Rio de Janeiro, Brasil, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15116. Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2021.

Botelho, L. C. G. **Avaliação acústica e mecânica de argamassas com pó de borracha proveniente de pneus inservíveis para uso em contrapiso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 2020, 130 p.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 Atividades e Operações Insalubres**. Brasília, 1978. Atualizada 2022. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15-atualizada-2022.pdf/@download/file>. Acesso em: 25 jun. 2023

Brown, A., & White, S. **The Role of Acoustic Environment in Educational Settings**. Journal of Educational Acoustics, 30(1), 45-58, 2018.

Campanhão, A.F.; Marvila, M.T.; Azevedo, A.R.G.d.; da Silva, T.R.; Fediuk, R.; Vatin, N. **Recycled PET Sand for Cementitious Mortar**. Materials 2022, 15, 273. <https://doi.org/10.3390/ma15010273>.

Carvalho, R. P. **Acústica arquitetônica**. 2. ed. Brasília: Thesaurus, 2010, 238 p

Carvalho, S. M., et al. **Environmental Noise Pollution and Its Impacts on Health: A Comprehensive Review**. Environmental Health Perspectives, 2021.

Da Silva, T.R.; de Azevedo, A.R.G.; Cecchin, D.; Marvila, M.T.; Amran, M.; Fediuk, R.; Vatin, N.; Karelina, M.; Klyuev, S.; Szelag, M. **Application of Plastic Wastes in Construction Materials: A Review Using the Concept of Life-Cycle Assessment in the Context of Recent Research for Future Perspectives**. Materials 2021, 14, 3549. <https://doi.org/10.3390/ma14133549>

Debska, B.; Brigolini Silva, G.J. **Mechanical Properties and Microstructure of Epoxy Mortars Made with Polyethylene and Poly(Ethylene Terephthalate) Waste**. Materials 2021, 14, 2203. <https://doi.org/10.3390/ma14092203>

Ferreira, J. M., e Lima, S. A. **Design Strategies for Noise Control in Buildings: A Comprehensive Review**. Architectural Science Journal, 2021.

Ferreira, J. R., et al. **Acoustic Design Strategies for Sustainable and Healthy Buildings: A Comprehensive Review**. Building and Environment, 2020.

Führ, G.; Masuero, A.; Pagnussat, D.; Barreto, M. **Impact sound attenuation of subfloor mortars made with exfoliated vermiculite and chrome sawdust.** Applied Acoustics, 2021, 174:107725.

Garcia, J. C. F., & Zannin, P. H. T. (2019). **Tendências e Inovações em Acústica de Edificações.** Revista de Acústica e Vibrações, 26(1), 16-25.

Gomes, A. B., et al. (2021). **The Impact of Acoustic Quality on User Experience in Buildings.** Journal of Architectural Acoustics, 56(3), 215-228.

Gonçalves, A. A. **Acústica nas edificações: qualidade sonora.** São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

Granzotto, M. M.; Pretto, V. **A Cultura da Sustentabilidade: entre Fazeres e Saberes.** XVI Jornada Nacional de Educação do Centro Universitário Franciscano (JNE/UNIFRA). Rio Grande do Sul, 2012.

Herrero S., Mayor P., Olivares F. H., **Influence of proportion and particle size gradation of rubber from end-of-life tires on mechanical, thermal and acoustic properties of plaster-rubber mortars.** Materials and Design 2013.

Herrero S., Mayor P., Olivares F. H., **Influence of proportion and particle size gradation of rubber from end-of-life tires on mechanical, thermal and acoustic properties of plaster-rubber mortars.** Materials and Design 2013.

Houcine B.; Mohamed R.; Samir K.; Sarra B., **Valorization of plastic waste in concrete for sustainable development.** Materials and Design 2023.

Internacional Organization for Standardization. **ISO 12354: Building Acoustics — Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the Performance of Elements — PART 1: Airborne Sound.** Geneva, Switzerland: ISO, 2023.

Internacional Organization for Standardization. **ISO 12354: Building Acoustics — Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the Performance of Elements PART 2: Impact Sound In.** Geneva, Switzerland: ISO, 2023.

Johnson, A. R., & Brown, M. S. (2019). **Advances in Building Materials for Architectural Acoustics.** Journal of Architectural Engineering, 25(3), 04019010. doi:10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000387

Jones, R., et al. **Noise Reduction in Office Spaces and Its Impact on Employee Productivity: A Case Study.** Workplace Acoustics, 35(4), 287-299, 2019.

Karatas, M.; Benli, A.; Toprak, H. **Effect of incorporation of raw vermiculite as partial sand replacement on the properties of self-compacting mortars at elevated temperature.** Construction and Building Materials, 2019, 221:163-176.

Kocot, A.; Cwirze n, A.; Ponikiewski, T.; Katzer, J. **Strength Characteristics of Alkali-Activated Slag Mortars with the Addition of PET Flakes.** Materials 2021, 14, 6274. <https://doi.org/10.3390/ma14216274>

Lam, B., & Lee, J. (2021). **Acoustic Challenges in Modern Building Materials and Design Techniques.** Proceedings of the Acoustical Society of America, 2(1), 015004. doi:10.1121/pasa.2021.015004

Lamba P.; Kaur D. P.; Raj S.; Sorout J., **Recycling/reuse of plastic waste as construction material for sustainable development: a review.** Environmental Science and Pollution Research 2021 <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16980-y>

Machimbarrena, M.; Rasmussen, B. Legislation and Regulations in Building Acoustics: Paper ICA2016-487. **Comparison of acoustic regulations for housing and schools in selected countries in Europe and South America – A pilot study.** In: International Congress on Acoustics, 2016, [s.i.]. Proceedings. Buenos Aires: ICA, 2016. p. 1 – 10.

Marvila, M.; de Matos, P.; Rodríguez, E.; Monteiro, S.N.; de Azevedo, A.R.G. **Recycled Aggregate: A Viable Solution for Sustainable Concrete Production.** Materials 2022, 15, 5276. <https://doi.org/10.3390/ma15155276>

Mendonça A. M .G.D, Almeida S. P.; Rodrigues J. K .G; Coutinho Y; Neto O. M. M; Guerra T. D.; Luz P. M. S. G. **Evaluation of Concrete with Addition of Micronized Polyethylene Terephthalate for Application as Interlocking Concrete Blocks.** Arabian Journal for Science and Engineering 2021 47:4453–4462 <https://doi.org/10.1007/s13369-021-06128-y>

Mushtaq, F.; Huang, Z.; Shah, S.A.R.; Zhang, Y.; Gao, Y.; Azab, M.; Hussain, S.; Anwar, M.K. **Performance Optimization Approach of Polymer Modified Asphalt Mixtures with PET and PE Wastes: A Safety Study for Utilizing Eco-Friendly Circular Economy-Based SDGs Concepts.** Polymers 2022, 14, 2493. <https://doi.org/10.3390/polym14122493>

Nikolaivits E., Pantelic B., Azeem M., Taxeidis G., Babu R., Topakas E., Brennan Fournet M. and Nikodinovic-Runic J 2021 **Progressing Plastics Circularity: A Review of Mechano-Biocatalytic Approaches for Waste Plastic (Re)valorization.** Front. Bioeng. Biotechnol. 9:696040. doi: 10.3389/fbioe.2021.696040

Peng, Z., Li, X., & Wang, C. (2018). **Noise Reduction in Indoor Environments Based on Sustainable Materials.** Sustainability, 10(9), 3131. doi:10.3390/su10093131

Pereira, L. M., e Santos, V. F. **Strategies for Internal Noise Control in Buildings: A Comprehensive Approach.** Building Acoustics Journal, 2020.

Phutthimethakul, L.; Supakata, N. **Partial Replacement of Municipal Incinerated Bottom Ash and PET Pellets as Fine Aggregate in Cement Mortars.** Polymers 2022, 14, 2597. <https://doi.org/10.3390/polym14132597>

Purchase, C.K.; Al Zulayq, D.M.; O'Brien, B.T.; Kowalewski, M.J.; Berenjian, A.; Tarighaleslami, A.H.; Seifan, M. **Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Lessons, Challenges, and Benefits.** Materials 2022, 15, 76. <https://doi.org/10.3390/ma15010076>

Ribeiro, C. A., e Santos, M. J. **Strategies for Enhancing Acoustic Comfort in Buildings: A Study on Joint Quality and Sound Absorption Elements.** Journal of Building Acoustics, 2019.

Salas M. A., Acebo H. P., Calderón V. and Orden H. G. **Analysis and Economic Evaluation of the Use of Recycled Polyamide Powder in Masonry Mortars.** Polymers 2020, 12, 2657; doi:10.3390/polym12112657

Silva, A. B., et al. **Strategies for Improving Acoustic Comfort in Buildings: A Review of Expert Insights.** Building Science Journal, 2020.

Silva, J. M. **Acústica aplicada ao controle de ruído.** São Paulo: Editora Blucher, 2018.

Silva, J. A. A.; Rodrigues, J. K. G.; Carvalho, M. W.; Lucena, L. C. F. L.; Cavalcante, E. H. **Avaliação reológica de ligante modificado com Politereftalato de etileno (PET)**. revista Matéria, v.23, n.1, 2018.

Silva, T.R.; Cecchin, D.; de Azevedo, A.R.G.; Valadão, I.; Alexandre, J.; da Silva, F.C.; Marvila, M.T.; Gunasekaran, M.; Garcia Filho, F.; Monteiro, S.N. **Technological Characterization of PET—Polyethylene Terephthalate—Added Soil-Cement Bricks**. Materials 2021, 14, 5035. <https://doi.org/10.3390/ma14175035>

Silva, M. A., et al. **Acoustic Design for Theatres and Concert Halls: Enhancing Sound Quality and Audience Experience**. Journal of Architectural Acoustics, 57(1), 65-78, 2022.

Smith, J. M. **Avanços na Acústica Arquitetônica**. Revista de Engenharia Acústica, 18(2), 45-52, 2020.

Tani N. K., Benosman A.S., Senha Y., Taïbi H., Mouli M., Belbachir M. **Prediction models of mechanical properties for pet-mortar composite in sodium sulphate aggressive mediums**. MATEC Web of Conferences 2018, 149, 01051. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201814901051>