

COMPARATIVO DE DESEMPENHO ACÚSTICO DOS PREENCHIMENTOS EM DIVISÓRIAS DE DRYWALL

FONTANA, Paulo Henrique Oenning¹
FONSECA, Matheus Lyncon Barbosa da²
SOUZA, Cássia Rafaela Brum³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar o desempenho acústico dos materiais de preenchimento de *drywall*. Para essa verificação, foram confeccionados cubos de *drywall* utilizando as normas de construção e preenchendo-as com lã de vidro, lã de rocha e lã de PET. Para a aferição do desempenho de isolamento acústico, utilizou-se do decibelímetro posicionado a 20 cm da face externa do cubo com uma fonte de emissão sonora em seu interior isolado, tendo suas variações de decibéis tabelados e dispostos em gráficos para comparação de desempenho de cada material. Foi estipulado como referência o nível de pressão sonora obtido com o teste realizado pela captação direta da fonte emissora, ou seja, sem que a fonte emissora estivesse inserida em um dos corpos de prova. Os resultados obtidos foram comparados visando identificar quais as características isolantes cada material apresentava em cada variação de pressão sonora., e obteve-se a lã de rocha com melhor desempenho para a análise realizada.

PALAVRAS-CHAVE: Isolamento acústico. Lã de vidro. Lã de rocha. PET.

COMPARISON OF ACOUSTIC PERFORMANCE OF FILL IN DRYWALL PARTS

ABSTRACT

The presente work aimed to compare the acoustic performance of drywall filling materials. For this verification, drywall cubes were made using construction standards and filling them with glass wool, rock wool and PET wool. To measure the sound insulation performance, a decibel meter positioned 20cm from the outer face of the cube was used, with a sound emission source in its isolated interior, with its decibel variations tabulated and displayed in graphs to compare the performance of each material. The sound pressure level obtained with the test performed by directly capturing the emitting source was stipulated as a reference, that is, without the emitting source being inserted in one of the specimens. The results obtained were compared in order to identify which insulating characteristics each material presented in each variation of sound pressure, and obtained the rock wool with the best performance for the analysis performed.

PALAVRAS CHAVE EM LÍNGUA ESTRANGEIRA: Soundproofing. Glass wool. Rock wool. PET.

1. INTRODUÇÃO

Com a diversidade de insumos disponíveis, o principal método convencional de execução, que é a alvenaria, vem perdendo espaço para novas técnicas construtivas, escolhidas por sua eficiência, custo e execução. Uma dessas técnicas, que cada vez ganha mais espaço, é o *drywall*, pela sua redução significativa de resíduos na obra, agilidade na execução e conforto térmico e acústico. A utilização

¹ Graduando no curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: paulofontana03@gmail.com

² Graduando no curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: lynconbf@gmail.com

³ Mestre Arquiteta e Urbanista. E-mail: crbsouza@minha.fag.edu.br

de materiais isolantes no preenchimento das divisórias de *drywall* em edificações contribui para o conforto interno, sendo hoje, uma das prioridades para os clientes na hora de adquirir um imóvel.

Lima e Zenerato (2016) apontam que a qualidade de vida de um indivíduo depende do conforto ambiental proporcionado pelo local onde está realizando suas atividades que podem ser de trabalho, lazer ou até mesmo descanso. O tema conforto ambiental trata-se de áreas como conforto térmico e acústico.

Melo (2007) relata que as características construtivas em uma edificação são de grande importância para que esta seja energeticamente eficiente. Sendo assim, projetistas estão buscando continuamente mais conhecimento acerca das interações térmicas que ocorrem em edificações, com intuito de aprimorar e utilizar práticas de projetos eficientes e implementações que melhorem o uso da energia na indústria da construção.

Segundo Papst (1999), para garantir eficiência na utilização dos recursos, visando uma arquitetura bioclimática, uma das principais regras é a correta utilização de tecnologias construtivas e elementos arquitetônicos no intuito de garantir o mínimo consumo de energia em um ambiente agradável para se viver. Nesta mesma via, Costa e Cunha (2018) afirmam que uso de materiais e métodos sustentáveis, assim como estratégias inovadoras de projetos, quando utilizadas corretamente podem contribuir com a redução das emissões de CO₂ na atmosfera.

Com essas informações, a justificativa para a realização dessa pesquisa refere-se ao fato de que o conforto acústico é de grande importância para a qualidade de vida das pessoas, e cada vez com mais frequência esse requisito é exigido e avaliado na hora de escolher uma residência ou até mesmo na elaboração de um projeto residencial.

Nesse sentido, realizar este trabalho acadêmico justificou-se dentro de uma relevância social para levantar e comparar os dados de desempenho acústico dos materiais disponíveis e mais utilizados em obras, visando identificar qual material se adequa à necessidade de projetos, reduzindo custos e desperdícios.

A presença de ruídos em um ambiente de trabalho, escolar, lazer e residencial traz sérios agravantes para os indivíduos que utilizam desses locais, pois a poluição sonora além de desviar a atenção e atrapalhar a concentração pode ser um malefício para a saúde.

Convém abordar que este estudo teve a razão de identificar os melhores resultados relacionados ao desempenho acústico entre os preenchimentos por lã de vidro, lã de rocha e lã de PET. Para tanto, a pergunta a ser respondida com a realização dessa pesquisa foi a seguinte: Qual material apresenta melhor desempenho de isolamento acústico dentre as opções de preenchimento de *drywall* mais comuns no mercado?

Este estudo esteve limitado ao comparativo dos materiais utilizados para preenchimento de divisórias em *drywall*, que são eles: lã de rocha, lã de vidro e lã de PET (polímero plástico denominado poli tereftalato de etila, em inglês, a substância é conhecida por *polyethylene terephthalate*). O levantamento dos dados foi realizado por meio de instrumentos de medição de ruídos denominado decibelímetro e revisão bibliográfica, ocorrendo testes laboratoriais. A pesquisa restringiu-se à verificação do melhor desempenho acústico dentre as opções de materiais estudados.

De acordo com todas as informações expostas anteriormente, este trabalho teve como objetivo geral comparar o desempenho acústico dos preenchimentos isolantes em divisórias de *drywall*. Salienta-se que para que este trabalho científico pudesse ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Identificar as principais características dos preenchimentos;
- b) Levantar os dados de desempenho relacionados a isolamento acústico;
- c) Comparar o desempenho acústico de cada um dos materiais utilizados para preenchimento;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DRYWALL

Segundo a Associação Brasileira do *drywall* (2006), entende-se por *drywall* a junção do gesso acartonado com estrutura metálica. As paredes são constituídas por chapas de gesso que são aparafusadas em ambos os lados da estrutura em aço galvanizado, que pode vir a ser simples ou dupla. A forma de montagem e os componentes utilizados permitem que a parede seja configurada para atender a diferentes níveis de desempenho, de acordo com as exigências ou necessidades de cada ambiente em termos mecânicos, acústicos, térmicos e de comportamento frente ao fogo.

Segundo Roseghini (2015), em 1898, Augustine Sackett desenvolveu a chapa de gesso acartonado, prometendo revolucionar a construção civil nos Estados Unidos, porém, somente em meados de 1990, essas chapas ganharam aceitação no Brasil. Conforme Associação Brasileira do *drywall* (2006), o sistema construtivo é composto de chapas de gesso com dimensões padrões de 120 centímetros de largura e comprimento variando de 180 a 360 centímetros, e espessura de 12,5 milímetros sendo a de uso mais comum.

As chapas são combinadas com massa de gesso e aditivos, prensadas entre duas lâminas de cartão. O mercado oferece três principais tipos de chapas: *Standard* (ST), que é para utilização em áreas secas; Resistente à Umidade (RU), chamada popularmente de chapa verde, para utilizar em ambientes sujeitos a umidade por tempo limitado de forma intermitente; e a chapa Resistente ao Fogo

(RF), para áreas secas, que solicitem maior resistência aos incêndios, popularmente chamada de chapa rosa. Associação Brasileira do *drywall* (2006).

2.2 LÃ DE VIDRO

Conforme Associação Brasileira do *drywall* (2006), são materiais constituídos de lã de rocha ou lã de vidro, a serem instalados nas paredes entre as chapas de gesso, nos revestimentos entre as chapas de gesso e o suporte e no forro sobre as chapas, com o objetivo de aumentar o isolamento termoacústico do ambiente.

Segundo Ferrari (2015), a lã de vidro é um componente obtido através do sódio e sílica unidos por resina sintética em alto forno. É muito utilizado devido ao seu ótimo desempenho em absorver ondas sonoras, graças a porosidade da lã. Catai, Penteado e Dalbello (2006) complementam que o ótimo coeficiente de absorção sonora em função da porosidade da lã, a onda sonora entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida. A principal aplicação da lã de vidro é no sistema de divisórias em ambientes secos conforme a Figura 1.

Figura 1 – Lã de vidro.



Fonte: Gaspar Gesso (2019).

Segundo Lima (2013), pode-se obter os seguintes dados característicos da lã de vidro:

- Massa: 65kg/m³
- Espessura: 50mm
- Condutividade térmica (λ) em W/(m.k) a 24°C: 0,045
- Resistência térmica m²(k/w): 1,52

Conforme Caitai, Penteado e Dalbello (2006), a lã de vidro tem vantagens consideráveis a serem levadas em consideração como: ser leve e fácil de ser manipulada; ser incombustível e não propagar chamas; não deteriora; não favorece a proliferação de bactérias ou fungos; não tem desempenho comprometido ao ser submetida a ambientes que possuem agressividade da maresia; e não sofre ataques de roedores.

2.3 LÃ DE ROCHA

La Rocha (2015) relata que a matéria prima básica para obtenção da lã de rocha é a rocha vulcânica diabése. O processo de fabricação dessa lã consiste na produção de fibras que posteriormente são compostas por aglutinante de resina. Na sequência as fibras são prensadas na densidade e espessura ideal para formação da lã e, posteriormente, formam-se placas rígidas ou semirrígidas, feltros e flocos, o que poderá converter-se em outros materiais. Na construção civil a lã de rocha é comercializada em forma de painéis ou em mantas, conforme Figura 2.

Figura 2 – Lã de rocha.



Fonte: Isoline (2017).

Salvador (2001) indica as principais características da lã de rocha, sendo elas: material não poluente, ph neutro, antiparasita, imputrescível, não corrosivo, incombustível, favorável ao custo benefício, material ideal para isolamento térmico e acústico e não nocivo à saúde, mas seu manuseio e aplicação devem ser realizados com vestuários e luvas adequadas.

Liborio (2009) afirma que as fibras da lã de rocha, por serem materiais que possuem elevados índices de absorção acústica, podem ser aplicadas em ambientes internos, visto que são

incombustíveis suportam temperaturas acima de 1000°C, apresentando maior eficiência na faixa de -200°C a +750°C, e apresentam características de baixa condutividade térmica, que pode variar conforme a espessura do material.

Segundo Isoline (2013), o objetivo da utilização de lã de rocha como preenchimento entre as placas de *drywall* é promover uma barreira, evitando o alastramento das ondas sonoras e da mesma forma otimizando o isolamento térmico, auxiliando para garantir maior eficácia energética do ambiente. A lã de rocha é comercializada na forma de rolo ou painéis aglomerados com resinas especiais. Esse painel tem relativa maleabilidade e baixo peso, é indicado tanto na indústria como na construção civil para tratamento de isolamento térmico e acústico (TRES, 2017).

Mendes (2017) defende que a lã de rocha tem alta procura como isolante, devido ao fato de não reagir quimicamente com o meio que é submetida, pois pode ser aplicado em diversos ramos de serviços, sem comprometer a estrutura do processo. Esse material torna-se altamente atrativo para o meio industrial por ter seu coeficiente de condutividade térmico relativamente baixo.

Segundo La Rocha (2017), devido as excelentes propriedades de isolamento acústico e térmico e resistência à água, esse material se aplica em diversos setores da construção civil, principalmente em ambientes internos como forros, coberturas, fachadas e paredes. Além da sua utilização como isolante térmico e acústico, auxilia na proteção contra incêndios, sendo uma barreira contrafogo.

2.4 LÃ DE PET

Valle (2002) ressalta que para garantir o desenvolvimento sustentável, é preciso atender as necessidades da geração atual sem comprometer o direito de as futuras gerações atenderem as próprias. A reciclagem de materiais, o reaproveitamento de recursos e o empreendedorismo sustentável são temas importantes para a preservação da vida no planeta. No estudo da ciência acústica, esses conceitos refletem na busca e desenvolvimento de materiais que atendem os padrões de eficiência e qualidade exigidos pela sociedade, em termos de tratamento sonoro, mas que também sejam naturais, que são os principais atributos da lã de PET.

Segundo Aranha (2019), a lã de PET é um produto composto de fibras de poliéster, material proveniente da reciclagem de garrafas PET, sem adição de resinas. Apesar de sua aparição discreta em estudos acústicos e como opção no mercado da construção civil é um material que apresenta alto potencial de aplicação devido as suas características de isolamento térmico e acústico. O material pode ser usado em diversas soluções, é um produto da reciclagem e também 100% reciclável, não exige água durante o seu processo produtivo, tampouco resinas voláteis.

Aranha (2019) aponta, ainda, que para cada m² de parede de *drywall* revestida com lã de PET (densidade 30kg/m³ e 50mm de espessura) na construção civil, por exemplo, aproximadamente 100 garrafas PET de água (500ml) são utilizadas no processo de fabricação e conseqüentemente retiradas da natureza. Na construção civil, a lã de PET é comercializada em forma de mantas, conforme Figura 3.

Figura 3 – Lã de PET.



Fonte: Neo Térmica (2016).

Pinheiro (2019), relata que a lã de PET é um material fibroso de células abertas composto da reciclagem do polímero Tereftalato de Polietileno e, geralmente, comercializada em forma de painéis ou mantas. É utilizada como material acústico para fins de tratamento e absorção sonora em ambientes internos, como revestimento de paredes, preenchimento de paredes leves para isolamento do ruído aéreo e como material de preenchimento entre as placas de paredes do tipo *drywall*. Além do valor ambiental agregado por ser um produto reciclado é um material hipoalérgico e inofensivo para a saúde do instalador.

Segundo Aranha (2019), a lã de PET é obtida por meio da reciclagem de garrafas PET, que já retirou bilhões de garrafas da natureza. No processo de fabricação, o plástico passa pelas seguintes etapas: é seco, moído, fundido, filtrado, extrudado, estirado, termofixado (fixação em altas temperaturas em que fibras sintéticas atingem um ponto de fusão tornando o feltro mais rígido e homogêneo, tornando-se uma manta de alta resistência), cortado e drenado novamente. Ao final do processo, o material pode ser utilizado em instalações industriais, comerciais e residenciais.

Apresenta características como: propriedades favoráveis ao isolamento acústico e térmico, hipoalérgica, auto extingüível, resistente a umidade, simples instalação, ótimo custo benefício, alta resistência mecânica, eficiente, ecológica, reciclável, indeformável com o tempo, não decanta com vibração estrutural, sem adição de resinas, resistente a micro-organismos e sua vida útil pode passar

dos 100 anos. As mantas de lã de PET são encontradas comercialmente com densidade entre 5 e 35kg/m³ e espessura de até 100mm (ARANHA, 2019).

2.5 SOM E RUÍDO

Os conceitos de som e ruído podem, por vezes, se confundir, visto que o ruído é um tipo de som, mas um som nem sempre é tido como um ruído. Conforme Costa (2003), “som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se verificam em determinados limites e frequências”. Já Carvalho (2010) define de forma simplificada, afirmando que “som é toda vibração ou onda mecânica gerada por um corpo vibrante, passível de ser detectada pelo ouvido humano”. Desta forma, o som precisa de um meio para ser transmitido, podendo ser água, ar ou mesmo através de estruturas que compõem uma edificação.

Já o ruído, Seip (2007) define como um som indesejado, desagradável ou imprevisto. E, sendo assim, é subjetiva a percepção de ruído, variando de indivíduo para indivíduo, pois um som pode ser perturbador para um e agradável ao outro, como por exemplo, uma música alta. O indivíduo que deseja ouvir a música não a considera um ruído, visto que lhe é agradável, no entanto outro indivíduo pode sentir-se incomodado com a música, quando tocada na mesma intensidade, tornando a música um ruído para este segundo indivíduo.

2.5.1 Ruído de fundo

Costa (2003) descreve ruído de fundo como ruídos inerentes ao ambiente. Tomando como exemplo uma medição numa residência cujo principal tipo de ruído é proveniente do tráfego, outros ruídos (medidos com a ausência do tráfego) são ruído de fundo. Durante a medição acústica, é possível que o ruído de fundo interfira nas aferições. Desta forma, deve-se proceder, segundo Gerges (1992 apud Ferreira, 2010), fazendo uma análise a partir da diferença (ΔL) entre o nível de pressão sonora do ruído de fundo (L_f) e o nível de pressão sonora da medição (L_t), caso:

$\Delta L \leq 3$ dB – há excesso de ruído de fundo, portanto a medição não pode ser ainda considerada e é necessário realizar nova medição.

3 dB $< \Delta L \leq 10$ dB – é realizada a correção do nível de pressão sonora (NPS)

Através da aplicação da Equação 1:

$$NPS = 10 \log(10^{\frac{L_t}{10}} - 10^{\frac{L_f}{10}})$$

L_f – Nível de pressão sonora do ruído de fundo

L_t – Nível de pressão sonora da medição

NPS – Nível de Pressão Sonora

$\Delta L \geq 10$ dB – não há interferência do ruído de fundo na medição.

2.5.2 Coeficiente de redução sonora (NRC)

Segundo Simões (2011), uma fonte sonora emite ondas, que refletem nas diversas superfícies internas do ambiente analisado. A direção dessas reflexões é determinada pela geometria do ambiente, e a intensidade de cada raio sonoro refletido é determinada pela capacidade de absorção do material onde o som reflete. É denominado coeficiente de absorção alfa (α), esta capacidade de absorção dos materiais da construção, variando de acordo com as características físicas (porosidade, rigidez, etc) e, também, com a frequência do som (graves, médios ou agudos).

Segundo Masini e Teodoro (2008), o coeficiente de redução sonora é definido como sendo a razão entre a energia acústica absorvida e a energia acústica incidente. A fórmula utilizada para o cálculo do coeficiente de redução sonora está apresentada na Equação 2:

$$NCR = \frac{\text{Pressão sonora emitida} - \text{Pressão sonora medida}}{\text{Pressão sonora emitida}}$$

3. METODOLOGIA

Esse estudo tratou-se de uma pesquisa de laboratório, de caráter experimental, com levantamento das características dos materiais utilizados no preenchimento de divisórias em *drywall*, limitando-se a lã de rocha, lã de vidro e lã de PET (material proveniente da reciclagem de garrafas PET).

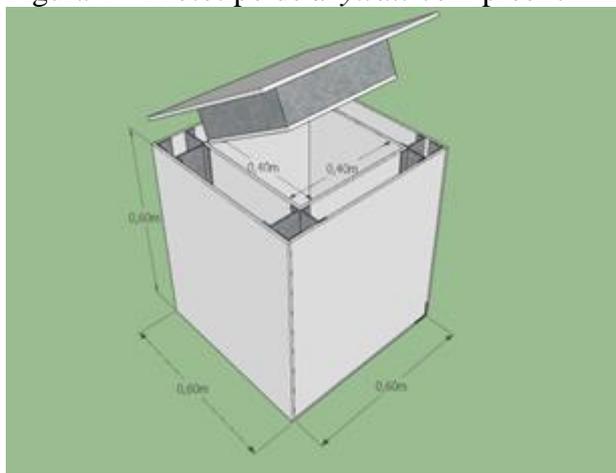
A pesquisa foi realizada pelo método comparativo, em que foram testadas as características de isolamento acústico dos materiais em laboratório, por meio de experimentos com ambientes reduzidos montados *in loco*. Os resultados obtidos de cada material foram tabelados e comparados com os demais, determinando assim o material com melhor desempenho de isolamento.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para a realização do experimento, foram confeccionados 4 cubos com dimensões internas de 40x40x40cm, externas de 60x60x60cm e volume interno de 0,064m³. Todas as amostras respeitaram as dimensões mínimas e métodos construtivos do *drywall*, conforme a NBR 15758-1:2009, que consiste em chapas de gesso acartonado aparafusadas em montantes de aço com cobertura de zinco.

A amostra consiste em uma caixa com tampa, que garante o total isolamento a fim de possibilitar a aferição das características de isolamento de cada material, conforme exibe a Figura 4.

Figura 4 – Protótipo de *drywall* com preenchimento.



Fonte: Autores (2021).

A figura 4 exibe o planejamento e dimensões dos protótipos que foram construídos. A partir desse modelo, foram fabricadas quatro amostras seguindo o mesmo as recomendações dos fornecedores de material e o mesmo padrão construtivo.

A amostra número 1 foi confeccionada com chapas de gesso acartonado, sem adição de manta, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Protótipo de *drywall* sem preenchimento.



Fonte: Autores (2021).

A figura acima demonstra a confecção da primeira amostra. Esta amostra constituiu-se apenas dos materiais convencional de drywall, chapas de gesso acartonado e perfis de aço galvanizado.

As chapas de gesso são as *Standart* da marca Placo, que são fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão. Conforme especificações do fabricante, sua utilização é indicada para paredes e divisórias em áreas internas e secas. Possui espessura de 12,5mm, 8 a 12 kg por m².

Os montantes utilizados são da marca Placo, constituídos de aço galvanizado revestidos com zinco, possuindo 50mm de espessura e 70mm de largura. É utilizado na estruturação de paredes, divisórias, forros e revestimento.

A amostra número 2 foi confeccionada com as mesmas especificações adicionando lã de vidro como preenchimento, conforme demonstra a Figura 6.

Figura 6 – Protótipo de *drywall* com preenchimento de lã de vidro.



Fonte: Autores (2021).

A figura acima exibe a fabricação da amostra número 2 utilizando a lã de vidro como preenchimento. A lã utilizada é da marca Isover, sendo ela um feltro em lã de vidro totalmente incombustível. Possui 50mm de espessura e é indicada para vedações em paredes e divisórias internas conforme especificações do fabricante. A amostra número 3 foi confeccionada com a adição de lã de rocha conforme demonstra a Figura 7.

Figura 7 – Protótipo de *drywall* com preenchimento de lã de rocha.



Fonte: Autores (2021).

A figura 7 mostra a fabricação da amostra número 3 com a utilização da lã de rocha como preenchimento. A lã é da marca Rock Fibras com espessura de 50mm, incombustível e indicada para

paredes e divisórias em *drywall*, alvenaria convencional e revestimento com chapas cimentícias conforme especificações do fabricante.

A amostra número 4 foi confeccionada com a adição de lã de PET conforme exibe a Figura 8.

Figura 8 – Protótipo de *drywall* com preenchimento de lã de PET.



Fonte: Autores (2021).

A figura acima apresenta a amostra 4 com a utilização da lã de Pet. A lã utilizada é da marca Isosoft, com 50 mm de espessura, é indicado para construções em *drywall* e *steel frame*. Por ser reciclável e ecossustentável é um material ecologicamente correto.

3.2 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Os protótipos foram confeccionados em uma empresa qualificada na instalação de divisórias em *drywall* na cidade de Marechal Cândido Rondon, Paraná. A coleta de dados foi realizada de forma experimental em laboratório entre os meses de setembro e outubro de 2021, em que foram realizados relatórios com as características dos materiais.

Os experimentos foram realizados por meio de cubos confeccionados com paredes de gesso acartonado, sendo um deles sem preenchimento, o segundo com preenchimento de lã de vidro, o terceiro com preenchimento de lã de rocha e, por fim, um quarto cubo com preenchimento de lã de PET. Para medição de isolamento acústico foi utilizado o decibelímetro DEC-5010 (Figura 9).

Figura 9 – Decibelímetro DEC-510.



Fonte: Autores (2021).

A figura 9 apresenta o decibelímetro, instrumento que faz uso da unidade de decibéis (dB), e é utilizado para realizar a captação da intensidade do ruído de um ambiente, quando o mesmo é submetido a exposição sonora em seu entorno. O aparelho foi alocado a 20cm da amostra conforme Figura 10.

Figura 10 – Posicionamento do decibelímetro para ensaio.



Fonte: Autores (2021).

A figura acima exhibe o posicionamento do decibelímetro durante a coleta dos dados. Para a emissão dos ruídos, foi utilizada uma fonte emissora de marca JBL modelo clip2, com potência de saída de 3w e resposta de frequência de 120Hz – 20kHz. A fonte foi introduzida no interior do protótipo, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 – Posicionamento da fonte emissora para ensaio.



Fonte: Autores (2021).

A Figura 11 apresenta o posicionamento da fonte emissora no interior do protótipo, após isso, a caixa foi tampada para a realização dos ensaios. Para a emissão dos ruídos foi utilizado o software audacity, produzindo um ruído digital englobando as frequências de 20Hz a 2000Hz. Foi emitido o ruído rosa em que todas as bandas de frequência contribuem com a mesma energia. O ruído emitido teve duração de 15 segundos e o teste foi realizado com a medição de 10 segundos.

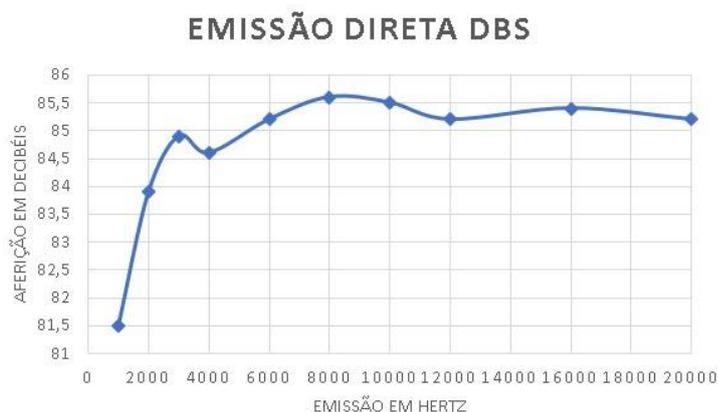
3.3 COMPARAÇÃO DOS DADOS

Após a coleta de dados, foi realizada a comparação dos resultados obtidos referente às características de isolamento acústico entre os diferentes preenchimentos estudados. Os resultados foram coletados e organizados graficamente relacionando frequência emitida com a pressão sonora aferida pelo decibelímetro. Desta forma, foi possível comparar o desempenho de cada material em determinadas frequências.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi estipulado como referência o nível de pressão sonora obtido com o teste realizado pela captação direta da fonte emissora, ou seja, sem que a fonte emissora estivesse inserida em um dos corpos de prova. Esses valores estão disponíveis no gráfico da Figura 12.

Figura 12 – Gráfico de captação direta da fonte emissora.

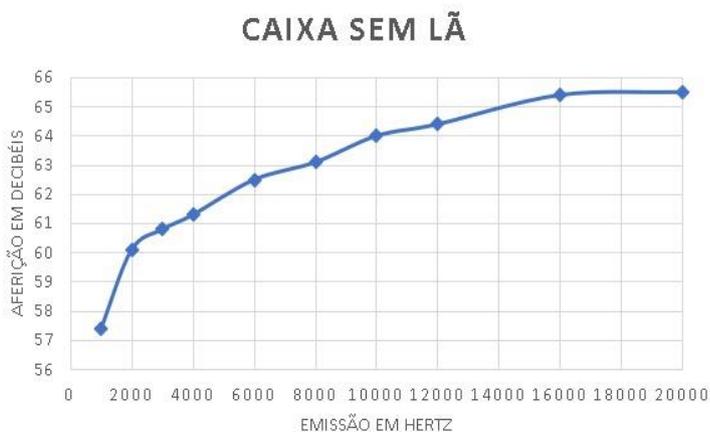


Fonte: Autores (2021).

A figura acima mostra os níveis de pressão sonora obtidos em cada frequência analisada, partindo de 1000Hz até 20000Hz.

Os níveis de pressão sonora obtidos no teste do corpo de prova sem preenchimento estão apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Gráfico de captação da fonte emissora em corpo de prova sem material isolante.

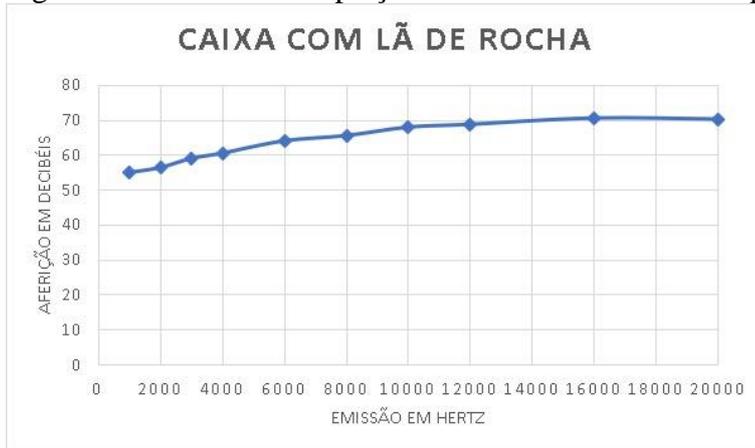


Fonte: Autores (2021).

A figura acima apresenta os resultados obtidos após o ensaio de isolamento acústico no corpo de prova sem preenchimento isolante. Os resultados tiveram variação entre 57,2dBs e 65,5 dBs.

Os níveis de pressão sonora obtidos no teste do corpo de prova isolado com lã de rocha estão apresentados na Figura 14.

Figura 14 – Gráfico de captação da fonte emissora em corpo de prova isolado com lã de rocha.



Fonte: Autores (2021).

A figura acima apresenta os resultados obtidos após o ensaio de isolamento acústico no corpo de prova isolado com lã de rocha. Os resultados tiveram variação entre 55dBs e 70dBs.

Os níveis de pressão sonora obtidos no teste do corpo de prova isolado com lã de vidro estão apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Gráfico de captação da fonte emissora em corpo de prova isolado com lã de vidro.

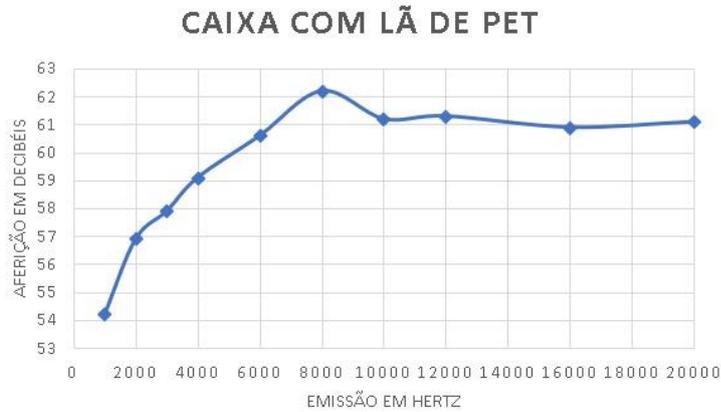


Fonte: Autores (2021).

A figura acima apresenta os resultados obtidos após o ensaio de isolamento acústico no corpo de prova isolado com lã de rocha. Os resultados tiveram variação entre 54,2dBs e 64dBs.

Os níveis de pressão sonora obtidos no teste do corpo de prova isolado com lã de PET estão apresentados na Figura 16.

Figura 16 – Gráfico de captação da fonte emissora em corpo de prova isolado com lã de PET.



Fonte: Autores (2021).

A figura acima apresenta os resultados obtidos após o ensaio de isolamento acústico no corpo de prova isolado com lã de rocha. Os resultados tiveram variação entre 54,1dBs e 62,2dBs. Utilizando a equação 2 que se refere ao coeficiente de redução sonora mencionada anteriormente, obteve-se os dados apresentados na Figura 17.

Figura 17 – Porcentagem de redução sonora.

Frequência (Hz)	1000	2000	3000	4000	6000	8000	10000	12000	16000	20000
Redução Sonora em %										
Caixa sem Lã	29,82%	28,37%	28,30%	27,54%	26,73%	26,29%	25,15%	24,50%	23,54%	23,33%
Caixa com Lã de vidro	32,64%	32,66%	32,55%	30,02%	29,31%	25,35%	27,72%	28,25%	28,57%	27,43%
Caixa com Lã de rocha	32,52%	36,71%	31,60%	29,08%	26,14%	23,83%	20,23%	18,99%	18,03%	18,05%
Caixa com Lã de Pet	33,62%	32,18%	31,72%	30,14%	29,07%	27,45%	28,42%	28,14%	28,69%	28,49%

Fonte: Autores (2021).

A figura acima apresenta a porcentagem da redução sonora de cada uma das amostras com base nos resultados obtidos em cada um dos ensaios. O índice de redução sonora se deu pela diferença da pressão sonora emitida e a pressão sonora captada, dividida pela pressão sonora obtida. O resultado é a porcentagem de absorção do raio de energia sonora.

Nas frequências de 1000Hz a 4000Hz os materiais de preenchimento apresentaram reduções muito próximas, tendo a lã de PET com um mínimo desempenho melhor. Analisando, a partir dos 4000Hz até 20000Hz, nota-se certa perda de desempenho por parte da lã de rocha e a lã de PET, mostrando-se constante com pouca perda de desempenho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de lãs minerais como isolante acústico é amplamente aplicada no Brasil, e os resultados do presente trabalho confirmam a redução sonora. Quando comparado os resultados de redução sonora, os corpos de prova que contêm lã apresentam melhor desempenho acústico, pois a adição da lã favorece o amortecimento e aumento de massa.

Ao comparar com os testes realizados por Lima e Zenerato (2016), que realizou teste dos materiais por meio de ambiente controlado e isolado de ruídos externos, demonstrando que o isolamento fica mais fácil com o aumento da frequência, constatou-se que o presente experimento teve redução de desempenho conforme o aumento da frequência. A redução de desempenho das amostras pode ser justificada pela reverberação e/ou ressonância.

Os resultados apresentados nesse estudo podem ser utilizados na prática para demonstrações de desempenho dos materiais para projetos de conforto acústico, em diversos ambientes. Para este uso deve ser realizado um estudo considerando-se a diferença de custo entre os materiais estudados. Oportunidades como essa indicam que este trabalho pode ser continuado no desenvolvimento de novas pesquisas como:

- Análise de vibração e ressonância da amostra;
- Comparação de chapas de *drywall* com diferentes espessuras;
- Comparação com diferentes números de placas de *drywall*;
- Comparação entre diferentes densidades de lãs minerais, e;
- Estudo de custo benefício dos materiais utilizados.

REFERÊNCIAS

ARANHA, R. V. **Análise técnica via tubo de impedância e estudo sustentável da lã de pet como substituta de materiais comerciais em aplicações acústicas**. Monografia (Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia da universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. **Manual de projeto de Sistemas Drywall**: paredes, forros e revestimentos. – São Paulo: Pini, 2006.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. 2. ed, Brasília: Thesaurus, 2010.

ATAI, R. E.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F. **Materiais, Técnicas e Processos para Isolamento Acústico**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2006. Foz do Iguaçu-PR, 2017.

COSTA, E. C. **Acústica técnica. 1. Ed**, São Paulo, Blucher, 2003.

COSTA, J.A.T.C.; CUNHA, L.C. **Conforto térmico em apartamentos poentes: uma análise sobre o uso de materiais para isolamento térmico em Maceió-AL** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) Centro Universitário CESMAC. Maceió – AL, 2018.

FERRARI, F. H. **Comparativo acústico entre o sistema construtivo *Drywall* e alvenaria convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Comunitária da Região de Chapecó-SC, 2015.

FERREIRA, P. D. **Análise do desempenho acústico de vidros de diferentes tipos e combinações, em ambiente controlado, em banda de 1/1 oitava de frequência**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba- 2010.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e controle**. NR Editora. Florianópolis-SC, 2000.

ISOLINE BRASIL. **Isolamento térmico na construção civil e o meio ambiente**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível:< www.isoline.com.br >. Acesso em 01 abr. 2021.

LA ROCHA, Indústria e Comércio de Fibras Minerais LTDA. **Apresentação Lã de Rocha**. 2017. Disponível em: <http://www.larocha.com/index>. Acesso em: 15set. 2017.

LIBORIO, J. B.L. **Revista Concreto e Construções**. São Paulo: Ibracon. Vol. 55, p.48-54. 2009.

LIMA, K.E.J.B.; ZENERATO, T.S. **Comparativo de desempenho acústico de mdf e *drywall* e suas composições com lã de vidro e lã de rocha**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2016.

LIMA, R. F. **Técnicas, Métodos e Processos de Projeto e Construção do Sistema Construtivo Light Steel Frame**. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Pós-graduação em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br>. Acesso em março 2021.

MASINI, H. F. TEODORO, E. B. **Medição automática do coeficiente de absorção acústica de materiais**. 2008.

MELO, A.P. **Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais**. Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação (Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Florianópolis-SC, 2007.

MENDES, H. G. **Isolantes sustentáveis: Estudo para viabilidade de fabricação de isolamento térmico e acústico a partir dos resíduos de lã de rocha e de poliuretano.** Relatório técnico/científico (Engenharia Química) Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão – SC, 2017.

PAPST, A.L. **Uso de inércia térmica no clima subtropical estudo de caso em Florianópolis.** Dissertação de Mestrado universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 1999.

PINHEIRO, G. M. **Avaliação da redução do ruído de impacto ao longo do tempo de sistemas de contrapiso flutuante.** Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC, 2019.

ROSEGHINI, A. G. **Análise Comparativa entre Sistemas de Divisórias Internas de Edificação Residencial Unifamiliar.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2015.

SALVADOR, S. **Inovação de produtos ecológicos em cortiça.** (Engenharia Mecânica) Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal, 2001.

SEIP, C. E. **Multipurpose room interior noise control for owners and facility managers, B.S.,** Kansas State University, 2007.

SIMÕES, M.F. **Procel edifica – Eficiência energética em edificações: Acústica arquitetônica.** Rio de Janeiro - RJ 2011.

TRES, K. **Utilização do sistema *drywall* em uma edificação residencial: Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e *drywall*.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão-SC, 2017. Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC, 2019.

VALLE, A. E. do. **Qualidade Ambiental 14000. 8 ed.** Senac, São Paulo, 2002.