

Estudo de desempenho acústico de coberturas utilizadas na construção civil *Acoustic performance study of roofs used in civil construction* Título do Artigo

GABRYELLA BASIL DE SOUZA¹
LARISSA MARTINS PATRICIO MODESTO²
LEANDRO DANIEL PORFIRO³

Resumo

Com o crescimento desordenado das cidades e o aumento da densidade demográfica em determinados espaços, a vida moderna tornou-se mais agitada, complexa e conseqüentemente mais barulhenta. A engenharia tem estudado formas de conter o excesso de ruído provocado pelos efeitos da urbanização, buscando materiais e técnicas melhores, para reduzir os ruídos entre o meio externo e interno, das moradias. A engenharia se baseia em normas criadas para garantirem parâmetros necessários para o conforto, a segurança e a saúde das pessoas. Considerando estas normas, neste trabalho foram realizados ensaios experimentais para identificar e comparar quais tipos de forro/cobertura são mais eficientes para inibir os ruídos causados fora do ambiente. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas os ruídos dentro de uma residência não devem ultrapassar 50 dB. Nos ensaios realizados, utilizando um modelo experimental, em forma de caixa acústica, na qual a cobertura era trocada a cada ensaio, a cobertura de fibrocimento combinada com forro de policloreto de vinila (PVC) alcançou melhor desempenho, reduzindo a intensidade sonora em 36%, para frequência de 120 Hz, enquanto a cobertura de telha colonial foi a que teve o menor desempenho, menor do que 5%, em relação as outras. É possível que outras configurações de cobertura possam oferecer uma redução da intensidade sonora ainda maior, sendo necessários outros estudos com maior abrangência.

Palavras Chave: Cobertura. Isolamento acústico. Intensidade sonora.

Abstract

With the disorderly growth of cities and the increase in demographic density in certain spaces, modern life has become more hectic, complex and consequently noisier. Engineering has been studying ways to contain the excess noise caused by the effects of urbanization, seeking better materials and techniques to reduce noise between the external and internal environments of homes. The engineering is based on standards created to guarantee the necessary parameters for people's comfort, safety and health. Considering these standards, in this work experimental tests were carried out to identify and compare which types of ceiling/roof are more efficient in inhibiting the noise caused outside the environment. According to the Brazilian Association of Technical Standards, noise inside a residence must not exceed 50 dB. In the tests carried out, using an experimental model, in the form of an acoustic box, in which the cover was changed at each test, the fiber cement cover combined with polyvinyl chloride (PVC) lining achieved better performance, reducing sound intensity by 36%, for a frequency of 120 Hz, while the colonial roof tile had the lowest performance, less than 5%, in relation to the others. It is possible that other coverage configurations may offer an even greater reduction in sound intensity, requiring further studies with greater scope.

Keywords: Roof. Soundproofing. Sound intensity.

Introdução

¹ Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Evangélica de Goiás – Unievangélica. ORCID: 0000-0002-9175-4750. E-mail: gabyvps@hotmail.com

² Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Evangélica de Goiás – Unievangélica. ORCID: 0000-0003-2520-3499. E-mail: larissamartins0830@outlook.com

³ Professor da Universidade Estadual de Goiás (Departamento de Física). Doutor. ORCID: 0000-0002-8090-3968. E-mail: fisicoleandro@yahoo.com.br

Nas últimas décadas, houve um aumento da taxa de urbanização e da população considerável no Brasil. Isso é o que demonstram os dados disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (BRASIL, 2021).

É possível inferir que com o aumento da taxa de urbanização e da densidade demográfica, a quantidade de moradias nos municípios brasileiros aumentou e conseqüentemente a quantidade de ruídos produzidos também.

O crescente número de reclamações sobre o barulho causado, em edificações verticais, por exemplo, vem aumentando frequentemente. Algumas vezes, as pessoas dizem ter se acostumado com tais ruídos próximos às suas residências e locais de trabalho, quando na realidade estão sofrendo perda de sua sensibilidade auditiva, ou estão em situação de estresse constante. (CARVALHO, 2010).

Visando estabelecer parâmetros que estejam em consonância com a saúde coletiva é que a área de engenharia civil tem se dedicado a normatizar esses parâmetros, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na qual estão inseridas as orientações da Norma Brasileira que tratam do desempenho acústico de estruturas (NBR 10152/1987). Além disso, a área de engenharia civil, também tem se dedicado a estudar a utilização de novos materiais e técnicas para diminuir o impacto da poluição sonora na sociedade. Estabelecendo e quantificando esses parâmetros (NAKAMURA, 2006).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi medir e comparar o desempenho acústico de alguns tipos de coberturas, comumente chamados de telhados e forros, utilizados na construção civil, considerando a norma de desempenho NBR 10152/1987. Para realizar os ensaios foi construída uma caixa acústica, de madeira (MDF) de 1m³, revestida internamente com materiais absorvedores de som. A caixa foi submetida a três frequências de som (50 Hz, 120 Hz e 300 Hz) direcionados sobre a cobertura (telha cerâmica, telha de metal, telha sanduíche, telha de fibrocimento) que foi ensaiada para cada uma das frequências. Além das telhas foram utilizados alguns tipos de forros (forro de PVC, termo painel e gesso), associados às telhas, gerando diversas configurações interessantes para redução do som no interior da caixa acústica. As medidas da intensidade do som foram realizadas dentro e fora da caixa, em unidade de decibels. Os resultados serão apresentados neste trabalho.

Conceitos e fundamentos de acústica

A acústica é uma das áreas de conhecimento da Física que estuda o som e sua interação com matéria. “O som é a propagação de vibrações através do meio material – um sólido, um líquido ou um gás”. (HEWITT, 2009, p.330).

Sendo o som uma onda mecânica, pode-se atribuir a ele a mesma descrição realizada para movimentos vibratórios que a Física utiliza para pêndulos, por exemplo. Neste sentido, torna-se importante definir alguns conceitos que fundamentaram cientificamente o ensaio experimental realizado.

Dois conceitos fundamentais em acústica, para os ensaios realizados neste trabalho são a frequência e a intensidade sonora.

A frequência de uma onda sonora é o número de oscilações realizadas pela onda a cada segundo. Essa oscilação transporta energia, sem necessariamente transportar matéria e pode se propagar na matéria em estado sólido, líquido ou gasoso. Este parâmetro é medido em Hertz [Hz]. Isso significa que se uma onda possuir uma frequência de 40 Hz, a fonte que a produziu está vibrando quarenta vezes por segundo. (HEWITT, 2009).

As ondas sonoras podem ser classificadas de acordo com sua frequência, conforme apresentadas no Quadro 1.

Infrassons	Abaixo de 20 Hz	Não perceptíveis ao ouvido humano
Baixa frequência	Acima de 20 Hz até 200 Hz	Sons graves
Média frequência	Acima de 200 Hz até 2000 Hz	Sons médios
Alta frequência	Acima de 2000 Hz até 20000 Hz	Sons agudos
Ultrassom	Acima de 20000 Hz	Não perceptíveis ao ouvido humano

Quadro 1 - Classificação das Ondas
Fonte: Autores [Adaptado] (HEWITT, 2009)

O ouvido humano é sensível aos três níveis de frequências, apresentados no quadro 1: alto, médio e baixo. Porém, o ouvido sente algumas frequências melhores do que outras,

geralmente sons na faixa de 3500 Hz, são os que mais incomodam.

Mas, para compararmos sons produzidos por variadas fontes é necessário utilizar um outro parâmetro, que esteja relacionado à energia recebida da onda sonora, porque considera também a dimensão espacial e não somente a frequência. Este parâmetro é a intensidade sonora (**I**).

A intensidade sonora está relacionada à amplitude das vibrações. Ela mede a quantidade de energia que as ondas sonoras transferem, através de uma área, no intervalo de tempo de um segundo. Ou seja, através da intensidade sonora é possível determinar o fluxo de energia transportado por uma onda sonora. Ela é medida em unidades de watts/ metro ao quadrado [W/m^2], sendo definida como

$$\mathbf{I = P/S} \quad (1)$$

Onde **I** é a intensidade sonora [W/m^2 ou bel], **P** é a potência da fonte [W] e **S** é área atingida pela onda [m^2]. Como a onda sonora é uma onda esférica (tridimensional) esta área está relacionada à frente de onda esférica ($4\pi r^2$).

O ouvido humano reage a uma faixa que vai de $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ a $1 \text{ W}/\text{m}^2$ (limiar da dor). Como essa faixa de valores é muito grande, é preferível utilizar escalas de potências de dez, ou seja, escala logarítmica. Logo, a intensidade do som, pode ser calculada pela equação 2.

$$\mathbf{i = 10 \times \log_{10} I/I_0} \quad (2)$$

Onde, **i** é a intensidade física relativa expressa em decibel (dB); **I** é a intensidade física absoluta do mesmo som; **I₀** é a intensidade do som correspondente ao limiar da percepção ($I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ para 1000Hz). (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2009)

Define-se como 0 bel o valor correspondente a $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$, como sendo o valor de referência. Isto quer dizer que, um som dez vezes mais intenso que este terá 1 bel ($10^{-11} \text{ W}/\text{m}^2$), ou 10 decibels, dez vezes acima do limiar de audição. Seguindo este princípio, pode-se dizer que 20 decibels é 100 vezes mais intenso do que o limiar da audição e 30 decibels é 1000 vezes mais intenso e assim por diante. (HEWITT, 2009).

É importante destacar que a exposição humana a sons de alta intensidade, por um tempo, pode causar danos à saúde e até levar a perda da sensibilidade auditiva. É neste sentido, que a norma técnica de desempenho (NBR 10152/1987), para área de engenharia civil, delimita a quantidade de decibéis para cada tipo de ambiente como: restaurantes, escolas, hospitais, residências, entre outros.

Neste trabalho foram destacados apenas os valores em decibels relativos a região interna de uma residência que é de 35 a 50 decibels, que equivale a sons que são de 1000 a 5000 vezes mais intensos do que o limiar da audição. (NBR 10152/1987).

Atualmente é possível medir a intensidade sonora utilizando um aparelho chamado de decibelímetro, que capta um determinado som, dentro da faixa de frequência audível, e calcula sua intensidade sonora apresentando em seu visor o valor já convertido para decibels. Neste ensaio, foram utilizados dois decibelímetros.

Além da compreensão sobre estes aspectos da onda sonora, é importante destacar que quando uma onda sonora encontra um obstáculo ela é refletida e ou absorvida. Dependendo do material no qual a onda incide. Quanto mais rígido e liso o material maior a reflexão e quanto mais poroso maior a absorção. Se uma onda sonora incide dentro de uma caixa com paredes lisas, ocorrerão dentro da caixa reflexões sucessivas que provocarão interferências construtivas (aonde o som fica mais intenso) e destrutivas (aonde o som pode até ser anulado) no espaço interno da caixa. Isso significa que mesmo após a extinção do som as ondas persistem por algum tempo, este fenômeno é denominado de reverberação. (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2009)

No ensaio experimental apresentado neste artigo, foi construída uma estrutura para se medir a capacidade de redução do som quando passa através de coberturas como telhas e forros, que será discutida em detalhes no próximo tópico.

Desenvolvimento e execução dos ensaios

Para realizar os ensaios experimentais, foi construída uma estrutura conforme o esquema da figura 1.

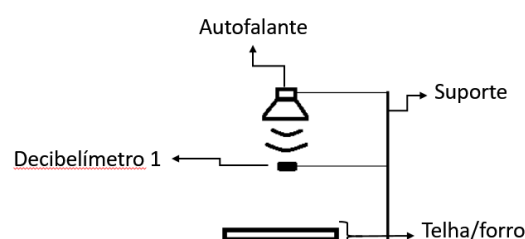


Figura 1 – Esquema de montagem do ensaio
Fonte: Autores, 2021.

No esquema temos um autofalante, que foi utilizado para emitir sons na faixa de 40 Hz à 300 Hz (utilizando um celular conectado a ele). Dois decibelímetros que foram utilizados para medir a intensidade sonora da fonte e dentro da caixa. Uma caixa acústica de madeira e uma cobertura combinada de quatro tipos de telhas e três tipos de forros.

A caixa acústica foi construída de madeira (MDF), com 15 mm de espessura, com 1 m de aresta, simulando uma caixa acústica, porém com um dos lados abertos, para que as coberturas (telhas e forros) fossem colocadas sobre a caixa para os ensaios (Figura 2).



Figura 2 - Caixa acústica de MDF revestida internamente
Fonte: Autores, 2021.

Revestiu-se a parte interna da caixa com alguns materiais absorvedores de som, para evitar a reverberação e a interferência de ruídos externos. Para isso foram utilizados os seguintes materiais:

- Espuma expansiva de poliuretano

- 54 caixas de ovo
- 5m de espuma para colchão 30mm (com densidade D33)

Para cobrir a caixa foram utilizadas diversas combinações de coberturas (telhas e forros):

- 48 telhas de cerâmica
- 4und de terça de madeira
- 1und de telha fibrocimento
- 1und de telha termo acústica 30mm aço filme
- 1und telha metálica
- 1m² de forro PVC
- 1m² de forro de gesso acartonado
- 1m² forro de painel isotérmico 50mm

Além destes materiais, foram utilizados também uma autofalante de 30 W de potência, um celular com aplicativo gerador de sons com frequências variadas e dois decibelímetros digitais, sendo um posicionado dentro da caixa (no centro) e outro posicionado fora da caixa, nas proximidades do autofalante, para captar a intensidade sonora dele.

Foram utilizadas para a cobertura quatro tipos de telhas e três tipos de forros, que foram combinados para os ensaios. Os tipos de telhas utilizados foram: telha de cerâmica, telha sanduíche, com duas faces de metal com um núcleo de poliuretano (termo acústica, também conhecida como telha isotérmica), telha de fibrocimento e telha metálica. Os forros utilizados foram: forro de PVC, forro de gesso acartonado e forro termo painel, conforme mostra a figura 3.

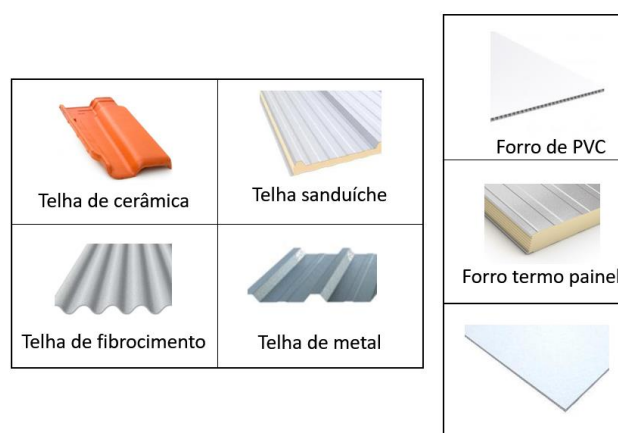






Figura 3 – Telhas e forros utilizados no ensaio
Fonte: Autores, 2021.

As combinações de telha/forro foram separadas conforme o quadro 2. Foram selecionadas algumas fotos, como exemplos, para compor o quadro 2.

Tipo de cobertura (telha / forro)	Disposição sobre a caixa
A) TELHA COLONIAL + FORRO TERMOACÚSTICO	TIPO A 
B) TELHA COLONIAL + FORRO GESSO ACARTONADO	
C) TELHA COLONIAL + FORRO PVC	
A) TELHA SANDUÍCHE + FORRO TERMOACÚSTICO	TIPO A 
B) TELHA SANDUÍCHE + FORRO GESSO ACARTONADO	
C) TELHA SANDUÍCHE + FORRO PVC	
A) TELHA METÁLICA + FORRO TERMOACÚSTICO	Tipo A 
B) TELHA METÁLICA + FORRO GESSO ACARTONADO	
C) TELHA METÁLICA + FORRO PVC	
A) TELHA FIBROCIMENTO + FORRO TERMOACÚSTICO	

B) TELHA FIBROCIMENTO +FORRO GESSO ACARTONADO	 Tipo C
C) TELHA FIBROCIMENTO +FORRO PVC	

Quadro 2 – Tipos de telhas/forros utilizados no ensaio
Fonte: Autores, 2021.

A partir da montagem do ensaio foram realizadas as medidas da intensidade sonora. Para realizar os ensaios experimentais foi adotado o seguinte procedimento:

1. Colou-se um dos decibelímetros em um suporte no centro da caixa, com um celular filmando seu visor.
2. Colou-se a combinação telha/forro sobre a caixa.
3. Posicionou-se um autofalante a 1m de distância da caixa, na parte superior, de forma que o som produzido pelo autofalante atinjisse a cobertura por cima.
4. Conectou-se outro celular ao autofalante com um aplicativo gerador de sons em diversas frequências. Optou-se por gerar frequências de 50 Hz, 120 Hz e 300 Hz, ou seja, entre 50 dB e 100 dB. Tentando simular intensidades sonoras típicas de uma cidade movimentada.
5. Posicionou-se o outro decibelímetro fora da caixa perto do autofalante, para se determinar a intensidade sonora de saída do autofalante.
6. Após cada medida, a cobertura era trocada.

Para cada combinação de telha e forro foram realizadas medições de emissão e recepção de som nas frequências de 50 Hz, 120 Hz e 300 Hz. Para o começo de cada ensaio foi realizada uma calibração utilizando a frequência de 40 Hz como referência.

Resultados e discussão

Com os dados coletados foi possível construir os quadros apresentados a seguir para cada combinação de frequência e de telha/forro.

Frequência (Hz)	Intensidade Sonora externa (dB)	Intensidade Sonora interna (dB)	Materiais utilizados
40	50	38	Telha sanduíche + PVC
50	61	61	Telha sanduíche + PVC
120	83	66	Telha sanduíche + PVC
300	98	95	Telha sanduíche + PVC
40	50	37	Telha sanduíche + Gesso
50	61	56	Telha sanduíche + Gesso
120	83	68	Telha sanduíche + Gesso
300	98	95	Telha sanduíche + Gesso
40	50	39	Telha sanduíche + Pannel
50	61	62	Telha sanduíche + Pannel
120	83	67	Telha sanduíche + Pannel
300	98	92	Telha sanduíche + Pannel
40	50	38	Telha sanduíche
50	61	58	Telha sanduíche
120	83	63	Telha sanduíche
300	98	91	Telha sanduíche

Quadro 3 – Resultados do ensaio para a telha sanduíche
Fonte: Autores, 2021.

Observa-se, no quadro 3, que na faixa de frequência de 50 Hz a telha sanduíche + gesso foi

a que mais reduziu a intensidade sonora, diminuindo em 5 dB. Já para as frequências de 120 Hz (reduziu 20 dB) e 300 Hz (reduziu 7 dB), a melhor combinação foi a telha sanduíche sem nenhum forro.

No próximo quadro (Quadro 4) tem-se os resultados relativos à telha metálica.

Frequência (Hz)	Intensidade Sonora externa (dB)	Intensidade Sonora interna (dB)	Materiais utilizados
40	50	42	Telha metálica
50	61	61	Telha metálica
120	83	69	Telha metálica
300	98	94	Telha metálica
40	50	38	Telha metálica + Gesso
50	61	57	Telha metálica + Gesso
120	83	65	Telha metálica + Gesso
300	98	90	Telha metálica + Gesso
40	50	40	Telha metálica + Pannel
50	61	63	Telha metálica + Pannel
120	83	66	Telha metálica + Pannel
300	98	94	Telha metálica + Pannel
40	50	40	Telha metálica + PVC
50	61	56	Telha metálica + PVC
120	83	62	Telha metálica + PVC

300	98	94	Telha metálica + PVC
-----	----	----	----------------------

Quadro 4 – Resultados do ensaio para a telha metálica.

Fonte: Autores, 2021.

Com a telha metálica, percebe-se que para a frequência de 50 Hz, a melhor combinação foi telha metálica + PVC, que reduziu a intensidade sonora em 10 dB. Para a frequência de 120 Hz a melhor combinação também foi telha metálica + PVC, reduzindo em a 21 dB a intensidade sonora. Porém, quando atingiu-se a frequência de 300 Hz, a melhor combinação passou a ser da telha metálica + gesso, que reduziu em 8 dB a intensidade sonora.

No próximo quadro (Quadro 5) tem-se os resultados para a telha de fibrocimento.

Frequência (Hz)	Intensidade Sonora externa (dB)	Intensidade Sonora interna (dB)	Materiais utilizados
40	50	41	Fibrocimento + PVC
50	61	58	Fibrocimento + PVC
120	83	53	Fibrocimento + PVC
300	98	87	Fibrocimento + PVC
40	50	38	Fibrocimento + Gesso
50	61	58	Fibrocimento + Gesso
120	83	68	Fibrocimento + Gesso
300	98	91	Fibrocimento + Gesso
40	50	37	Fibrocimento + Pannel
50	61	60	Fibrocimento + Pannel

120	83	67	Fibrocimento + Pannel
300	98	92	Fibrocimento + Pannel
40	50	41	Fibrocimento
50	61	54	Fibrocimento
120	83	60	Fibrocimento
300	98	90	Fibrocimento

Quadro 5 - Resultados do ensaio para a telha de fibrocimento

Fonte: Autores, 2021.

Observando-se os dados coletados no ensaio da telha de fibrocimento percebe-se que para a frequência de 50 Hz a melhor combinação é a telha sem forro. Nesta configuração a redução da intensidade sonora foi de 7 dB. Para a frequência de 120 Hz a melhor configuração foi a telha de fibrocimento + PVC, reduzindo em 30 dB a intensidade sonora. E para a frequência de 300 Hz melhor configuração também foi a telha de fibrocimento + PVC, reduzindo em 11 dB.

No próximo quadro (Quadro 6) tem-se os resultados para a telha de cerâmica (tipo colonial).

Frequência (Hz)	Intensidade Sonora externa (dB)	Intensidade Sonora interna (dB)	Materiais utilizados
40	50	50	Cerâmica
50	61	58	Cerâmica
120	83	75	Cerâmica
300	98	95	Cerâmica
40	50	40	Cerâmica + gesso

50	61	56	Cerâmica + gesso
120	83	73	Cerâmica + gesso
300	98	89	Cerâmica + gesso
40	50	39	Cerâmica + pvc
50	61	56	Cerâmica + pvc
120	83	72	Cerâmica + pvc
300	98	89	Cerâmica + pvc
40	50	39	Cerâmica + painel
50	61	50	Cerâmica + painel
120	83	68	Cerâmica + painel
300	98	91	Cerâmica + painel

Quadro 6 - Resultados do ensaio para a telha cerâmica
Fonte: Autores,2021

Para a telha cerâmica, percebe-se que com a frequência de 50 Hz a melhor combinação foi a telha cerâmica + painel, que reduziu em 9 dB a intensidade sonora. Para a frequência de 120 Hz a melhor configuração também foi a telha de cerâmica + painel, que conseguiu reduzir a intensidade sonora em 15 dB. Porém, para a frequência de 300 Hz a configuração da telha cerâmica + gesso e também a cerâmica + PVC, tiveram o mesmo desempenho diminuindo em 11 dB, a intensidade sonora.

Considerando as etapas descritas anteriormente e com os dados coletados, calculou-se a diferença entre a intensidade sonora produzida pela fonte, captada pelo decibelímetro externo e a intensidade sonora captada pelo decibelímetro dentro da caixa acústica. O gráfico a seguir (Gráfico 1), resume os resultados apresentados nos quadros anteriores.

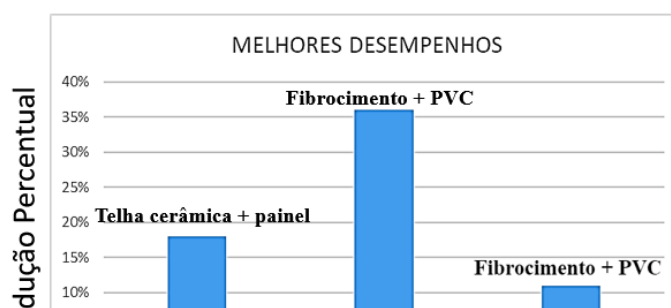


Gráfico 1 – Melhores desempenhos Comparativo de redução de decibels de telhas/forros.
Fonte: Autores, 2021

Neste gráfico é possível observar que a configuração de telha cerâmica + painel, foi a que teve o melhor desempenho para a frequência de 50 Hz, conseguindo reduzir a intensidade do som em 18%. Porém, para frequências mais altas a telha de fibrocimento combinada com o forro de pvc teve o melhor desempenho, diminuindo em 36% a intensidade do som para a frequência de 120 Hz e 11% para a frequência de 300 Hz. Sendo estes os melhores resultados comparados.

Conclusões

Os ensaios realizados demonstram que para determinadas frequências, e conseqüentemente intensidades sonoras, alguns tipos de configurações podem ser melhores do que outras quando se deseja reduzir a intensidade sonora. Para baixa frequência (50 Hz) a combinação de telha cerâmica com forro de termo painel se mostrou com melhor rendimento. Porém, ao se aumentar a frequência (120 Hz ou 300 Hz), a melhor configuração foi a telha de fibrocimento associada ao forro de PVC.

Cabe ressaltar que outros testes podem ser realizados com outras configurações que não foram testadas neste ensaio. Por outro lado, o ensaio se mostrou satisfatório no que se refere ao objetivo principal, servindo de parâmetro para comparações futuras.

Contudo, a redução da intensidade sonora não depende apenas da cobertura da residência, mas de inúmeros outros fatores que não foram abordados neste artigo. Os ensaios realizados servem para aumentar a compreensão a respeito do comportamento de alguns materiais utilizados nas coberturas de residências, contribuindo para que as pessoas consigam escolher a melhor relação custo-benefício para sua residência.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152 – **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987. 4p.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. 2 ed. Ed. Thesaurus. Brasília, 2010. 240p.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em julho de 2021.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009, vol 2.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

ISOVER. **Isolamento ou absorção acústica: Quais são as diferenças**. Disponível em: <https://www.isover.com.br/isolamento-ou-absorcao-acustica-quais-sao-diferencas>. Acesso em março de 2021.

NAKARUMA, J. **Conforto Acústico**. Revista Técnica, 106a Ed., Ano XIV, p.44-47, 2006.