



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI
CURSO: ENGENHARIA CIVIL**

LEANDRO DE OLIVEIRA AGUILAR

**COMPARATIVO ACÚSTICO ENTRE OS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Teófilo Otoni

2019

LEANDRO DE OLIVEIRA AGUILAR

**COMPARATIVO ACÚSTICO ENTRE OS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Fundação Presidente
Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: PEDRO EMILIO AMADOR SALOMÃO

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Pedro Emílio Amador Salomão
Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC

Larissa Petrini Alves Lorentz
Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC

Larissa Tatiane Gonçalves de Paula
Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	4
1.1.	Objetivos Gerais	4
1.2.	Objetivos Específicos	5
2.	REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1.	Análise Histórica da Acústica Residencial	5
2.2.	Isolamento Acústico	7
2.3.	Norma ABNT NBR 15.575 de 2013	8
2.3.1.	Definições dos Parâmetros	8
2.3.2.	Nível Médio de Pressão Sonora em um Cômodo, L	9
2.3.3.	Diferença de Nível de Pressão Sonora, D.....	9
2.3.4.	Diferença de Nível Padronizada, D_{nt}	9
2.3.5.	Diferença de Nível Ponderada, $D_{nT,W}$	9
2.3.6.	Diferença de Nível Ponderada, $D_{2m,nT,w}$	10
2.3.7.	Índice de Redução Sonora, R.....	10
2.3.8.	Índice de Redução Sonora Ponderada, R_w	11
2.3.9.	Métodos Disponíveis para Verificação do Desempenho Acústico.....	11
2.3.10.	<i>Drywall</i> (Gesso Acartonado).	12
2.3.11.	Lã de Rocha	14
2.3.12.	Lã de Vidro	14
2.3.13.	EPS (Poliestireno Expandido).....	14
3.	METODOLOGIA.....	15
3.1.	Metodologia Exploratória	15
3.2.	Metodologia Descritiva.....	16
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1.	Materiais Encontrados na Região do Vale do Mucuri e seus Custos	16
4.2.	Análise o Custo Benefício e Aplicabilidade	17
5.	CONCLUSÃO.....	18
	REFERÊNCIAS	19

RESUMO

Para proporcionar conforto acústico ao ser humano foram desenvolvidos, ao longo do tempo, diversos materiais e técnicas para aplicação em paredes, divisórias, forros e lajes. Alguns materiais de importância encontrados no mercado são o gesso acartonado, a lã de vidro, a lã de rocha, o EPS (Poliestireno Expandido). Considerando a interferência que o ruído tem causado nas edificações, nos tempos atuais, e pensando em contribuir com a temática buscou-se nesse trabalho o estudo comparativo, através de pesquisa bibliográfica e de mercado, entre os principais materiais utilizados para tratamento acústico na região de Teófilo Otoni.

Palavra Chave: Acústico; Materiais; EPS; Ruídos.

ABSTRACT

In order to provide acoustic comfort to the human being, over time, different materials and techniques have been developed for application in walls, partitions, ceilings and slabs. Some important materials found on the market are gypsum board, fiberglass, rock wool, EPS (Expanded Polystyrene). Considering the interference that the noise has caused in the buildings, in the present times, and thinking about contributing to the thematic, this work was sought the comparative study, through bibliographical and market research, among the main materials used for acoustic treatment.

Keyword: Acoustic; Materials; EPS; Noise.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas com a geração de ruído têm causado incômodo tanto em locais particulares como em locais públicos, isso tornou o projeto de acústica um item primordial nas edificações atuais. De acordo com De Rezende, Rodrigues & Vecci (2014) a adequação acústica tem sido ignorada na etapa de projeto dos empreendimentos brasileiros, o que, na maioria das vezes, tem levado os usuários a realizarem intervenções posteriores com maior grau de dificuldade e mais dispendiosas.

Para proporcionar conforto acústico ao ser humano foram desenvolvidos, ao longo do tempo, diversos materiais e técnicas para aplicação em paredes, divisórias, forros e lajes. De acordo com Lamounier (2008) apud Silva (2002) não existe um material que resolva todos os problemas acústicos, por essa razão o projeto de acústica deve ser elaborado de acordo com as particularidades de cada ambiente estudado. Alguns materiais de importância encontrados no mercado, segundo Lamounier (2008), são o gesso acartonado, a lã de vidro, a lã de rocha, o EPS (Poliestireno Expandido) e as espumas acústicas, ou, até mesmo, a combinação de alguns materiais citados.

O crescente interesse a respeito dos efeitos do ruído na saúde humana e o bem-estar do usuário gerou o desenvolvimento de soluções construtivas com propriedades de isolamento acústico (SILVA, 2014). A maior preocupação em atender as exigências dos usuários vem se mostrando através do desenvolvimento e revisão de normas, como o desenvolvimento da ABNT NBR 15.575/2013 - Edifícios Habitacionais: Desempenho, onde são estabelecidos, para os diferentes sistemas, requisitos mínimos de desempenho que devem ser considerados e atendidos.

Considerando a interferência que o ruído tem causado nas edificações, nos tempos atuais, e pensando em contribuir com a temática buscou-se nesse trabalho o estudo comparativo, através de pesquisa bibliográfica e de mercado, entre os principais materiais utilizados para tratamento acústico. Nesta pesquisa buscou-se avaliar quais os materiais comumente utilizados para o tratamento acústico na cidade de Teófilo Otoni/ MG, posteriormente foi realizada a comparação entre esses materiais do ponto de vista econômico e qualitativo dos mesmos a fim de verificar qual aplicação é mais interessante para a região.

1.1. Objetivos Gerais

Considerando a demanda atual das edificações em proporcionar conforto acústico e as inovações que mercado disponibiliza para atender esta demanda, busca-se sempre os produtos com melhor custo benefício. Diante disto é demonstrado nesta pesquisa qual produto apresenta melhor custo benefício respeitando o contexto da região de Teófilo Otoni.

1.2. Objetivos Específicos

- Verificar quais são os isolantes acústico disponíveis na região de Teófilo;
- Expor as características dos isolantes acústico disponíveis na região de Teófilo Otoni;
- Verificar os valores dos isolantes acústicos disponíveis na região de Teófilo Otoni;
- Analisar qual o melhor custo benefício entre os isolantes acústico encontrados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Análise Histórica da Acústica Residencial

As transformações na estrutura das cidades e a elevação da densidade demográfica levaram à otimização e intenso aproveitamento do espaço urbano, através da verticalização das estruturas, estimulando assim o desenvolvimento de novas tecnologias na construção civil. Com a evolução das edificações, a busca por técnicas construtivas mais eficientes e materiais que proporcionassem maior custo-benefício na construção se tornou inevitável, esses fatores, muitas vezes, refletem no desempenho e na qualidade acústica das edificações (DE REZENDE, RODRIGUES & VECCI, 2014).

Segundo Duarte & Viveiros (2007) para compreender a evolução histórica da acústica residencial no Brasil é fundamental entender a história dos elementos de vedação, entretanto devido à falta de fatos para entendermos a linha do tempo destes elementos no Brasil é quase impossível datar com exatidão esta evolução. É possível dizer, conforme Duarte & Viveiros (2007), que na época do Brasil Colonial existiam quatro tipos de paredes predominantes no Brasil, sua utilização era dependente da disponibilidade dos materiais na região, a Figura 1 motra quais foram estes tipos de paredes e sua região predominante.

Figura 1 -Tipos de paredes no periodo do Brasil Colônia.

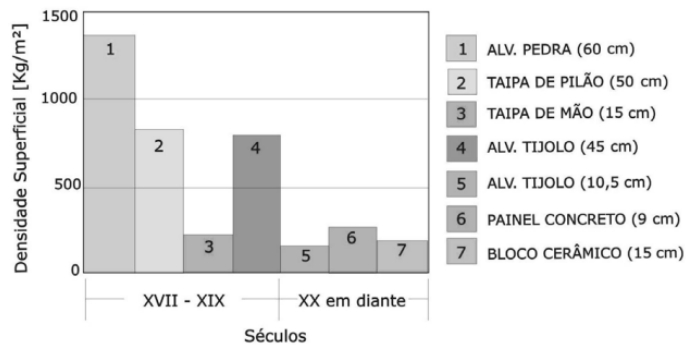


Fonte: Duarte & Viveiros (2007).

De Rezende, Rodrigues & Vecci (2014) afirmam que a forma mais básica de elevar o isolamento sonoro das edificações é aumentando a espessura das paredes, o que causa maior dificuldade das ondas sonoras em ultrapassar a parede. Isto conforme a lei das massas que diz que a elevação do peso influencia diretamente para a redução das vibrações e assim influenciando diretamente na melhora o desempenho acústico.

Na pesquisa de Duarte & Viveiros (2007) é possível entender que houve um declínio na qualidade do isolamento acústico dos elementos de vedação das construções Brasileiras. Com alteração histórica de duas variáveis críticas, a densidade, cada vez menor nos materiais, (Figura 2), e a espessura, com a utilização de elementos cada vez mais esbeltos.

Figura 2- Densidade superficial dos principais exemplos de partições brasileiras para diferentes períodos da história.



Fonte: Duarte & Viveiros (2007)

2.2. Isolamento Acústico

Segundo a Saint Gobain (2019) o isolamento dos ruídos de impactos (por exemplo, passos nas lajes) é caracterizado por transmissão via estrutura, ou seja, a vibração. Este tipo de ruído deve ser combatido através da utilização do sistema de amortecimento. Já a isolação sonora aérea, de acordo com Rezende, De Moraes & Nascimento (2014) é a redução da transmissão sonora aérea entre ambientes com a utilização de materiais ou sistemas construtivos que atuem como barreiras físicas à propagação das ondas sonoras.

É comum ocorrer a confusão entre as funções da absorção e da isolação sonora. O termo absorção sonora é utilizado principalmente no controle do tempo de reverberação (eco) de determinado recinto, os materiais absorventes evitam que o som passe de um ambiente para o outro, já os isolantes refletem (em parte ou totalmente) os ruídos, permitindo que o som passe de um ambiente para outro. Como comparação os isolantes acústicos são pesados, com muita massa, normalmente são lisos e duros são exemplo tijolo maciço, pedra lisa, concreto, gesso, drywall, madeira e vidro com espessura mínima de 6 mm. Os absorventes acústico são leves, com pouca massa, flexíveis e porosos como exemplos tem-se a lã rocha ou lã de vidro revestidos, manta de poliuretano, madeira aglomerada, carpetes grossos e cortinas pesadas (LAMOUNIER, 2008 apud BISTAFA, 2006).

Sabe-se que o nível de isolamento sonoro no interior de uma residência depende de três componentes principais: a fachada, que servirá de proteção para o ruído externo, sendo a vedação das aberturas o aspecto mais importante para o seu desempenho; as vedações horizontais, que, no caso das lajes nos apartamentos residenciais, atenua o ruído de impacto,

usualmente produzido por vizinhos de andares superiores e inferiores; e, por fim, as paredes de vedação, que irão isolar o ruído advindo de edificações vizinhas e/ou do exterior (DUARTE e VIVEIROS, 2004).

2.3. Norma ABNT NBR 15.575 de 2013

A norma ABNT NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho, entrou em vigor em 19 de julho de 2013, representando um importante avanço tecnológico para o setor da indústria da construção civil brasileira, no que diz respeito a preocupação com o usuário (REZENDE, DE MORAIS & NASCIMENTO, 2014). Baseada na norma *ISO - International Organization for Standardization* 6241 - Avaliação de Desempenho em Edifícios, de 1984, a NBR 15.575/2013 está dividida em seis partes: Parte 1 - Requisitos gerais; Parte 2 - Requisitos para os sistemas estruturais; Parte 3- Requisitos para os sistemas de pisos; Parte 4- Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5 - Requisitos para os sistemas de coberturas e Parte 6 - Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A norma de desempenho referida estabelece três possíveis classificações de desempenho: mínimo, intermediário e superior. Para Cordovil, 2013 essa classificação, aliada aos parâmetros de adequação estabelecidos representa um grande instrumento de marketing para as construtoras que se atentarem as suas especificações, ao passo que poderá gerar ações judiciais e sanções para as construtoras que não estiverem atentas. Ambas situações revelam a preocupação com o produto final que será entregue, mostrando o interesse em atender as expectativas dos usuários ao longo da vida útil (LORENZI, 2013), se configurando como um estímulo para a modernização do setor da construção civil no nosso país.

2.3.1. Definições dos Parâmetros

A NBR 15 575 /2013 em sua parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, apresenta requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e interno, a partir de parâmetros obtidos por ensaios de campo. Esses parâmetros são estabelecidos entre unidades autônomas e também entre dependências de uma unidade e áreas comuns. Para o entendimento dos critérios adotados pela NBR 15 575/2013 faz-se necessário a definição de alguns indicadores estabelecidos pela ISO 140-4 e ISO 717-1 em que a norma brasileira se baseia.

2.3.2. Nível Médio de Pressão Sonora em um Cômodo, L

O nível de pressão sonora L é uma medida aferida in loco, a partir da utilização de um aparelho denominado sonômetro, este instrumento é utilizado para a medir os níveis de intensidade sonora (REZENDE, DE MORAIS & NASCIMENTO, 2014). Normalmente o nível de pressão sonora é mensurado nas posições do aparelho no cômodo, a partir dos resultados é calculado o nível médio de pressão sonora, que resultará em um valor de L, em decibéis, para cada banda de frequência (KUHN, 2015).

2.3.3. Diferença de Nível de Pressão Sonora, D

Consiste na diferença nos níveis de pressão sonora média de energia (L1 e L2) entre um emissor e um receptor em dois cômodos adjacentes, expressa em decibéis (REZENDE, DE MORAIS & NASCIMENTO, 2014 e KUHN, 2015).

2.3.4. Diferença de Nível Padronizada, D_{nt}

A diferença de nível padronizada é o parâmetro adotado no Brasil e está presente na parte 4 da Norma de Desempenho (REZENDE, DE MORAIS & NASCIMENTO, 2014), onde é feita uma correspondência levando em consideração o tempo de reverberação do ambiente receptor.

2.3.5. Diferença de Nível Ponderada, $D_{nT,W}$

A $D_{nT,w}$ é a diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes para ensaio de campo (Manual de Desempenho Acústico em Sistemas *Drywall*, 2013). De acordo com Rezende, de Moraes & Nascimento, 2014 são utilizados ensaios de campo estabelecidos pela ISO 140-4 para se adquirir os valores de D_{nT} e a partir da ISO 717-1 são aplicadas ponderações aos mesmos. Alcançado um valor único para o isolamento sonoro entre ambientes internos $D_{nT,w}$.

A NBR 15 575/2013 estabelece os parâmetros mínimos de diferença de nível ponderada para o Sistema de Vedação Vertical Interna (SVVI), conforme pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥ 40
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	≥ 45
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	≥ 40
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	≥ 30
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	≥ 40

Fonte: ABNT NBR 15.575 – 4, 2013.

2.3.6. Diferença de Nível Ponderada, $D_{2m,nT,w}$

Baseada na ISO 140-5 e ISO 717-1, a ABNT NBR 15.575 – 4, 2013 estabelece um parâmetro, para cálculo de diferença de nível, que é utilizado para o cálculo em fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados. A $D_{2m,nT,w}$ se refere a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada.

2.3.7. Índice de Redução Sonora, R

O índice de redução sonora é aplicado em medições analisando a transmissão direta por meio de elementos isolados, desconsiderando os meios de transmissão pelas laterais e transmissão direta por fendas.

2.3.8. Índice de Redução Sonora Ponderada, R_w

De acordo com Rezende, de Moraes & Nascimento (2014) o índice R_w é obtido em laboratório, basicamente consiste na aplicação do Índice de Redução Sonora R em elementos isolados e verificando a redução de cada banda de frequência. Segundo a Projetus Software De Cálculo para Projetos Acusticos (2016), para utilização do índice R_w , na prática, é necessário verificar se relatórios de provas dos elementos obtidos no local a ser analisado se assemelha aos que foram analisados no laboratório.

2.3.9. Métodos Disponíveis para Verificação do Desempenho Acústico

2.3.9.1. Método de Precisão

De acordo com a NBR 15575 em sua parte 4 o método de precisão realiza testes de acústicos de forma isolada nos elementos construtivos (parede, janela, porta e outros) para fornecer parâmetros de referência para elaboração de projetos globais.

2.3.9.2. Método de Engenharia

Este é um método realizado em campo que possui grande precisão e rigor. Constitui-se em duas categorias: uma para fachadas e outra para paredes internas, conforme NBR 15575 parte 4, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. No isolamento de fachada verifica-se o isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso). Já o isolamento das paredes internas, analisa o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns.

2.3.9.3. Método Simplificado de campo

Permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global de vedação, para edifícios multiandares analisa-se a fachada e para casas térreas analisa-se fachadas e cobertura. Este método é utilizado quando não há instrumentos para realização de medições do tempo de reverberação ou quando ruídos externos impedem a medição.

2.3.10. *Drywall* (Gesso Acartonado).

O gesso acartonado consiste em chapas de gesso comum estruturadas por perfis metálicos e envolvidas com cartão duplex em ambos os lados, sistema pré fabricado encontrado em várias espessuras. Com peso inferior as alvenaria comum é capaz de substituir outros tipos de execução tradicionais como as utilizadas em paredes, forros e revestimentos (COSTA, SILVA & BOMBONATO, 2014).

Conforme Meirelles, 2017 apud Placo Saint-Gobain, 2014 entre as vantagens do sistema de *drywall* em relação a alvenaria podem ser citadas: a redução do volume de material transportado vertical e horizontalmente na obra; a facilidade nas instalações o que evita quebras; o mínimo desperdício e retrabalho; a flexibilidade no *layout*; a economia da mão de obra; a menor espessura com ganho de área útil e a redução de peso. Elas resultam na redução da duração do cronograma e custos financeiros da obra.

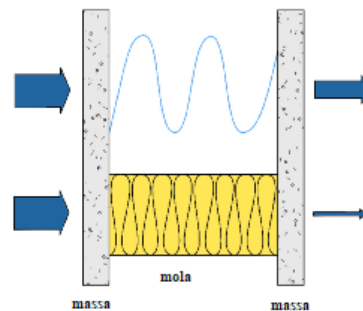
Como desvantagens, ainda segundo Meireles, 2017, é destacado que o sistema possui sensibilidade a presença de água; exige reforço para fixação de objetos mais pesados e há dificuldade para encontrar mão de obra qualificada. Além disso, geram, nos potenciais usuários, a impressão de que o sistema possui baixa resistência mecânica, devido sua leveza e que não possuam bom desempenho acústico por ser pouco espesso.

De acordo com Moraes et al., 2018 o *drywall* é encontrado no mercado principalmente como as chapas do tipo Standard (ST), Resistente ao Fogo (RF) e Resistente a Umidade (RU), sendo estas regularizadas pela NBR 14715/2011 – Chapas de gesso para *drywall*. As Chapas Standard (ST), possuem coloração branca, compostas por Gipsita é a uma variedade básica, muito utilizada em áreas secas como forros e paredes. Já as chapas Resistentes ao Fogo (RF), são de coloração verde, tem a presença de lã de vidro em sua fórmula o que permite essa característica em relação ao fogo, são muito utilizadas em caixas de escadas para proteção contra incêndio, nas bancadas de *cooktop* e ao redor de lareiras. Para o uso de duas chapas RF de 12,5 cm cada adquire-se uma resistência ao fogo de 90 minutos. Por fim as chapas Resistentes à Umidade (RU) são de coloração rosa e por possuir silicone e aditivos fungicidas

agregados ao gesso permitem a redução da absorção de água, em um período de duas horas ela deve absorver, por norma, cerca de 5% do seu peso em água (LABUTO, 2014).

De acordo com Lai, 2016 e Camilo 2010, apesar do que se imagina a primeira impressão, o sistema de drywall pode sim oferecer bom desempenho acústico quando associados a outros materiais em seu interior, como a lã mineral. A Associação Brasileira de Drywall, criada no ano de 2000, formada pelas três principais fábricas de gesso acartonado atuantes no mercado brasileiro: Knauf Drywall, Lafarge Gypsum e Placo do Brasil descreve esse sistema construtivo denominado massa/mola/massa. Neste sistema têm-se duas chapas de gesso (massa) envolvendo um material (mola) que amortece a onda sonora, diminuindo assim sua intensidade.

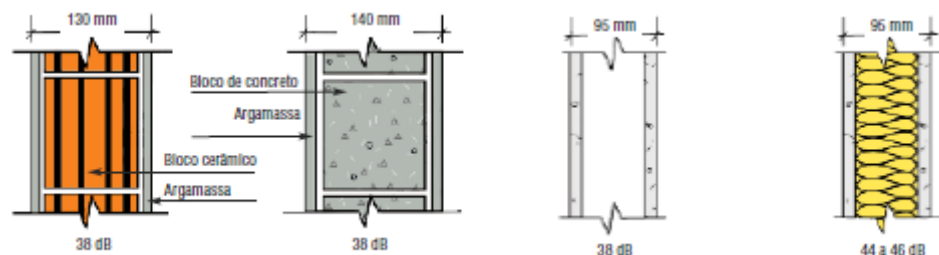
Figura 3 - Sistema massa/mola/massa.



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2010 (Adaptado).

Na Figura 4 têm-se o comparativo entre paredes de diferentes materiais: alvenaria convencional (tijolos cerâmicos e com blocos de concreto) e suas equivalentes com drywall com e sem lã mineral, nela é possível observar o aumento do desempenho a partir do uso de tais materiais.

Figura 4 - Comparação entre a espessura de paredes e o isolamento sonoro.



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2010.

2.3.11. Lã de Rocha

De acordo com Catai, Penteado e Dalbello (2006) a composição da lã de rocha é de fibras de origem basáltica e aglomerado de resina sintética. As principais características da lã de rocha são: isolante acústico; isolante térmico; anti-parasita; incomburente; não corrosivo e imputrescível. O material não é nocivo a saúde, mas seu manuseio e aplicação requer cuidados e uso de EPIs.

Segundo a Biolã (2019) e a Rockfibras (2019), ambos fabricantes de lã de rocha, as principais vantagens dos sistemas de isolamento acústicos que utilizam a lã de rocha como isolante são: baixa condutividade térmica; alta resistência à temperatura e ao fogo; não exigência manutenção periódica; resistência à vibrações; material de fácil manuseio; incombustibilidade; redução sonora e de ruídos; quimicamente inerte; de fácil manuseio; possui várias densidades: de 32 kg/m³ a 200 kg/m³, dispõe de produtos leves e flexíveis, até muito rígidos.

2.3.12. Lã de Vidro

A fabricação da lã de vidro é baseada numa composição de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em alto forno, devido sua alta porosidade ela atua muito bem como absorvente acústico. Atualmente o mercado oferece em forma de manta e fibro-cerâmica, manta revestida com feltro, manta aluminizada, manta ensacada com polietileno ou manta.

De acordo com o fabricante de lã de vidro Refratil (2019) as principais características são: alto poder de isolamento térmica; excelente absorção acústica; é leve e de fácil manipulação; é incombustível; não favorece a proliferação de fungos ou bactérias; são imputrescíveis; dimensionalmente estáveis; não absorvem umidade e não sofrem danos estruturais; são inquebráveis; não são atacados por roedores ou insetos; não atacam as superfícies com as quais estão em contato; ausência total de partículas não fibradas.

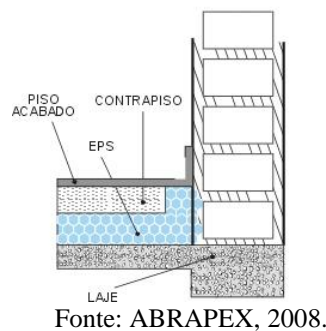
2.3.13. EPS (Poliestireno Espandido)

O Poliestireno Expandido, mais conhecido como EPS, sigla internacional estabelecida pela norma DIN ISO-1043/78, é um material derivado do petróleo no seu estado compacto ele

é incolor, rígido e transparente (SANTOS, 2013). De acordo com Sampaio 2018 et al e Berlofa, 2009 dentre suas vantagens é possível citar a eficiência como isolante acústico e térmico quando utilizado em paredes e lajes, ele também atua promovendo maior leveza as estruturas quando agregado ao concreto de lajes.

A ABRAPEX: Associação Brasileira do Poliestireno Expandido, 2008 indica o uso de piso flutuante, ver Figura 5, como uma solução construtiva de baixo custo para os ruídos provocados pelo mecanismo de impacto nas edificações. Ainda segundo ABRAPEX, 2008 esse tipo de solução é realizado a partir da aplicação de um revestimento feito com placas de EPS com espessura de 20 mm, depois elas são cobertas com um filme de polietireno que receberá a aplicação do contra piso. De maneira análoga esse mesmo material pode ser aplicado em paredes, entre duas alvenarias delgadas ou até entre uma alvenaria e um revestimento rígido, atenuando o ruído gerado.

Figura 5 - Piso Flutuante com aplicação de EPS.



3. METODOLOGIA

3.1. Metodologia Exploratória

A emprego da pesquisa exploratória tem função de gerar proximidade entre o pesquisador e o objeto de estudo. Entretanto no caso dos isolamentos acústicos faz necessário uma busca específica pelo tema, devido a não disseminação do material nos meios acadêmicos. Devido a isso os objetos de pesquisas normalmente são catálogos de fabricantes e estudos de casos.

3.2. Metodologia Descritiva

O emprego da metodologia descritiva foi feito através da coleta de dados realizando pesquisas de preços e comparação dos resultados. Com a reunião dos dados é possível conhecer os de isolantes acústicos utilizados na a cidade de Teófilo Otoni e o custo benefício de cada um. Neste tipo de metodologia o pesquisador somente observa o fato para que haja maior veracidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Materiais Encontrados na Região do Vale do Mucuri e seus Custos

Através de pesquisa de mercado, realizada nos dias 2 e 3 de maio de 2019 foi possível consultar algumas empresas que fornecem os materiais analisados para o município de Teófilo Otoni. Estas disponibilizaram os valores para o gesso, lâ de vidro, lâ de rocha e EPS, ver Quadro 2.

Quadro 2 – Valores dos materias pesquisados.

	Cotação 1	Cotação 2	Cotação 3	Média
Lã de rocha	R\$17,01	R\$18,90	R\$18,15	R\$18,02
Lã de vidro	R\$15,32	R\$13,44	R\$17,74	R\$15,50
EPS	R\$12,03	R\$10,06	R\$10,55	R\$10,88
Gesso acartonado	R\$12,05	R\$11,87	R\$10,64	R\$11,52

Fonte: Autoria Própria (2019).

Após uma análise preliminar através da tabela SINAPI foi encontrado o valor de R\$14,04 para o metro quadrado de lâ de rocha. Como pode ser visto no Quadro 2 a média dos valores obtidos para a compra da lâ de rocha foi de R\$ 18,02, o que expressa um desvio de R\$ 4,02 para valor obtido pela tabela SINAPI.

Para a lã de vidro não foi possível efetuar a comparação com as tabelas de custo SINAPI e/ou SETOP pois nas tabelas não é expresso o valor desse tipo de material. Entretanto devido ao interesse geral de comparar a lã de vidro de e a lã de rocha comparou-se os dois valores médios e observou-se que a lã de rocha tem um valor de R\$ 2,52 acima do valor da lã de vidro.

O EPS, material com maior demanda no mercado, apresenta o custos mais baixo, dentre os isolantes acústicos cotados. Como é possível analisar a partir do Quadro 2 o preço médio foi de R\$10,88. Em relação a tabela SINAPI, o preço é de R\$11,02, valor compatível com a média obtida. Em comparação ao preço médio da Lã de vidro e da Lã de rocha, estes foram superiores ao preço médio do EPS em termos de percentual 29,80% e 39,62% respectivamente.

O Gesso acartonado possui o preço médio de R\$12,05 na cidade de Teófilo Otoni, considerando o preço estipulado na tabela SINAPI de R\$20,47, é possível perceber que o preço do gesso acartonado em Teófilo Otoni está abaixo da avaliado da tabela SINAPI em 41,13 %.

4.2. Análise o Custo Benefício e Aplicabilidade

Analisando as propriedades específicas da lã de rocha e da lã de vidro, dispostas na tabela a seguir, percebemos que a lã de rocha apresenta desempenho acústico superior a lã de vidro. Isto considerando a Lei da Massa que diz que a densidade e a espessura do material investigado são proporcionais a capacidade de isolamento acústico.

Quadro 3 - Propriedades da lã de vidro e da lã de rocha.

	Lã de rocha	Lã de vidro
Massa (kg/m ³)	100	65
Espessura (mm)	15	50
Condutividade de térmica (λ) em W/(m.k)	0,045	0,045
Resistência térmica m ² .(k/w):	1,40	1,52

Fonte: Lamberts (2012) e *Drywall* (2010) apud Lima (2013, p.95)

Como descrito no tópico anterior a lã de rocha apresenta um sobrepreço de R\$2,52 em relação à lã de vidro, isto em percentual representa 13,98%. Comparando o percentual de aumento no custo e na eficiência acústica, ressaltando que cada edificação necessita de uma

análise específica, o custo benefício da lã de rocha é extremamente atrativo quando comparado ao seu concorrente.

Já em relação ao EPS, de acordo com o site da Mundoisopor, dentre os tipos disponíveis no mercado, é possível encontrar EPSs com densidade variando de 10kg/m³ até 35kg/m³. Como fica evidenciado o isopor, dentre os isolantes acústicos analisados, apresenta a menor densidade e menor eficiência acústica, mas também menor custo. É comum o uso do EPS em Teófilo Otoni, devido sua disponibilidade de mercado, simplicidade de aplicação e baixo custo.

O gesso acartonado também é utilizado como componente do sistema de isolamento acústico no Vale do Mucuri, são utilizadas duas chapas de gesso acartonado, com o material isolante no centro.

5. CONCLUSÃO

Entre os isolantes acústicos pesquisados compreende-se que eles apresentam atrativos diferentes no que diz respeito ao custo e a qualidade. Nas obras de menor porte da região de Teófilo Otoni, onde não se dispõe de recursos financeiros, é comum a utilização de materiais com custo mais baixo. Entretanto, em obras de grande porte ou quando se necessita de um isolamento mais específico é necessário uma análise de viabilidade para verificar o melhor custo benefício para atender a essa demanda.

A análise dos materiais mostra que a lã de rocha apresenta melhor capacidade isolante, entretanto, apresenta maior custo. Já o EPS, apresenta a menor capacidade isolante entre os analisados, porém o menor custo, por este motivo é comum sua utilização na região.

Buscando contribuir com a melhora das obras civis da região de Teófilo Otoni este trabalho realiza considerações do comportamento de mercado desta região. Como sugestões de trabalhos futuros indica-se o levantamento de novos materiais que desempenham funções semelhantes como também o estudo de como o isolamento deve ser realizado em cada ambiente específico de uma edificação.

REFERÊNCIAS

AECWeb. **Isolamento acústico em paredes: saiba especificar.** Disponível em https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/isolamento-acustico-em-paredes-saiba-especificar_11659_10_0. Acesso em: 17 de abril de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, 2013.**

Biolã. **Benefícios da lã de rocha para sua obra.** Disponível em <http://www.biola.com.br/beneficios-da-la-de-rocha-para-sua-obra/>. Acesso em: 16 de abril de 2019.

CATAI, Rodrigo Eduardo; PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais.** 2006.

CORDOVIL, LABL. Estudo da ABNT NBR 15575–“Edificações habitacionais–Desempenho” e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)–Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DE REZENDE, Juliana B.; RODRIGUES, Francisco C.; VECCI, Marco Antônio M. Uma análise de critérios de desempenho acústico para sistemas de piso em edificações. 2014.

DUARTE, Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti; VIVEIROS, Elvira Barros. **Desempenho acústico na arquitetura residencial brasileira: paredes de vedação. Ambiente Construído,** v. 7, n. 3, p. 159-171, 2007.

—. ISO 140-5. Acoustics– Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades, 1998.

___ . ISO 717-1 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements, Part 1: Airborne sound insulation, 2013.

KUHN, Ellin Maiara. Análise do desempenho acústico de edificação habitacional de âmbito social conforme a NBR 15.575. Lajeado, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso.

LAMOUNIER, Mônica Mesquita. Critérios para seleção de materiais acústicos utilizados em recintos fechados para diferentes tipologias. 2008.

LORENZI, Luciani Somensi. Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse social térreas. 2013.

PLACO SAINT-GOBAIN. Guia Placo - Soluções Construtivas 2014. Disponível em: <<http://www.placo.com.br>>. Acesso em 01 Abril de 2019.

Projetus 2016 Software De Cálculo Para Projetos Acusticos. **Métodos de Cálculo**. 2016 Refratil. **Lã de vidro**. Disponível em: <http://www.refratil.com.br/produto/la-de-rocha> Acesso em: 17 de abril de 2019.

Refratil. **Lã de vidro**. Disponível em: <http://www.refratil.com.br/produto/la-de-vidro>. Acesso em: 17 de abril de 2019.

REZENDE, JARDEL MASCIOCCHI SILVA; DE MORAIS FILHO, JÚLIO CÉSAR GOMES; NASCIMENTO, NÉIO LÚCIO FREITAS. **O DESEMPENHO ACÚSTICO SEGUNDO A NORMA DE DESEMPEPENHO ABNT NBR 15 575**. 2014.

ROCKFIBRAS. **Lã de rocha**. Disponível em http://www.rockfibras.com.br/produtos_la_de_rocha.html. Acesso em: 16 de abril de 2019.

SAINT GOBAIN. **O que é isolamento acústico?** Disponível em <https://www.isover.com.br/o-que-e-isolamento-acustico>. Acesso em: 17 de abril de 2019.

SILVA, Rui Miguel Cunha da. Avaliação acústica de edifícios habitacionais-análise dos coeficientes de ponderação associados aos índices de desempenho acústico de habitações. 2014. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

LIMA, Rondinely Francisco de. **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 maio 2019.