



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Thales Souza Braga

VEDAÇÃO VERTICAL: ESTUDO COMPARATIVO TÉRMICO E ACÚSTICO DE GESSO ACARTONADO E BLOCO CERÂMICO

Palmas-TO

2019

Thales Souza Braga

VEDAÇÃO VERTICAL: ESTUDO COMPARATIVO TÉRMICO E ACÚSTICO DE
GESSO ACARTONADO E BLOCO CERÂMICO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Palmas – TO

2019

Thales Souza Braga

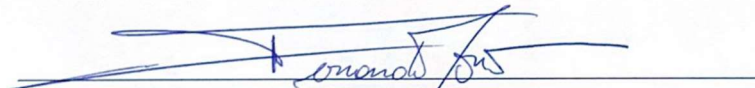
VEDAÇÃO VERTICAL: ESTUDO COMPARATIVO TÉRMICO E ACÚSTICO DE
GESSO ACARTONADO E BLOCO CERÂMICO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Aprovado em: ____/____/____

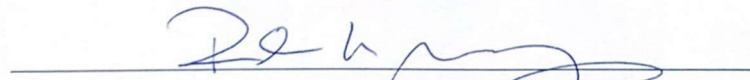
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior

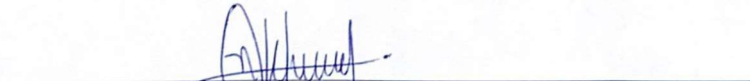
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter proporcionado essa trajetória para realização desse curso, por ter me dado sabedoria nos momentos difíceis;

Aos meus pais, Robson Carlos Braga e Cleide Marcia de Souza Braga pelo apoio, pela compreensão nos momentos de stress, pelo incentivo constante para que a cada dia eu me torne uma pessoa melhor;

A minha namorada Paloma Evangelista Cruz por todas as noites em claro que enfrentamos juntos para conclusão dessa etapa, pelo carinho diário e todas as palavras de incentivo;

A minha família por ter me apoiado e ser a base para a realização deste curso;

Aos colegas e amigos que conquistei ao longo do curso, pelas noites de estudo e pelos momentos de divertimento, sempre com foco e objetivo maior de conseguir a graduação;

A meu orientador Fernando Moreno Suarte Júnior, pela dedicação, empenho, orientação e informações que foram necessárias para a realização de um bom trabalho;

Aos laboratoristas e amigos do CEULP, pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa;

E a todos que ajudaram e participaram direta e indiretamente na conclusão desse curso, o meu muito obrigado.

RESUMO

Com um mercado cada vez mais competitivo, as construtoras brasileiras estão continuamente buscando soluções para aumentar a produtividade e diminuir os custos e desperdícios nas obras, a fim de repassar essa economia para o cliente no preço final do produto.

Sabe-se que o mercado da construção civil no Brasil tem dificuldade na substituição de métodos executivos, principalmente quando eles influenciam diretamente no dia-a-dia do consumidor. Nesse contexto, um dos processos de grande influência na construção de obras residenciais é o de vedação vertical que, hoje, no mercado brasileiro, é dominado pelo processo executivo de alvenaria de blocos cerâmicos.

Apesar de muitos países adotarem métodos considerados “mais industrializados” há muitos anos, como por exemplo a vedação de drywall, no Brasil esses métodos começaram a ganhar um espaço mais significativo no mercado nas últimas décadas. A parte número 4 (quatro) da Norma Brasileira 15.575:2013, estabelece os critérios para vedações verticais com objetivo de garantir a maior durabilidade, segurança e conforto para os clientes.

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de analisar o desempenho termo acústico de três protótipos constituídos de materiais diferentes: gesso acartonado simples, gesso acartonado com adição de lã de vidro e alvenaria de blocos cerâmicos.

O gesso acartonado com adição de lã de vidro é o método com melhor conforto termo acústico, mas, apesar disso, percebe-se vantagens e desvantagens nos três métodos, cabendo assim, ao construtor e ao cliente avaliarem as diferenças e fazerem a opção que melhor atenda ao empreendimento.

Palavras chaves: lã de vidro, gesso acartonado, vedações verticais

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação dos blocos cerâmicos de vedação.....	16
Figura 02 - Croqui dos protótipos.....	28
Figura 03 - Localização dos protótipos.....	29
Figura 04 - Construção dos protótipos.....	30
Figura 05 - Construção dos protótipos.....	30
Figura 06 - Protótipos finalizados.....	30
Figura 07 - Decibelímetro digital.....	31
Figura 08 - Ensaio com caixa de som.....	32
Figura 09 - Ensaio com betoneira.....	33
Figura 10 - Termo-higrômetro.....	34
Figura 11 - Gráfico 01	35
Figura 12 - Gráfico 02	36
Figura 13 - Gráfico 03.....	37
Figura 14 - Gráfico 04.....	38
Figura 15 - Gráfico 05.....	39
Figura 16 - Gráfico 06.....	40
Figura 17 - Gráfico 07.....	40
Figura 18 - Gráfico 08.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação.....	14
Quadro 02 – Tipos de chapa de gesso.....	16
Quadro 03 – Critério de avaliação de desempenho térmico.....	21
Quadro 04 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.....	22
Quadro 05 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.....	22
Quadro 06 – Nível de aceitação segundo a NBR 10152:1987.....	24
Quadro 07 – Índice de redução sonora e diferença padronizada de nível ponderada.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Teste com caixa de som.....	35
Tabela 02 – Teste da betoneira (10 segundos)	36
Tabela 03 – Teste da betoneira (30 segundos)	37
Tabela 04– Dia 01	38
Tabela 05– Dia 02	39
Tabela 06– Dia 03	40

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2.	HIPÓTESES.....	11
1.3.	OBJETIVOS.....	12
1.3.1.	Objetivo Geral	12
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	12
1.4.	JUSTIFICATIVA.....	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.	CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.2.	VEDAÇÕES VERTICAIS.....	14
2.3.	CLASSIFICAÇÃO DAS VEDAÇÕES	15
2.4.	SISTEMA CONSTRUTIVO DE VEDAÇÕES	15
2.4.1.	BLOCOS CERÂMICOS	15
2.4.2.	PLACA DE GESSO PADRÃO	17
2.4.3.	GESSO ACARTONADO	17
2.4.4.	GESSO ACARTONADO COM FIBRA DE VIDRO	19
2.4.5.	CAPACIDADE DE SUPORTE DO GESSO ACARTONADO	20
2.4.6.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO GESSO ACARTONADO.....	20
2.5.	DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES.....	23
2.5.1.	DESEMPENHO NO VERÃO	24
2.5.2.	DESEMPENHO NO INVERNO.....	24
2.5.3.	TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE O MEIO E O AMBIENTE CONSTRUÍDO	24
2.5.4.	PROTEÇÃO TÉRMICA DE FECHAMENTOS VERTICAIS.....	25
2.6.	DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES.....	25
2.6.1.	DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL PONDERADA PELA VEDAÇÃO INTERNA	27
2.6.2.	PROPAGAÇÃO DO RUÍDO	27
2.6.3.	ISOLAMENTO DE RUÍDOS	28
2.6.4.	ABSORÇÃO DO RUÍDO	28
3.	METODOLOGIA	29
3.1.	CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA	29
3.2.	PROTÓTIPOS.....	29

3.3.	DETERMINAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO.....	32
3.4.	COLETA DE DADOS DE TEMPERATURA	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1.	CONFORTO ACÚSTICO NO INTERIOR DOS PROTÓTIPOS.....	36
4.2.	TEMPERATURA NOS PROTÓTIPOS	39
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
6.	REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil no Brasil apresentou mudanças pouco significativas no decorrer dos anos e uma lenta evolução tecnológica comparada a de países desenvolvidos. Em tempos atuais, com grande repercussão das questões ambientais, em que se destacam a poluição atmosférica e hídrica, utilizar o sistema construtivo artesanal como a alvenaria convencional, que é conhecida pelo expressivo desperdício de materiais e amplo uso de recursos naturais torna-se preocupante. Para isso é preciso aposentar o preconceito intrínseco na sociedade brasileira com relação ao uso de novos sistemas e dar espaço ao conhecimento e estudo de outras tecnologias inovadoras e menos poluentes.

Os métodos construtivos wood frame e *drywall* são uma alternativa de construção seca e limpa, minimizando o desperdício excessivo de materiais e contribuindo para a sustentabilidade. Além disso, a matéria-prima dessas tecnologias pode ser derivada de florestas plantadas, uma técnica ecologicamente correta.

As construtoras, no objetivo de atender aos anseios da sociedade, ajudaram a elaborar várias normas técnicas referentes aos elementos divisórios e partes unitárias da construção civil, entretanto, ainda há lacunas a serem preenchidas, esta foi a razão da criação da norma ABNT 15575: 2013 – norma de desempenho. O sistema de vedações verticais é um dos sistemas que mais impacta economicamente uma obra, em razão de influenciar em questões de: retrabalho, perdas de recursos e riscos construtivos. Em razão da exigência do atendimento da norma ABNT NBR 15575_2013 pelas construtoras, há uma alusão de interesse por um sistema de paredes que atenda a norma e que apresente o melhor custo-benefício.

Para a execução das vedações verticais, pode-se utilizar uma variedade de materiais e componentes, bem como podem ser empregadas diversas técnicas construtivas. Por isso, segundo Sabbatini (2003) recomenda-se que para a escolha da tecnologia a ser empregada devem ser avaliados alguns aspectos como:

- Critérios de desempenho que a vedação vertical deve cumprir – desempenho térmico e acústico, estanqueidade à água, controle de passagem de ar, proteção e resistência contra a ação do fogo, desempenho estrutural, controle de iluminação e durabilidade;
- Aspectos construtivos – facilidade de execução, produtividade, disponibilidade de pessoas habilitadas a executar o serviço e materiais necessários para o serviço, bem como equipamentos e mecanização acessíveis;
- Aspectos ligados ao uso e manutenção.

Diante do fator de adequação a norma, o setor tem inovado em sistemas construtivos, como a aplicação de revestimento com agregados mais leves com a finalidade de adquirir um melhor conforto térmico. As edificações devem conter características que culminem em um alto desempenho térmico, afim de que o interior da edificação não sofra com altas variações térmicas, para que a temperatura interna da edificação tenha o conforto adequado.

Segundo Araújo (2001 apud DANTAS FILHO, 2004) o estudo de conforto térmico, com ênfase nos materiais, merece atenção especial, haja vista a possibilidade de futura crise energética mundial. Neste sentido procura-se conciliar economia de energia e conforto ao indivíduo.

O território do estado do Tocantins, segundo a NBR15220-3:2005, se encontra quase em sua totalidade na zona bioclimática 7, e a norma faz recomendações no quesito térmico devido a região possuir um clima muito quente e por ter uma alta variação de clima durante o dia (diferença entre temperatura máxima e mínima durante o dia).

Diante do apresentado anteriormente, tendo em vista o clima da em que a cidade de Palmas – TO se enquadra, a presente pesquisa terá como objetivo estudar a influência da temperatura ambiente de alguns protótipos que simularam condições de pequenas edificações.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A amplitude do mercado da construção civil possibilita a criação de novos produtos e tecnologias a todo o momento. Essa busca constante por diferentes soluções possibilita o desenvolvimento de vários materiais, como a produção das chapas de gesso. Qual tipo de vedação possui melhor desempenho físico para ser utilizado como vedação interna?

1.2. HIPÓTESES

A utilização de materiais mais práticos e de fácil execução para vedações internas aumenta cada dia mais, pesquisas tecnológicas com esses materiais são feitas para que esse avanço continue constante.

- Acredita-se que a utilização do gesso acartonado é a melhor opção, comparado à blocos cerâmicos, para quem procura divisórias internas de um edifício com maior rapidez na execução e menor carregamento sobre a estrutura, porém em relação à temperatura deixa a desejar devido uma pior transmitância térmica.
- Em relação à termo acústica a utilização dos blocos cerâmicos é a melhor opção comparado ao gesso acartonado comum, porém o gesso acartonado pode ter lâ de vidro

em seu interior, tendo assim um desempenho adequado de isolamento sonoro, quando atendidas as configurações recomendadas na especificação e uma execução correta.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar e comparar através de referências teóricas e estudos em campo as propriedades físicas de diferentes tipos de gesso (gesso com isolamento de lã de vidro e gesso acartonado) e blocos cerâmicos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Criar protótipos dos diferentes tipos de vedações propostas para verificação das variáveis de desempenho físico (temperatura e acústica);
- Determinar os valores das amostras estudadas;
- Comparar os três tipos de vedações com referências bibliográficas e resultados em relação ao conforto termo acústico.

1.4. JUSTIFICATIVA

A construção é uma das maiores indústrias do planeta, e como tal é responsável pela geração de milhões de empregos, contribuindo decisivamente para os avanços da sociedade. A tecnologia na construção civil vem evoluindo a cada dia e é o diferencial na busca da eficiência e produtividade do setor. A tecnologia permite uso mais racional de tempo, material e mão de obra, pois agiliza e auxilia na gestão das várias frentes de uma obra, tanto nas fases de projeto e orçamento quanto na execução.

Existe uma contínua busca por materiais de alto desempenho para ser utilizado como vedação com baixo custo de implantação, manutenção e com rapidez de execução. Destaca-se a necessidade de se explorar novos materiais e novos métodos construtivos, investindo cada vez mais na qualidade do produto final visando diminuir o impacto ambiental causado pela expansão das edificações industriais e habitacionais.

Mitidieri (2002) afirma que as vedações verticais são muito importantes ao longo da construção, pois este componente está no caminho crítico da construção, determinando assim as diretrizes para o planejamento. E além de influenciar no planejamento da edificação também influencia no grau de racionalização da obra, pois interferem nas instalações elétricas e hidro sanitárias, esquadrias e revestimentos.

Uma importante propriedade no desempenho de vedações em habitações é capacidade da partição em oferecer isolamento acústico. Atualmente, devido a dinâmica do mundo contemporâneo, há grande necessidade de produção de espaços protegidos frente à poluição sonora existente. Gueiros e Pinguelli Rosa (2001) propõem a hipótese que quando a própria rua possui característica ruidosa, ela inevitavelmente será uma fonte de doenças para o seu entorno, incluindo edificações, a menos que altos custos com materiais sejam empregados.

Ao considerar o setor de construção civil no Brasil, percebe-se certo receio em relação a implantação de inovações, e mesmo o sistema com divisórias internas com gesso sendo utilizando há mais de 20 anos, existem ainda muitas dúvidas. A importância desse trabalho está relacionada a explicar as diferenças entre a alvenaria de blocos cerâmicos, um dos métodos construtivos mais utilizados no país, e o sistema utilizando gesso acartonado, destacando as consequências de suas utilizações e as vantagens e desvantagens de um relacionado ao outro.

Neste trabalho, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre os principais tipos de materiais, técnicas e características físicas e mecânicas envolvidas na utilização do gesso e dos blocos cerâmicos como vedações internas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL

Nos dias atuais, a modernização da construção civil é uma exigência da sociedade. Os desperdícios, o atraso tecnológico, a primariedade dos métodos construtivos, o despreparo da mão de obra, são temas que ainda geram muita discussão (ROCKENBACH, 2011).

Segundo dado do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), estima-se que 50% a 70% da massa dos resíduos urbanos gerados, são provenientes da construção civil. Desta forma, a procura por materiais de alto desempenho tem sido intensa, onde os construtores buscam produtos que geram poucos resíduos, que podem ser executados de forma rápida e que possuem fácil manutenção.

O uso do gesso como material de construção teve início com os egípcios há três mil anos atrás. Obtido pela calcinação da gipsita, que é encontrada em praticamente todo o mundo, o gesso ocorre no Brasil abundantemente em terrenos cretáceos de formação marinha, sobretudo nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Pernambuco (SILVA, 2003).

2.2. VEDAÇÕES VERTICAIS

O sistema de vedação (verticais e horizontais), também denominado de envoltória é um dos principais elementos da edificação, responsável pela proteção do ambiente interior dos fatores ambientais externos (IWARO; MWASHA, 2013).

As trocas de energia entre os meios exterior e interior da edificação tem como cerne a envoltória da edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

A norma de desempenho, a ABNT NBR 15575-4: 2013 define a vedação vertical como as partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, podendo ser as fachadas, as paredes ou as divisórias internas. Foi criada uma parte específica da norma, a parte 4, para este sistema, o que mostra a sua importância no desempenho de uma edificação. As exigências dos usuários referentes às vedações verticais contempladas na norma são as seguintes: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, acústico, durabilidade e manutenibilidade ABNT NBR 15575-4: 2013.

De acordo com Sabbatini (2003) a vedação vertical externa é a vedação que envolve o edifício sendo que pelo menos uma de suas faces esteja em contato com o meio ambiente externo do edifício. Sabbatini define vedação interna como a vedação que divide as unidades internas do edifício separando os ambientes internos. Elder (1997) conceitua vedação vertical

interna como aquela que subdivide o volume interno do edifício, compartimentando-o em vários ambientes.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS VEDAÇÕES

A vedação vertical interna possui diversas classificações, onde são utilizados alguns critérios para tornar mais fácil a escolha do melhor tipo a ser utilizado, já que a partir dessas classificações a distinção entre um tipo ou outro de vedação se torna mais claro. Segundo Sabbatini et al (1988) a vedação interna pode ser classificada quanto a sua capacidade de suporte, podendo ser classificadas em: resistente; auto-portante. Sabatinni (2003) classifica as vedações quanto a mobilidade, podendo ser: fixa; desmontável; móvel. Um exemplo desse tipo de vedação são os biombos.

De acordo com a ABNT NBR 11685:1990 as vedações verticais podem ser classificadas quanto a sua densidade superficial. Essa característica influencia no dimensionamento das cargas das fundações e influencia no dimensionamento das estruturas. Além disso essa característica influencia no método construtivo do edifício. As vedações podem ser classificadas quanto a sua densidade como: leves; pesadas. Segundo Sabbatini (2003) as vedações podem ser classificadas quanto à técnica de execução, podendo ser: por conformação; por acoplamento a seco.

2.4. SISTEMA CONSTRUTIVO DE VEDAÇÕES

2.4.1. BLOCOS CERÂMICOS

Os blocos cerâmicos são definidos como sendo um componente de alvenaria em forma de um prisma reto, que possui furos prismáticos ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém. A qualidade dos blocos cerâmicos está intimamente relacionada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e também ao processo de produção, queimado a elevadas temperaturas ABNT NBR15270: 2005.

Este tipo de tijolo possui uma densidade média de 1300 kg/m^3 sendo assentado com mão-de-obra convencional. Suas faces passam por vitrificação fazendo com que a argamassa tenha melhor aderência. Possuem variação volumétrica baixa ao absorver e expelir água e fácil manuseio, mas tem como inconveniente a necessidade de quebra do material. Um metro quadrado deste elemento deve ser feito com 25 unidades de um tijolo (LIMA, 2012).

Segundo a ABNT NBR 15270: 2005, os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não tem a função de resistir a outras cargas verticais, além

do peso da alvenaria da qual faz parte. Esta vedação vertical protege o edifício de agentes externos como chuvas e ventos, além de dividir ambientes internos promovendo segurança e conforto dentro de um sistema estruturado. Este processo de fechamento de vãos de paredes é utilizado na maioria das edificações (THOMAZ, 2001).

Quadro 01- Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação

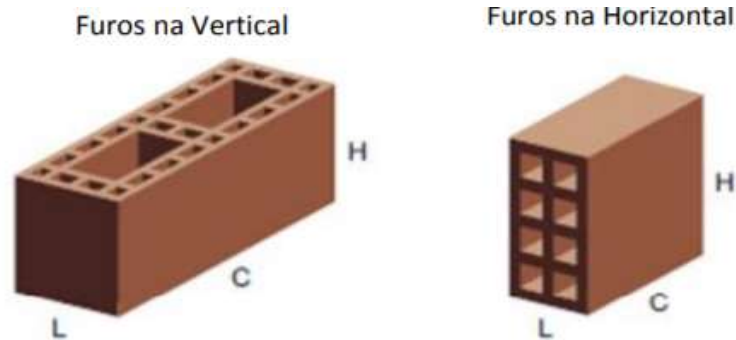
Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	≤ 3 mm
Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	$\geq 3,0$ MPa (para furos na vertical)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Fonte: Código de Boas Práticas nº 01

Segundo a ABNT NBR 15270: 2005 os blocos cerâmicos possuem dimensões nominais variadas, indo desde (9x9x19) cm até (24x24x39) cm correspondendo a (largura x altura x comprimento).

Os blocos cerâmicos utilizados na execução das alvenarias de vedação, com ou sem revestimentos, devem atender à norma NBR 15270-1, a qual, além de definir termos, fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento. Consideram-se dois tipos de blocos quanto ao direcionamento de seus furos prismáticos, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 01- Representação dos blocos cerâmicos de vedação



Fonte: Código de Boas Práticas nº 01

2.4.2. PLACA DE GESSO PADRÃO

As placas para uso padrão (Standard) são compostas por um miolo de gesso e aditivos, sendo revestida em ambas as faces com papel kraft (ASTM, 1995).

Os aditivos normalmente utilizados são sulfato de potássio, sulfato de sódio ou cloreto de sódio, cuja função é acelerar o tempo de pega, para possibilitar a produção em larga escala. Utiliza-se também amido, para facilitar a aderência do gesso no cartão (HAGE et al., 1995).

Pode-se identificar essa placa pela cor do cartão, que é branco na face frontal e marfim na face posterior. As placas com espessura acima de 12.5 mm possuem maior resistência ao fogo e melhor isolamento acústico que as placas de menor espessura. São rígidas e, portanto, mais difíceis de serem curvadas (FERGUSON, 1996).

As placas com 12.5 mm de espessura são as mais utilizadas no Brasil. Podem ser fixadas em estruturas de madeira ou perfis metálicos e, caso se deseje melhorar o isolamento termo-acústico, pode-se fixar duas placas numa mesma face da divisória, o que se denomina de parede dupla [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Segundo FERGUSON (1996), para realizar reparos as placas com 9.5 mm de espessura são as mais utilizadas. O mesmo autor citado anteriormente observa que as placas de 6 mm de espessura são utilizadas para revestir paredes já existentes. Além disso, essa placa pode ser curvada facilmente, sendo utilizada para execução de divisórias curvas.

2.4.3. GESSO ACARTONADO

O gesso acartonado é uma chapa produzida industrialmente e é constituída de gesso (gipsita) e cartão (tipo dúplex de papel reciclado). Sendo um tipo de vedação interna, utilizada em espaços internos como separação de ambientes e forros. O sistema em uma parede constitui-

se basicamente de chapas de gesso aparafusadas em perfis de aço galvanizados e as juntas entre as chapas de gesso são tratadas com fitas de papel e massa.

Segundo Taniguti (1999), as paredes em gesso acartonado é um tipo de vedação vertical, utilizada na compartimentação e separação de espaços internos em edificações, leve, estruturada por perfis metálicos ou de madeira, fixa ou desmontável, geralmente monolítica, de montagem por acoplamento mecânico e constituída por fechamento de chapas de gesso acartonado.

Conforme a NBR 15758-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2009, p. 2), as chapas de gesso acartonado podem ser classificadas de acordo com suas necessidades de uso. Chapas do tipo standard, também abreviadamente denominada de ST, possuem uma coloração superficial cinza e são empregadas em áreas secas da edificação, como salas e quartos. Já a chapa de gesso acartonado resistente à umidade, conhecidas por RU ou chapa verde devido a sua coloração, dispõem de compostos químicos em seu processo de fabricação conferindo a parede uma proteção impermeabilizante contra a umidade, presente em áreas molhadas como banheiro, lavanderias e cozinhas. Por fim, existe uma chapa específica para atender ambientes propícios a incidência da ação do fogo. Essas chapas resistentes ao fogo, chamadas de RF, possuem características especiais para suportar o incêndio e são diferenciadas por uma coloração rosa, conforme mostra o Quadro 02.

Quadro 02- Tipos de chapa de gesso

Tipo de chapa	Código	Aplicação
<i>Standard</i>	ST	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas ^a
Resistente à umidade	RU	Paredes, revestimentos e forros em áreas sujeitas intermitentemente à umidade
Resistente ao fogo	RF	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas, com chapas de características especiais de resistência ao fogo
^a Em caso de forros, a chapa <i>standard</i> pode ser utilizada em áreas úmidas, desde que previsto em projeto.		

Fonte: Norma ABNT NBR 14715-1:2010

As chapas de gesso são amplamente utilizadas no sistema de fechamento conhecido como *drywall*. Além de ser utilizado no sistema *drywall*, o gesso acartonado pode ser empregado também em outros sistemas, como *wood frame* e o *steel frame*.

2.4.3.1.HISTÓRICO

Em 1895 Augustine Sackett inventa a chapa de gesso acartonado nos Estados Unidos. Ela é usada como revestimento interno, dando acabamento e protegendo as estruturas de madeira (Luca, 2000). O gesso acartonado é um sistema construtivo com mais de cem anos nos Estados Unidos e com cerca de sessenta anos na Europa, chegou no Brasil junto com a abertura econômica.

Poucas empresas que investiram muito no seu aprendizado e desenvolvimento já realizam uma nova engenharia em seus canteiros de obras. O gesso acartonado é utilizado em regiões com terremotos como na Califórnia e Japão, regiões com furacões como Flórida e Caribe, regiões de temperaturas muito altas ou muito baixas como na Europa e no Canadá, regiões de grande umidade como México, e secas como algumas na Austrália.

2.4.3.2.HISTÓRICO NO BRASIL

Apesar de estar presente desde 1974, o gesso acartonado começou a ganhar expressiva importância no Brasil na segunda metade da década de 90. Até então, o sistema era praticamente uma novidade para projetistas, construtoras e para o público em geral. Entretanto, o uso de tal sistema já estava difundido e consolidado há muito tempo no exterior.

Diversos países já estão em um estágio de desenvolvimento do produto bastante adiantado, com uso expressivo em relação a outros sistemas de vedação interna. Nos Estado Unidos, por exemplo, aproximadamente 90% dos fechamentos internos são realizados com gesso acartonado (CORBIOLLI 1995).

2.4.4. GESSO ACARTONADO COM FIBRA DE VIDRO

A fibra de vidro, segundo Matheus (2010), é um material constituído por substâncias minerais, em uma mistura de quartzo, carbonato de cálcio e carbonato de sódio solidificados, disposto em feixes de espessura extremamente fina, que é obtido através da passagem do vidro em fusão por um pequeno orifício. Comumente o termo fibra de vidro também é usado para se referir a estruturas de plástico reforçadas com fibras de vidro.

A fibra de vidro tem várias vantagens, chegando a substituir materiais como aço, madeira, vidro e alumínio dependendo do fim de sua utilização. Essas possibilidades se dão pelo fato de suas particularidades estruturais tais como grande resistência à tração, impacto e flexão. A fibra de vidro também permite moldagens de peças de forma inteiriça, visto que seu manuseio e incorporação em matrizes é muito simples.

Segundo Okada et al. (2013) que utilizaram resíduos de fibra de vidro em substituição à cal em matrizes cimentícias, foi possível verificar um aumento da resistência mecânica e da trabalhabilidade da matriz, enfatizando as expectativas na utilização desse material.

2.4.5. CAPACIDADE DE SUPORTE DO GESSO ACARTONADO

A carga máxima suspensa que uma parede de gesso acartonado pode resistir depende basicamente dos seguintes fatores, entre outros:

- Do tipo de parede. As paredes com chapas duplas em cada face resistem a cargas maiores do que aquelas que possuem apenas uma chapa em cada face, considerando-se a carga suspensa aplicada nas chapas;
- Do tipo ou sistema de fixação a ser adotado. Devem ser adotadas fixações especialmente desenvolvidas para a utilização neste tipo de parede, porém existem variações de limites de resistência entre elas;
- Da forma de aplicação da carga a partir da peça suspensa. São considerados três tipos de aplicação da carga: carga faceando a parede, que faz com que a carga aplicada faça um efeito de corte na chapa de gesso; carga aplicada por pequenos suportes do tipo cantoneira, em L, por exemplo, para extintores de incêndio; e carga aplicada por armários, que impõe um esforço de momento na parede. Mitidieri (2000).

De acordo com Mitidieri (2000), caso haja a necessidade, em função de cargas maiores (bancadas de pia, armários de cozinha ou de lavanderia e etc.) deve ser adotado um reforço interno à parede, em madeira tratada ou aço zincado, já deixados na parede durante a execução.

Quando se analisa uma determinada carga é necessário verificar se trata de carga de ruptura ou carga de uso, bem como a forma de aplicação da carga. Normalmente, é adotado um coeficiente de segurança de três, ou seja, a carga de uso deverá ser a terça parte da carga média de ruptura observada em ensaios. Não é qualquer tipo de carga que pode ser fixada, independente de outros fatores. É necessário verificar todos os fatores intervenientes e os limites de cargas de uso definidas por tais fatores.

2.4.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO GESSO ACARTONADO

2.4.6.1. VANTAGENS

Nos próximos itens, vão ser descritas algumas das vantagens da utilização das placas de gesso acartonado como vedação vertical interna em relação à tradicional alvenaria.

Montagem por acoplamento mecânico

A montagem do sistema das placas de gesso acartonado é feito por acoplamento mecânico, através de dispositivos como parafusos, pinos e presilhas. Isto gera uma maior precisão dimensional do sistema, além de reduzir consideravelmente o consumo de mão de obra, os prazos de execução e os custos indiretos (SABBATINI, 1998).

Construção à seco

Por não utilizar argamassas plásticas na sua montagem, os serviços se tornam mais limpos e com menor dano a serviços já executados. Quando a montagem é feita a partir de projetos de produção racionalizados específicos consegue-se um menor percentual de perdas e geração de entulhos (SABBATINI, 1998).

Contraventamento

Por possuírem baixa rigidez e maior resiliência, as divisórias em gesso acartonado não contraventam os pórticos e elementos estruturais, como ocorre com as paredes em alvenaria. Por possuírem esta característica, é possível ter uma noção mais realista e previsível do comportamento geral da estrutura com o tempo (SABBATINI, 1998).

Instalações embutidas

Talvez esta seja a maior vantagem deste sistema em relação as paredes executadas em alvenaria. A existência de um vazio interno nas vedações em gesso acartonado traz a possibilidade do embutimento racionalizado das instalações elétricas e hidráulicas, sem quebras (SABBATINI, 1998).

Leveza

Com a utilização das placas como material de vedação, os custos de fundação e estrutura podem ficar até 15% mais baratos. Isso se deve ao fato de que uma parede de gesso pesa 25 kg/m² enquanto a de alvenaria pesa 180 kg/m² (GESSO..., 2000, p. 25). Pela sua própria composição, o sistema também é mais leve que as paredes em alvenaria. Assim, para cada dez caminhões de alvenaria, são necessários apenas um de *drywall* (ROSSO, 2010).

Ganho de área

Com a substituição da alvenaria pelas placas de gesso acartonado nas compartimentações internas, pode-se ganhar em torno de 3% de área em apartamentos residenciais. Pode parecer pouco, porém em apartamentos de área muito reduzida essa

porcentagem já se torna significativa. Esse ganho de área pode também ser utilizado como argumento de marketing pelas imobiliárias (SABBATINI, 1998).

As paredes de drywall são mais finas, desta maneira a cada 100m² construídos, ganha-se em média 5m² de área (ROSSO, 2010).

2.4.6.2.DESVANTAGENS

Nos próximos itens, vão ser descritas algumas das desvantagens da utilização das placas de gesso acartonado como vedação vertical interna em relação à tradicional alvenaria.

Sensibilidade à umidade

Por apresentarem gesso na sua composição, a utilização das placas de gesso acartonado não é indicada para as vedações de fachada, limitando seu emprego em divisórias de compartimentação e separação. Para evitar o comprometimento das divisórias pela ação da água da chuva, é recomendável que este serviço só inicie depois que o pavimento esteja vedado externamente (SABBATINI, 1998).

Vedação oca

A possibilidade do embutimento racionalizado das instalações elétricas e hidrossanitárias é considerada a maior vantagem deste sistema, pois evita a quebra dos elementos verticais. Entretanto o som oco e a possibilidade desses vazios se tornarem esconderijos de insetos como baratas, cupins e formigas, são considerados aspectos negativos (SABBATINI, 1998, p. 79).

Fixação de objetos

Caso haja a necessidade de fixar objetos com um peso superior a 30 kg, deve-se colocar um reforço dentro da divisória, sendo que este serviço deve ser realizado antes do fechamento da segunda face da divisória. Normalmente estes reforços são feitos com madeira, embora reforços metálicos também sejam comercializados (TANIGUTTI; BARROS, 2000).

Desempenho acústico

O gesso acartonado pode ter desempenho adequado de isolamento sonoro, quando atendidas as configurações recomendadas na especificação e com correta execução. No Brasil, na maioria dos casos, a vedação ocorre com apenas uma chapa de cada lado do

montante metálico e sem o emprego de lã mineral no seu interior. Desta maneira, na prática, seu desempenho torna-se inadequado (LOSSO; VIVEIROS, 2004).

2.5. DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

De acordo com Gonçalves et al. (2004) o desempenho térmico de edificações pode ser entendido como à resposta da habitação, a partir de parâmetros climáticos interiores ao clima em que está localizada. Também se considera a envoltória e as propriedades termo físicas dos componentes construtivos, pois estes influenciam diretamente nos fluxos energéticos. O envelope de uma edificação estabelece relações entre o ambiente interno e externo, portanto, os materiais que a compõem atuam nas condições do espaço interior. Miranda (2011), diz que o desempenho térmico “depende das características dos elementos e materiais que compõem a envoltória, assim como do ganho de calor externo por meio da circulação do ar pelos ambientes”.

Com o objetivo de satisfazer as necessidades básicas de desempenho, os diferentes sistemas têm requisitos mínimos de desempenho (M), os quais devem ser considerados e atendidos em todos os casos. Para incentivar a melhoria da qualidade das edificações, são estabelecidos níveis mais elevados do que o mínimo, denominados de intermediário (I) e superior(S), os quais devem atender requisitos respectivamente mais elevados. O Zoneamento apresenta uma relação de 330 cidades cujos climas foram classificados, segundo os parâmetros e condições de conforto para tamanho e proteção de aberturas (janelas), vedações externas (paredes e coberturas) e estratégias de condicionamento térmico passivo, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3.

Quadro 03- Critério de avaliação de desempenho térmico

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$
I	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 1^\circ \text{C})$
S	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^\circ \text{C})$ e $T_{i, \min} \leq (T_{e, \min} + 1^\circ \text{C})$

$T_{i, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.
 Fonte: Adaptado NBR 15575-1 (2013, p. 73).

Fonte: ABNT 15220-3: 2005

2.5.1. DESEMPENHO NO VERÃO

Segundo a ABNT NBR 15575: 2013, a edificação deve apresentar condições térmicas no interior do edifício melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para o dia típico de projeto de verão. De acordo com a ABNT NBR 15575-1: 2013, são recomendados os níveis mínimo (M), intermediário (I) e superior (S) apresentados na Tabela 2.

Quadro 04- Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
<p>$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p>		

Fonte: ABNT 15575-1: 2013

2.5.2. DESEMPENHO NO INVERNO

Segundo a ABNT NBR 15575: 2013, a habitação deve apresentar condições térmicas no interior do edifício melhores que do ambiente externo, no dia típico de projeto de inverno. Desse modo, conforme a ABNT NBR 15575-1: 2013, são recomendados os níveis mínimo (M), intermediário (I) e superior (S) ilustrados no Quadro 05.

Quadro 05- Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5)	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 30\text{ C})$	Nestas zonas, este critério não deve ser verificado.
<p>$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p>		

Fonte: ABNT 15575-1: 2013

2.5.3. TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE O MEIO E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

Uma edificação qualquer absorve energia térmica do meio externo por vários mecanismos de radiação e convecção. A temperatura de sua face externa eleva-se em relação à temperatura inicial e, como a temperatura da face interna é menor, acontecerá a condução na

direção da última. A intensidade desse fluxo dependerá de vários fatores como, a espessura da parede, capacidade calorífica do material, condutividade térmica (k) e sua densidade. Em função da elevação da temperatura, haverá um fluxo de calor da face interna da parede para o ambiente interno, através dos mecanismos de radiação e de convecção.

Para determinar a influência que o tipo do material tem sobre a intensidade do fluxo através da parede, utiliza-se a propriedade térmica denominada condutividade térmica (k). Materiais bons condutores de calor tem valores de k elevados (INCROPERA E DEWITT, 1998). Quanto maior o valor de k , maior será o fluxo de calor através das paredes.

Materiais que possuem baixa densidade (cortiça, eps, lã de vidro e concreto celular) têm baixa condutividade principalmente devido à porosidade que apresentam. Neles, o ar confinado no interior dos poros dificulta a transferência de calor (Lamberts, 1997).

2.5.4. PROTEÇÃO TÉRMICA DE FECHAMENTOS VERTICAIS

Numa edificação, os ganhos de energia por radiação podem ocorrer de modo direto, difuso, por reflexão da energia no solo e nas adjacências, por emissão do solo aquecido e da atmosfera. As perdas, por sua vez, podem ocorrer por radiação emitida da edificação para o ar circulante, para a superfície ou solo.

De acordo com Lamberts (1997) é possível reduzir a carga solicitada aos sistemas de climatização artificial, e conseqüentemente a demanda de energia elétrica, se forem adotadas estratégias como: uso de proteções solares em aberturas; uso de cores claras no exterior; uso de ventilação cruzada e redução da “condutância” (ou “transmitância”) térmica (U) das paredes, janelas e coberturas. Entenda-se por condutância térmica a propriedade definida pelo inverso de resistência térmica total do fechamento.

2.6. DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES

ABNT-NBR-15575 apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns. Os valores normativos são obtidos por meio de ensaios realizados em campo para o sistema construtivo. Sendo eles:

- Método de precisão, realizado em laboratório:

Este método determina a isolação sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. O método de ensaio é descrito na norma ISO 10140-2. Para avaliar um projeto com diversos

elementos (parede com janela, parede com porta etc.), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

- Método de engenharia, realizado em campo:

Para SVVE (fachadas): determina, em campo, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O método é descrito na norma ISO 10140-5. Para SVVI (paredes internas): determina, em campo, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O método é descrito na norma ISO 140-4. Os resultados obtidos restringem-se somente às medições efetuadas.

- Método simplificado de campo:

Este método permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), do isolamento sonoro global entre recintos internos, em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro. O método simplificado é descrito na ISO 10052.

Os valores fixados pela NBR para avaliação de ruídos em ambientes, com janelas abertas ou fechadas, variam ainda conforme o ruído seja aferido em períodos diurno ou noturno. Para medições realizadas no interior de edificações devem ser consideradas correções, sendo de menos 10 dB(A) para janela aberta e menos 15 dB(A) para janela fechada.

Quadro 06 - Nível de aceitação segundo a NBR 10152:1987

Tipos de Áreas	Ambientes Externos		Ambientes Internos			
	Diurno	Noturno	Diurno		Noturno	
			Janela Aberta	Janela Fechada	Janela Aberta	Janela Fechada
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, (dB(A)).	50	45	40	35	35	30
Áreas mistas, predominantemente residenciais, (dB(A)).	55	50	45	40	40	35
Áreas mistas, com vocação comercial e administrativa, (dB(A)).	60	55	50	45	45	40

Fonte: ABNT NBR 10152:1987

2.6.1. DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL PONDERADA PELA VEDAÇÃO INTERNA

Avaliar utilizando um dos métodos de campo para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível, $D_{nT,w}$. As medições devem ser executadas com portas e janelas dos ambientes fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora. O SVVI (sistema de vedação vertical interna) deve apresentar desempenho mínimo de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, conforme Quadro 07.

Quadro 07- Índice de redução sonora e diferença padronizada de nível ponderada de alguns componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	R_w (dB)	$D_{nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente de dormitório	45 a 49	40 a 44	Mínimo
	50 a 54	45 a 49	Intermediário
	≥ 55	≥ 50	Superior
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	45 a 49	Mínimo
	55 a 59	50 a 54	Intermediário
	≥ 60	≥ 55	Superior
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	30 a 34	Mínimo
	40 a 44	35 a 39	Intermediário
	≥ 45	≥ 40	Superior

Fonte: NBR 15575-4:2013

2.6.2. PROPAGAÇÃO DO RUÍDO

Segundo Costa (2003), o som se propaga por meio de impulsos ocasionados ao meio, em torno do corpo sonoro, provocando deformações transitórias que se movimentam longitudinalmente, de acordo com a onda de pressão criada.

O meio natural de propagação do som que permite que este chegue ao ouvido, é o ar. Se não houver gás preenchendo o ar envolto, os sons deixam de ser ouvidos (SILVA, 2005).

De acordo com Gerges (2000), o som se propaga em forma de ondas esféricas a partir de uma fonte pontual. Duas situações dificultam este modelo simples: a presença de obstáculos na trajetória de propagação e a não uniformidade do meio, causada por ventos e/ou gradientes de temperaturas em campo aberto.

Vibrações de superfície de sólidos produzem excitações no ar e desta forma o som é gerado. Qualquer processo que provoque flutuações no ar pode gerar ondas sonoras. Uma

superfície vibrante terá que ter dimensões bem maiores do que o comprimento de onda para ter uma boa eficiência de radiação acústica (GERGES, 2000).

Segundo Souza, apud Rocha (2004), pode se considerar a propagação sonora como sendo a diferença de pressão sonora e essa propagação pode ocorrer em campo livre, onde não existem obstáculos, ou em campo difuso, tomando como exemplo, ambientes fechados.

De acordo com Carvalho (2006), o ruído aéreo, como o nome já define, representa o ruído transmitido através do ar. Como exemplos têm-se vozes, buzinas, etc.

2.6.3. ISOLAMENTO DE RUÍDOS

Segundo Carvalho (2006), isolar acusticamente um recinto trata-se de impedir a entrada dos ruídos externos no mesmo, de forma a alcançar patamares em conformidade com a atividade a ser exercida no seu interior. Porém, de acordo com Gerges (2000), o isolamento do ruído decorrente da presença de paredes, divisórias ou partições, não é a única maneira de diminuir a transmissão sonora entre ambientes.

Além dessas formas de atenuação, a propagação sonora também ocorre através do ar ou através da estrutura (GERGES, 2000).

2.6.4. ABSORÇÃO DO RUÍDO

Costa (2003, p. 32) diz: “Quando uma onda sonora incide sobre uma superfície sólida, parte da energia sonora é absorvida devido ao atrito e viscosidade do ar, transformando-se em calor”.

Para ele, essa quantidade de energia absorvida representa o coeficiente de absorção e depende principalmente da natureza do material.

Segundo Carvalho (2006), ao incidir sobre um obstáculo, a onda sonora propicia três situações: uma parte da onda é transmitida através do material, outra parte é absorvida pelo obstáculo e o restante é refletido.

Ao reter grande quantidade de ondas sonoras transformando-as em energia térmica, diz-se que o material apresenta boa absorção acústica, ou seja, se trata de um material absorvente, e ao refletir grande parte da energia sonora, diz-se que o material se trata de um bom isolante acústico (CARVALHO, 2006).

3. METODOLOGIA

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada onde busca produzir conhecimentos científicos para aprimorar os processos tecnológicos da utilização do gesso acartonado. Conforme Thiollent (2009, p.36) a pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas nas atividades e está empenhada na elaboração de diagnósticos buscando soluções. Foram analisados três tipos de vedações: gesso acartonado; gesso acartonado com fibra de vidro e blocos cerâmicos.

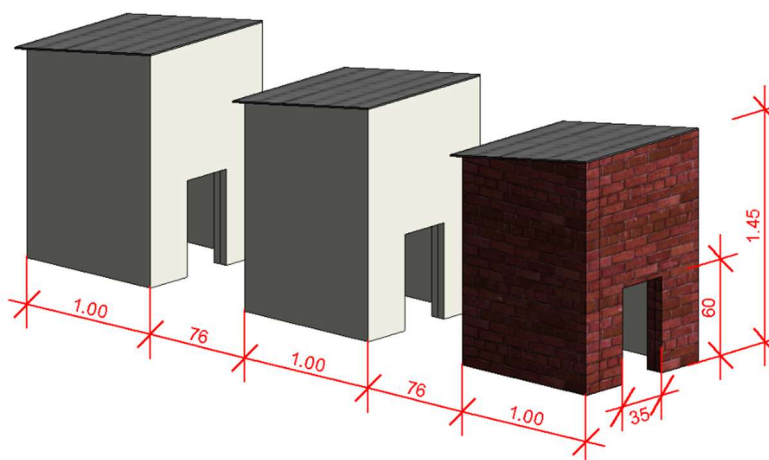
A abordagem é quantitativa visando através destes ensaios e da montagem de protótipos obter valores que demonstrem as características dos três tipos de vedações. Esses protótipos foram expostos às condições de temperatura na cidade de Palmas – TO durante o mês de setembro/outubro para avaliar a influência na temperatura para essa região.

3.2. PROTÓTIPOS

Segundo a NBR 15575:2013, a aferição da temperatura, in loco, deve ser feita em escala real (1:1), contudo a mesma não traz precisamente o tamanho ideal para confecção do protótipo.

Diante do exposto, realizou-se pesquisa bibliográfica de projetos semelhantes e artigos sobre o tema, dentre os artigos estudados, a cerca de protótipos. Foram construídos 03 (três) protótipos, um de gesso acartonado, outro de gesso acartonado com adição de fibra de vidro e por último um de blocos cerâmicos, todos com as dimensões em planta de 1.00 x 1.00 m e altura de 1.30m e telhado termo acústico metálico para os protótipos com inclinação de 15%.

Figura 02 – Croqui dos protótipos



Fonte: Autor

Para determinar o local específico da construção dos protótipos, levou-se em consideração a localização da serralheria, observando-se a distância para que não houvesse sombra sobre os protótipos, além de tentar achar o espaço mais nivelado possível. Com o auxílio da bússola, identificou-se a orientação para abertura da janela sendo esta, voltada para o oeste conforme a figura abaixo.

Figura 03 – Localização dos protótipos



Fonte: Autor

Procedeu-se a limpeza dos terrenos e a preparação do solo para receber a fundação. A fase de construção foi realizada por mão de obra especializada, os tijolos utilizados para a montagem foram tijolos cerâmicos convencionais de 8 furos assentados com uma argamassa de cimento e areia sobre um lastro de concreto de 8mm de espessura conforme especificações recomendadas.

Foram revestidas as fachadas externas com camada única sem chapisco de 2,0 cm de argamassa e para o telhado do protótipo utilizou-se telha termo acústica.

Já a montagem e instalação dos protótipos de gesso acartonado que também foram realizadas por mão de obra especializada seguiram todas as especificações da NBR 15758-1: 2009.

As paredes dos protótipos feitos de gesso acartonado totalizaram em sua largura uma espessura de 10 cm, já as paredes do protótipo de blocos cerâmicos totalizaram em uma espessura de 13 cm.

Figuras 04 e 05 – Construção dos protótipos



Fonte: Autor

Figura 06 - Protótipos finalizados



Fonte: Autor

3.3.DETERMINAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO

A análise do conforto acústico dos protótipos foi feita por meio de métodos de medição alternativo àqueles propostos na NBR 15575: 2013. A metodologia recomendada nas ISO's e Normas de referência requer o uso de equipamentos e técnicas avançadas de medição, bem como, a participação de mais pesquisadores nos postos de coleta de dados.

Em função disso, para fins de análise desse trabalho, foi aplicado um método de medição mais simples e acessível, descrito na NBR 10151: 2000 e na NBR 10152: 1987.

As coletas de dados de acústica dos protótipos foram realizadas no dia 24 de outubro.

Para a medição do ruído foi utilizado equipamento cedido pelo curso de arquitetura do CEULP-ULBRA, com a seguinte descrição:

- Decibelímetro digital Modelo: DEC-490 com escala de frequência entre 31,5 e 8000 Hz; faixa dinâmica entre 30 e 130 dB(a), resolução 0,1 dB(A), ponderação A e C, ponderação de tempo fast e low e precisão de $\pm 1,5$ dB(A).

Figura 07 –Decibelímetro digital



Fonte: Google Imagens

Para a medição do ruído, o instrumento foi previamente calibrado para a leitura de nível de pressão sonora equivalente (Leq), em decibels ponderados em “A” [dB (A)]. Este nível é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição. Foi realizado três procedimentos para a determinação do conforto

acústico. O aparelho foi posicionado em todos os três procedimentos no centro dos protótipos (a 38 cm de cada face das paredes e da abertura) com o microfone voltado para a fachada leste dos mesmos (lado contrário da abertura). Foi ligado um áudio em uma caixa de som colocada no chão inclinada a 45° com distância de 2,0 metros dos protótipos com uma frequência de 528 Hz durante 3 minutos, assim foi feito a leitura do decibelímetro a cada 30 segundos para ser feita a média e assim obter resultados mais precisos.

Figura 08- Ensaio com caixa de som



Fonte: Autor

Da mesma forma foi ligada uma betoneira a mesma distância dos protótipos com um pouco de brita em seu interior e foi realizado a leitura do decibelímetro a cada 30 segundos em um intervalo de 3,0 minutos para cada protótipo. Depois foi feito outro ensaio com a betoneira da mesma maneira, porém fazendo a leitura do decibelímetro a cada 10 segundos durante 1,0 minuto.

Figura 09 - Ensaio com betoneira



Fonte: Autor

3.4. COLETA DE DADOS DE TEMPERATURA

O modelo utilizado para a aferição do experimento foi o índice fisiológico, ou seja, aqueles que consideram índices meteorológicos.

De acordo com método descrito na NBR 15575 (2013) para apuração dos dados, as medições devem ocorrer em um dia típico de projeto, de verão ou de inverno, a norma apresenta parâmetros de temperaturas locais de cada zona, para cada dia típico que são valores identificados pela temperatura do ar exterior medidos no local. As coletas de dados de temperatura foram realizadas entre os dias 25 e 27 de setembro.

Para realizar a coleta das temperaturas internas foi utilizado termo-higrômetro digital com data logger SHT31 SMART GADGET Sensirion (Figura 10).

Este equipamento foi cedido pelo CEULP-ULBRA, o termômetro nos indicou as informações de temperatura interna e externa.

Figura 10 – Termo-higrômetro



Fonte: Google Imagens

Os horários para medições foram 8:00 h, 13:00 h e 18:00 h, sempre nos mesmos horários para os três protótipos para extrair informações no início do dia onde a fachada leste é mais solicitada, no início da tarde onde a temperatura da cidade alcança os maiores valores e no final da tarde quando é mais solicitada a fachada oeste, após a coleta os dados foram transferidos para planilha no Excel e processados para formação de gráficos e tabelas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.CONFORTO ACÚSTICO NO INTERIOR DOS PROTÓTIPOS

A variedade de tipologias construtivas diferentes demanda mais ensaios de laboratórios para a melhor caracterização dos produtos e sistemas por parte dos fornecedores. Por outro lado, os ensaios de campo/obra são imprescindíveis para a verificação do atendimento aos requisitos de desempenho. Deve-se considerar ainda a influência de variáveis no resultado final, tais como o projeto, materiais selecionados, mão de obra e tecnologia executiva, que podem afetar significativamente o desempenho pretendido.

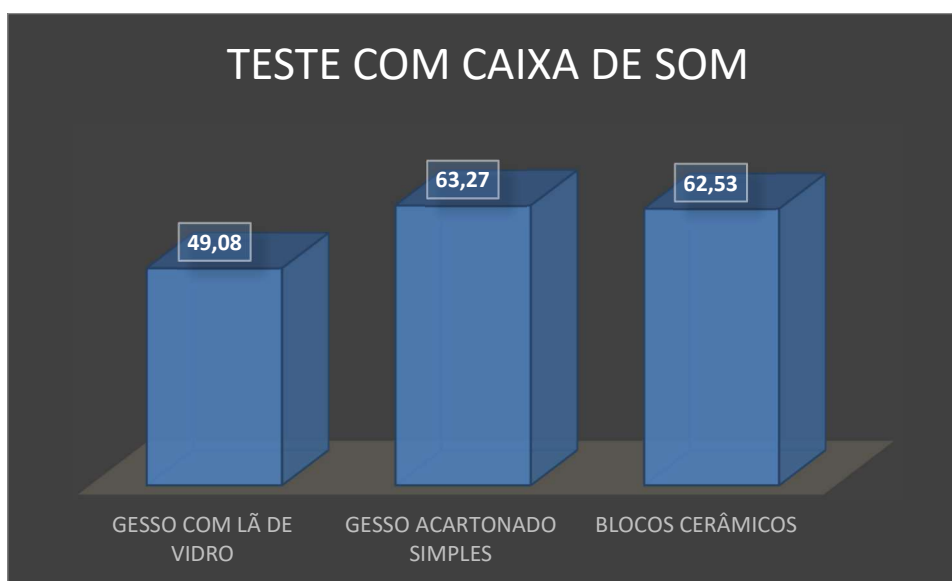
Com isso este trabalho traz por interesse voluntário a comparação dos três tipos de materiais estudado sem definir níveis de desempenho. A tabela e gráfico abaixo mostra os dados colhidos do teste feito com a caixa de som emitindo um som na mesma frequência em tonalidade pura, níveis coletados de 30 em 30 segundos durante 3,0 minutos para uma melhor precisão.

Tabela 01- Teste com caixa de som

TEMPO(s)	GESSO COM LÃ DE VIDRO (dB (A))	GESSO ACARTONADO SIMPLES (dB (A))	BLOCOS CERÂMICOS (dB (A))
00:30	48,7	62,8	62,8
01:00	49,7	63,4	62,4
01:30	49,1	63	62,2
02:00	49,1	63,1	62,4
02:30	49	63,3	62,5
03:00	49,1	63,5	62,7

Fonte: Autor

Gráfico 01- Teste com caixa de som



Fonte: Autor

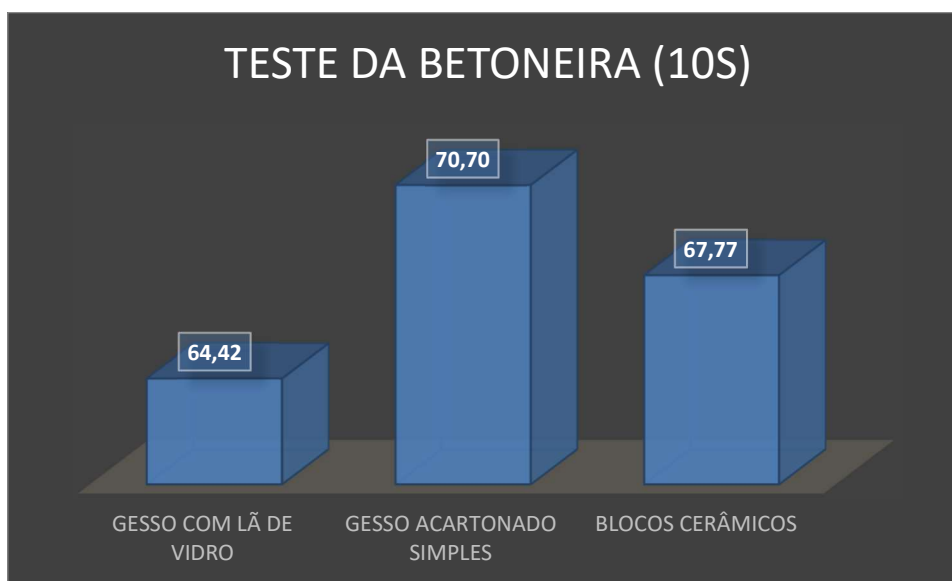
Para avaliar melhor os tipos de materiais e trazer resultados mais precisos foi realizado ainda dois testes de conforto acústico utilizando a betoneira com brita em seu interior como equipamento emissor de ruído com os protótipos. A tabela e gráfico abaixo traz os dados colhidos de 10 em 10 segundos durante 1,0 minuto ligada a betoneira cronometrada.

Tabela 02- Teste da betoneira (10 segundos)

TEMPO(s)	GESSO COM LÃ DE VIDRO (dB (A))	GESSO ACARTONADO SIMPLES (dB (A))	BLOCOS CERÂMICOS (dB (A))
00:10	64,8	71,5	68,2
00:20	62,8	72,4	64,5
00:30	66,8	66,7	69,3
00:40	63,6	71,6	71,7
00:50	63,6	68,6	65,8
01:00	65,9	72,1	66

Fonte: Autor

Gráfico 02 – Teste da betoneira (10 segundos)



Fonte: Autor

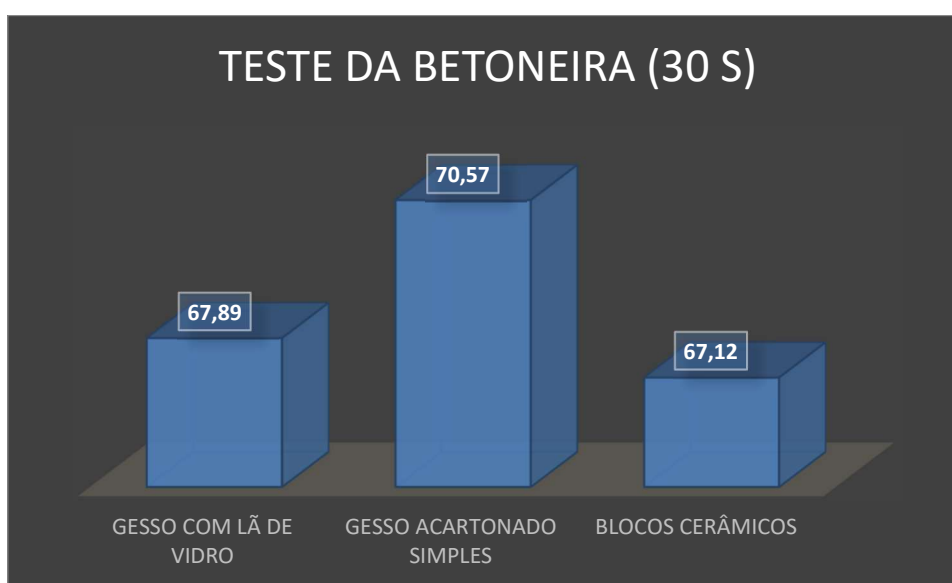
Feito tal avaliação de 10 em 10 segundos o teste foi refeito só que seguindo um novo intervalo de leitura de níveis. Desta vez a leitura foi feita de 30 em 30 segundos durante 3,0 minutos com a betoneira ligada, os dados colhidos seguem na tabela e gráfico abaixo.

Tabela 03 – Teste da betoneira (30 segundos)

TEMPO(s)	GESSO COM LÃ DE VIDRO (dB (A))	GESSO ACARTONADO SIMPLES (dB (A))	BLOCOS CERÂMICOS (dB (A))
00:30	69,8	71,2	65,3
01:00	66,2	71,3	71,4
01:30	66,1	67,5	72,6
02:00	67,9	69	70
02:30	70,1	71,2	66,9
03:00	65,9	70,4	65,8

Fonte: Autor

Gráfico 03 – Teste da betoneira (30 segundos)

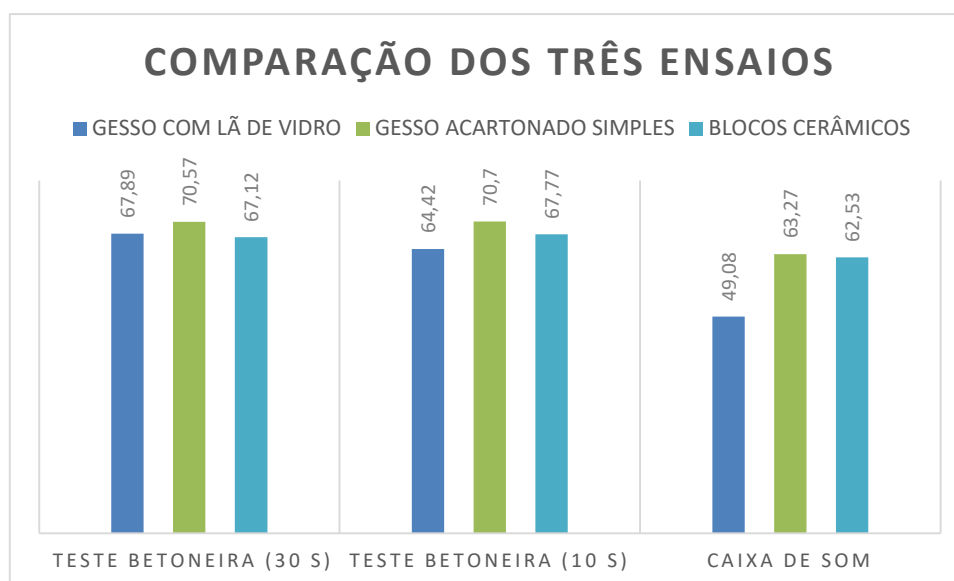


Fonte: Autor

Segundo Carvalho (2006), isolar acusticamente um recinto trata-se de impedir a entrada dos ruídos externos no mesmo, de forma a alcançar patamares em conformidade com a atividade a ser exercida no seu interior, então como analisado nos três protótipos percebe-se a qualidade da lã de vidro como isolamento acústico no interior das paredes.

Depois de colhido os resultados dos três ensaios foi gerado o gráfico para melhor comparar o conforto acústico dos três tipos de materiais estudados e assim chegar a uma conclusão.

Gráfico 04 – Comparação dos ensaios



Fonte: Autor

Pela leitura dos gráficos e tabelas resultados dos dados coletados observa-se que o conforto acústico do protótipo construído com gesso acartonado simples é inferior ao conforto acústico do protótipo construído com blocos cerâmicos. Já o protótipo construído com gesso acartonado e adição de lã de vidro em seu interior foi o que mostrou melhor resultado como conforto acústico entre os três protótipos nos ensaios realizados.

Viveiros (2004) cita que no Brasil, na maioria dos casos, a vedação ocorre com apenas uma chapa de cada lado do montante metálico e sem o emprego de lã mineral no seu interior. Desta maneira, na prática, seu desempenho torna-se inadequado.

4.2. TEMPERATURA NOS PROTÓTIPOS

Feito a coleta de dados de temperatura com o equipamento citado nos três protótipos no intervalo de 10 em 10 segundos durante 5 minutos, foi transferido para a planilha do excel e assim formatado. Logo após foi feita a média desses 5 minutos e registrado na tabela como mostra abaixo.

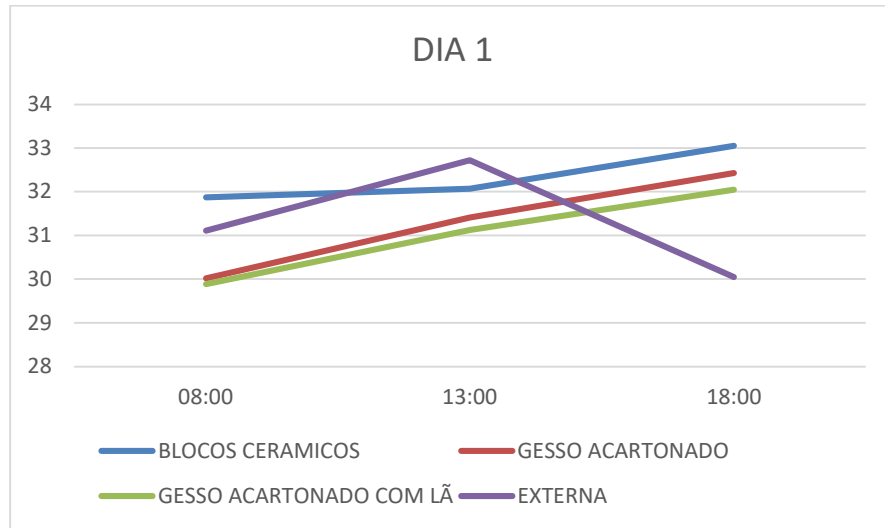
Tabela 04 – Dia 01

DIA 1	TEMPERATURAS			
HORARIO (h)	BLOCOS CERAMICOS (°C)	GESSO ACARTONADO (°C)	GESSO ACARTONADO COM LÃ (°C)	EXTERNA (°C)
08:00	31,87	30,02	29,89	31,11
13:00	32,07	31,41	31,12	32,72
18:00	33,05	32,43	32,05	30,05

Fonte: Autor

Com estes dados foi gerado o Gráfico 1, que mostra a temperatura externa e a temperatura interna dos 3 protótipos em cada um dos 3 horários medidos.

Gráfico 05 – Dia 01



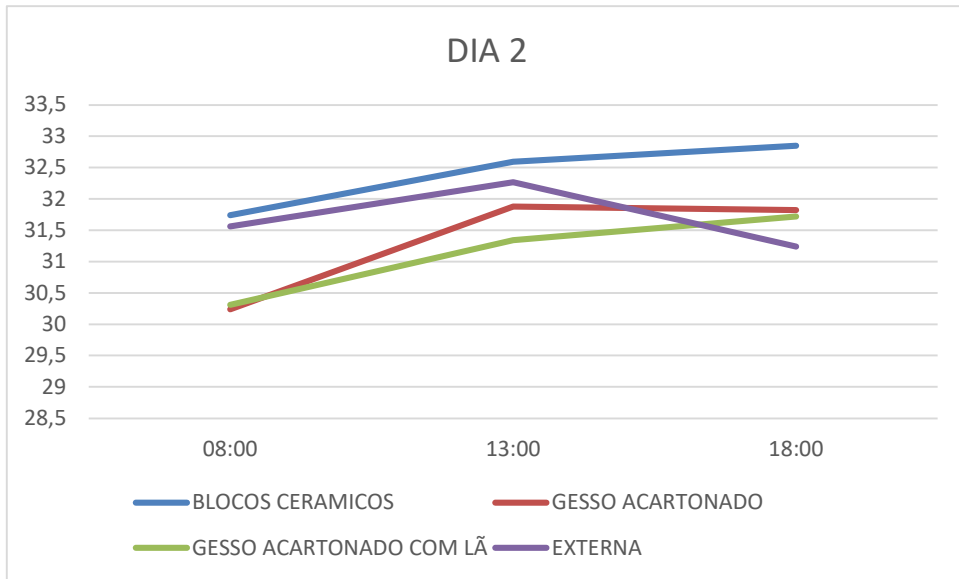
Fonte: Autor

E dessa forma foi realizado durante três dias seguidos para obter informações mais precisas e assim comparar resultados entre os materiais estudados.

Tabela 05 – Dia 02

DIA 2	TEMPERATURAS			
HORARIO(h)	BLOCOS CERAMICOS (°C)	GESSO ACARTONADO (°C)	GESSO ACARTONADO COM LÃ (°C)	EXTERNA (°C)
08:00	31,74	30,24	30,31	31,56
13:00	32,59	31,88	31,34	32,27
18:00	32,85	31,82	31,72	31,24

Fonte: Autor
Gráfico 06 – Dia 02



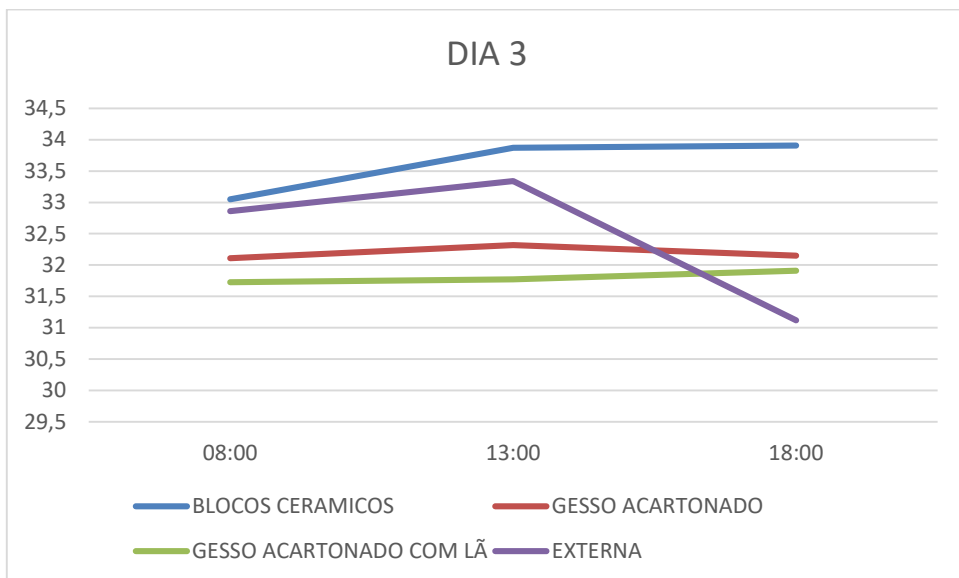
Fonte: Autor

Tabela 06 – Dia 03

DIA 3	TEMPERATURAS			
HORARIO(h)	BLOCOS CERAMICOS (°C)	GESSO ACARTONADO (°C)	GESSO ACARTONADO COM LÃ (°C)	EXTERNA (°C)
08:00	33,05	32,11	31,73	32,86
13:00	33,87	32,32	31,77	33,34
18:00	33,91	32,15	31,91	31,12

Fonte: Autor

Gráfico 07 – Dia 03



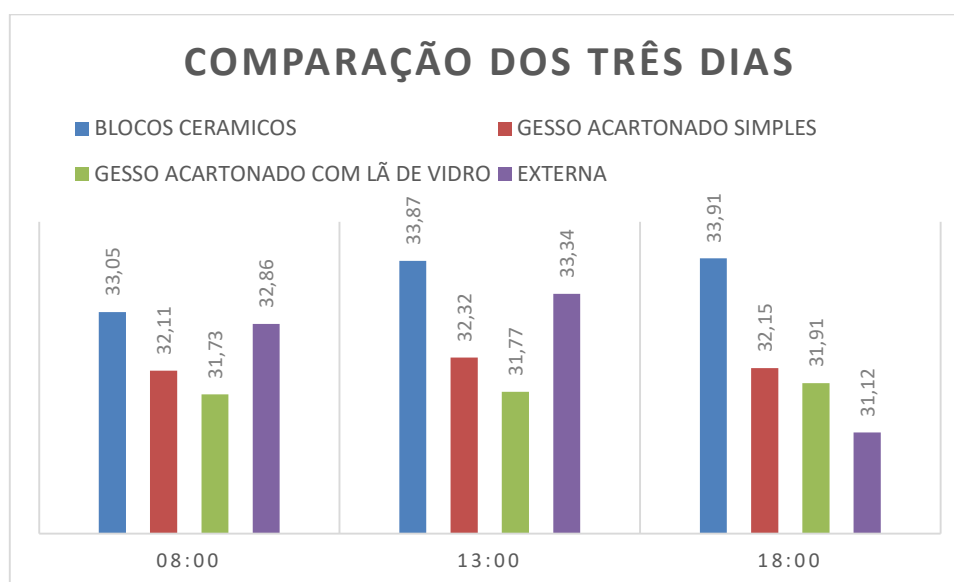
Fonte: Autor

Como cita Lamberts em 1997, materiais que possuem baixa densidade (cortiça, eps, lã de vidro e concreto celular) têm baixa condutividade principalmente devido à porosidade que apresentam. Neles, o ar confinado no interior dos poros dificulta a transferência de calor.

Como exemplo nesses três protótipos a adição de lã de vidro no interior das placas de gesso fizeram com que a condutividade térmica fosse menor comparada aos outros dois protótipos.

Depois de coletar dados durante três dias seguidos como recomendado, foi gerado um gráfico comparando os resultados obtidos durante os três dias entre os três materiais estudados para assim fazer uma comparação mais precisa e elaborada sobre os três protótipos.

Gráfico 08- Comparação dos três dias de ensaios



Fonte: Autor

Com estes gráficos, pode-se observar que a temperatura interna no protótipo construído com blocos cerâmicos sempre é maior que as temperaturas internas dos protótipos montados com gesso acartonado. Pode-se observar também que a temperatura externa sempre no começo do dia é mais elevada que as temperaturas internas dos protótipos de gesso acartonado e no fim do dia menor que a dos mesmos.

Segundo a ABNT NBR 15575: 2013, a edificação deve apresentar condições térmicas no interior do edifício melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para o dia típico de projeto de verão, nos resultados do nosso ensaio observamos que essas condições só se apresentam de tal forma durante o fim do dia, ao anoitecer.

Como o trabalho não traz uma simulação real de uma edificação não há forma de indicar ou dar como certeza sobre tal material estudado para utilização como vedação vertical externa.

O comportamento das temperaturas ao longo do dia tende a aumentar consideravelmente ao longo do dia e baixar rapidamente ao anoitecer, diferentemente do que acontece dentro de uma construção ou residência, onde o papel das paredes é impedir que todo o calor passe para o ambiente interno. A temperatura nos protótipos demora mais para subir, mas permanece aumentando por mais tempo no final do dia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, com o crescimento da competitividade no ramo da construção civil, as empresas vêm buscando novos métodos, materiais e tecnologias de construção que permitam a redução dos gastos durante a construção, e, além disso, mantenham a qualidade do produto final.

Com isso o presente trabalho apresentou três métodos construtivos para utilizar como vedação, comparando-os para assim constatar qual o método mais indicado. Ao analisar o comparativo entre a alvenaria de bloco cerâmico e alvenaria em gesso acartonado e gesso acartonado com lã de vidro, concluiu-se que a partir do estudo realizado, o gesso acartonado com lã de vidro é a melhor opção, levando em consideração o conforto termo acústico.

Além disso a utilização do gesso acartonado ao invés do bloco cerâmico gera uma diminuição da geração de resíduos, desperdício e retrabalho, já que não é necessário cortes nas vedações para embutir as instalações e durante o transporte pode ser menos susceptível a perda do material, por ser mais flexível e pode ser transportado com mais facilidade do que o bloco cerâmico.

Levando em consideração todos os aspectos que foram apresentados nesse trabalho, para um cenário similar, é indicado o uso do gesso acartonado ou com adição de lã de vidro para utilização com vedações internas, pois nas análises mais impactantes o mesmo apresentou um melhor resultado. Porém cada caso deve ser estudado, pois cada projeto contém suas particularidades devendo atender as necessidades dos clientes.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013b.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas SVVIE. Rio de Janeiro, 2013c.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013d.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-6**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 6: Requisitos para sistemas de hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013e.

ABRAGESSO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso. Manual de montagem de sistemas drywall. São Paulo: Pini, 2004.

ABRAGESSO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso. Manual de projeto de sistemas drywall. São Paulo: Pini, 2006.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15217** – Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270** – Componentes cerâmicos- Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152** – Níveis de Ruído para conforto acústico. Dezembro, 1987.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14715-1** – Chapas de gesso para drywall. Parte 1: Requisitos. Maio, 2010.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15758-1** – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall — Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes. Outubro, 2009.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151** – Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Junho, 2000.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120** – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Novembro, 1980.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-1** – Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Setembro, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-3** – Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Setembro, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-2** – Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Setembro, 2005.

TANIGUTI. **Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado**. São Paulo, Outubro, 1999.

THOMAZ, Ércio et all. **Código de práticas nº 01 : Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo, 2009.

Associação Brasileira de Fabricantes de Chapa de Drywall - ABFCD. Disponível em: <http://www.abragesso.org.br/index.php/2> acesso em 11-03-2008 11:50h. Acessado em 20 de setembro de 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS DE DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil – coleta, armazenagem e destinação para reciclagem**. 2009.

LIMA. - **Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e painéis em gesso acartonado para o uso como vedação em edifícios: estudo de caso em edifício de multipavimentos na cidade de Feira de Santana.** São Paulo, 2012.

SANTOS, R.F. - **Sistema monolítico e alvenaria de blocos cerâmicos estudo comparativo como elementos de vedações internas para edificações.** Agosto, 2014.

SORGATO, M. J.; MARINOSKI, D. L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Nota técnica referente a avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública.** LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2012

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16313: Acústica – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2014.

GERGES, Samyr N. Y. **Ruído: fundamentos e controle.** 2. ed. Florianópolis: Ed. NR, 2000.

CARVALHO, Régio P. **Acústica Arquitetônica.** Brasília: Ed. Thesaurus, 2006.

NETO e BERTOLI, M. F. F e S. R. **Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal.** Disponível em: <

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212010000400012&script=sci_arttext>

Acesso em: 15 de junho de 2015. Porto Alegre, 2010.

ROCHA, Leonardo Z. **Estudo e análise da acústica de ambientes submetidos à sistemas de áudio.** Porto Alegre, 2004.

SABBATINI, F.H. **O processo de produção das vedações verticais leves de gesso acartonado. Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios Vedações Verticais.** São Paulo, 1998. p.67-p.94.

LOSSO, M. **Gesso acartonado e isolamento acustico: teoria versus prática no Brasil.** São Paulo: clACS, 2004. p.3-p.12.

NAKAMURA, J. **Elementos que compõem uma parede de drywall.** Revista Equipe de Obra. 64.ed. Out. 2013

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
organizacaotc.files....	Visualizar	7704	404	2,99
acusticacuritiba.fil...	Visualizar	4730	304	2,85
passeidireto.com/arq...	Visualizar	1140	111	1,53
passeidireto.com/arq...	Visualizar	959	81	1,14
construcaomercado17....	Visualizar	1080	18	0,24
al.unit.br/cursos/cu...	Visualizar	2290	20	0,23
unasp.br/cursos/ec/g...	Visualizar	2354	17	0,19
pt.scribd.com/docume...	Visualizar	183	1	0,01
scribd.com/document/...	Visualizar	147	0	0