

## **UTILIZAÇÃO DA VERMICULITA EXPANDIDA EM CONTRAPISO FLUTUANTE EM PISO EM EDIFICAÇÃO MISTA: UM ESTUDO DE CASO.**

Gabriella Lopes Mendes

*Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (gabriellamendes\_01@hotmail.com)*

Julia Honorato Sganzerla

*Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (juliahonorato2011@hotmail.com)*

Lucas dos Santos

*Bacharelando do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (lukgs@outlook.com)*

Reidner Estevão de Oliveira

*Bacharelando do curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (reidner.oliveira@ablprime.com.br)*

Aurélio Caetano Feliciano

*Professor Especialista do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (aureliocfeng@gmail.com)*

### **RESUMO**

Com um crescimento no ramo da construção civil, o conforto acústico foi deixado de lado, após a criação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, tornou-se obrigatório o desempenho acústico, visando isso este estudo apresenta uma análise do uso de um contrapiso flutuante com adição de vermiculita expandida por meio de um estudo de caso feito na obra Gran Life Medical Complex, localizada em Anápolis-GO. Foi definido em projeto o método de contrapiso flutuante com 5 cm de espessura, que tem a utilização de uma manta acústica de polietileno expandido de baixa densidade entre o contrapiso e a laje, na qual os ruídos de impacto não se propagam através da estrutura devido à sua desvinculação à laje. Porém, houve um grande desnível nas lajes e, conseqüentemente, a espessura desse contrapiso teve que ser aumentada para 10 cm, com isso houve um aumento da carga permanente sob a estrutura e a necessidade de incorporar um agregado leve para redução de peso sobre a laje, onde foi utilizado a vermiculita expandida na composição. Visando o melhor desempenho e funcionalidade, a execução do contrapiso foi dividida em 70% com adição de vermiculita expandida, para redução de peso, e 30% de contrapiso convencional para atender os parâmetros de resistência. Para a validação da qualidade foram executados dois ensaios, ensaio de compressão e o ensaio de aderência à tração, onde ambos se mostraram favoráveis em relação aos parâmetros definidos baseado em uma adaptação da NBR 13753:1996 e estudos, visto que não há norma específica para esse tipo de sistema construtivo. O presente trabalho apresenta uma análise de cada etapa dessa execução da junção de um contrapiso flutuante com a incorporação da vermiculita expandida como agregado leve, e posteriormente análise dos resultados obtidos através da ensaios realizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** agregado leve; contrapiso flutuante; manta acústica; vermiculita expandida.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos houve um grande crescimento populacional e, com isso, houve a necessidade de construir estruturas mais leves, com paredes, fachadas e lajes de menor espessura, o que contribuiu para a poluição sonora entre os ambientes. Visando a redução de custos dos empreendimentos, o conforto acústico foi deixado de lado, com isso, surgiram insatisfações por parte dos usuários, já que as lajes possuíam cada vez mais uma menor espessura (FROLICH, 2019).

Em 2013, entrou em vigor a ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, que estabeleceu os requisitos mínimos para os diferentes sistemas construtivos, assim, o isolamento acústico tornou-se obrigatório nas edificações habitacionais. Dessa forma, para amenizar os ruídos gerados pelos impactos sofridos entre os pisos, a solução mais adotada atualmente é a utilização de contrapiso flutuante, que consiste em um material resiliente posicionado entre a laje e o contrapiso (FROLICH, 2019).

Com a desvinculação do contrapiso à laje, o mesmo tem à necessidade de resistir a maiores esforços de tração, resultando em um contrapiso com maior espessura e peso próprio. Para reduzir esse peso próprio pode-se adicionar vermiculita ao contrapiso convencional.

O contrapiso com adição de vermiculita consegue uma combinação de um baixo peso próprio com uma boa resistência mecânica, o que outros agregados não conseguem. A alta porosidade resultante de sua expansão após aquecimento permite a utilização do mineral como isolante térmico e acústico incorporado a argamassas e concretos (DELGADO; FOIATO; CARELLI, 2023).

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso da aplicação da vermiculita expandida em contrapiso flutuante em edificação mista na cidade de Anápolis – GO a fim de reduzir o peso específico do contrapiso flutuante sem prejudicar a sua funcionalidade, evitando assim, uma sobrecarga na laje, já que o elevado peso próprio pode ser um problema para a estrutura quando não é previsto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um dos grandes problemas enfrentados pelos moradores é devido à falta do cumprimento das exigências normativas de desempenho acústico, que é especificada na ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, que estabelece requisitos de desempenho térmico e acústico para as edificações. Durante muitos anos as construtoras visaram a racionalização na execução dos edifícios tentando reduzir os gastos com materiais e conseqüentemente, reduzindo a espessura dos elementos (FROLICH, 2019).

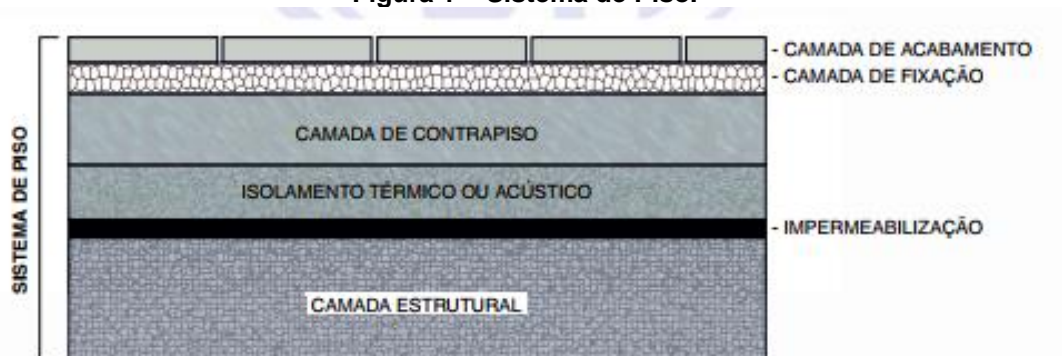
A OMS caracteriza a poluição sonora como um problema de saúde pública mundial, ela prevê que o ruído recomendável, sem prejudicar a audição humana, é de 50 dB, sendo que acima de 65 dB é algo que passa a ser incômodo (PIRES, 2016).

Barros (1991, p. 6), caracteriza o contrapiso como sendo:

Uma camada do subsistema de piso produzida a partir de uma ou mais camadas de material, lançado diretamente sobre uma base ou sobre uma camada intermediária, com espessura e superfície adequadas ao atendimento de suas funções, que são: possibilitar o recebimento do revestimento de piso, proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos e a declividade nas áreas molháveis e ainda, permitir o eventual embutimento das instalações.

De acordo com a ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, o sistema de piso é um conjunto parcial ou total de camadas destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego e pode ser exemplificado conforme a Figura 1 abaixo:

Figura 1 – Sistema de Piso.

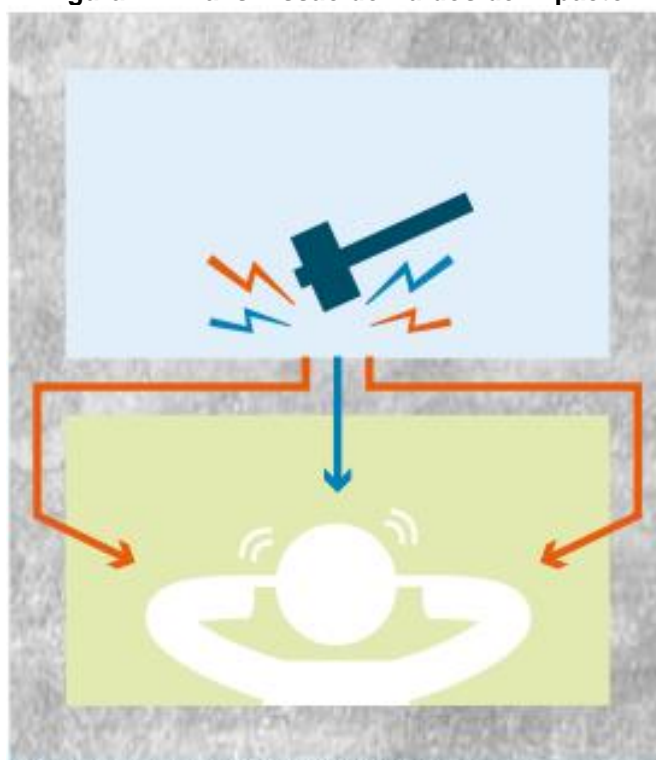


Fonte: ABNT NBR 15575-3, 2013.

Uma das principais causas de insatisfação dos moradores é devido à falta de isolamento acústico na habitação, visto que os ruídos excessivos gerados pelas pessoas, equipamentos e ferramentas, podem afetar o bem-estar, causando danos prejudiciais à saúde, aumentando o estado de estresse e diminuindo a qualidade de vida (OGAWA, ÁVILA, RASSI, 2014).

Praticamente todas as atividades de uma edificação geram algum tipo de ruído. Os ruídos podem ser divididos em ruídos aéreos e ruídos de impacto. A ProAcústica, em 2015, define o ruído de impacto como sendo resultante de um choque físico por impacto ou atrito de elementos sobre a superfície do piso como visto na Figura 2:

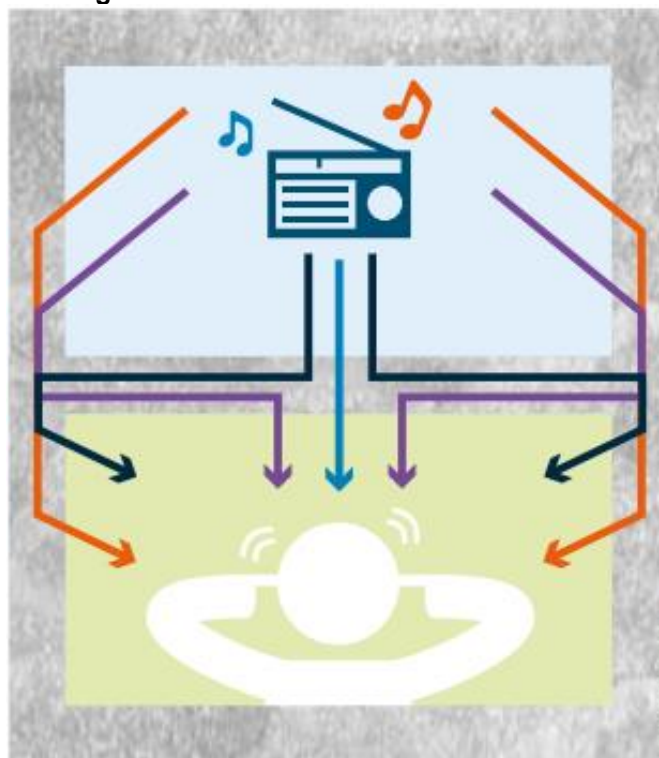
Figura 2 – Transmissão de Ruídos de Impacto.



Fonte: ProAcústica, 2015.

E os ruídos aéreos são definidos com a origem no ar (PROACÚSTICA, 2015) conforme a Figura 3:

**Figura 3 – Transmissão de Ruídos Aéreos.**



Fonte: ProAcústica, 2015.

De acordo com Frolich (2019), se referindo ao isolamento acústico entre ambientes, a edificação deve propiciar condições mínimas de desempenho acústico no seu interior em relação a fontes padronizadas de ruídos de impacto e de ruídos aéreos.

Barros, Bernades e Nakamura (2010), ressalta que uma das soluções existentes para minimizar a transmissão de ruídos é a execução de um contrapiso flutuante, que se diferencia dos demais por estar dessolidarizado, assente sobre um material resiliente, dos elementos estruturais e de vedação da edificação (LAMB, 2020).

Após a instalação do contrapiso flutuante, nas condições de uso do imóvel, o material resiliente adotado estará sujeito ao carregamento constante imposto pelo contrapiso, piso e móveis, além das cargas acidentais (MARTINS, 2019). Por essa condição, deverá resistir ao esforço mecânico sem que isso interfira na sua funcionalidade.

Pode-se compatibilizar a utilização do contrapiso flutuantes com adição de vermiculita expandida, assim, tendo um contrapiso com maior espessura, porém, com um menor peso próprio, visto que sua massa específica pode variar em torno de 300 a 1850 kg/m<sup>3</sup> (EFFTING *et al.*, 2012), enquanto o convencional varia de 2000 a 2800 kg/m<sup>3</sup>.

Quando incorporada às argamassas, a vermiculita é capaz de aumentar o desempenho acústico ao mesmo tempo que confere leveza ao sistema de piso e à edificação (DELGADO; FOIATO; CARELLI, 2023).

O mercado oferece a vermiculita em forma de placas e blocos ou em forma de concreto leve de vermiculita expandida para a sua aplicação no contrapiso, rebocos acústicos e como enchimento de excelente qualidade (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

## 2.1 CONTRAPISO CONVENCIONAL

A ABNT NBR 13753 – Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento, descreve o contrapiso (ou piso morto) como sendo uma camada de argamassa sobre a qual são assentados revestimentos cerâmicos e, ainda descreve algumas exigências relacionadas à sua execução no item 5.5:

5.5.1 O contrapiso (ou piso morto) deve ser executado diretamente sobre a base ou sobre a camada intermediária, e após um período de no mínimo sete dias após a conclusão da camada imediatamente inferior.

5.5.2 O contrapiso deve ser constituído por uma de argamassa de cimento e areia úmida, com traço recomendado em volume de uma parte de cimento para seis partes de areia, ou por argamassa de cimento, cal hidratada e areia média úmida, com traço recomendado em volume de 1:0,25:6, respectivamente.

5.5.3 A espessura do contrapiso deve estar compreendida entre 15 mm e 25 mm.

5.5.4 O contrapiso deve ser executado com antecedência mínima de sete dias em relação ao assentamento do revestimento cerâmico, visando diminuir o efeito da retração da argamassa sobre o piso cerâmico a ser executado. A superfície da base, ou a camada imediatamente anterior, deve estar isenta de tudo que possa prejudicar a aderência da argamassa do contrapiso.

NOTA – Bases antigas ou superfícies muito lisas devem ser apicoadas.

5.5.5 Antes do lançamento da argamassa, aplicar sobre a base uma ponte de aderência conforme 5.2.3.

5.5.6 Caso o contrapiso seja executado sobre a camada de separação observar os detalhes dados em 5.3.7 no tocante à inserção de tela metálica.

5.5.7 O acabamento da superfície do contrapiso deve ser executado na medida em que é lançada a argamassa, devendo esta superfície se apresentar com textura áspera, obtida por sarrafeamento ou ligeiro desmpenamento.

O contrapiso convencional pode ser executado com argamassa plástica ou do tipo “farofa”, que se diferencia da plástica devido ao baixo teor de umidade resultando em uma consistência seca e esfarelada. Segundo Rubin (2015), o traço usual para esse tipo de contrapiso é de 1:3 em volume de cimento e areia úmida.

A consistência da argamassa é seca, com umidade aproximada de 12%, que pode ser rodada em obra ou industrializada (BARROS; BERNADES; NAKAMURA, 2010).

De acordo com Barros e Sabbatini (1991), o contrapiso pode ser dividido em três classes de acordo com a sua aderência:

- a) Contrapiso aderido: Total aderência com a base onde ocorre a transmissão de cargas de forma direta;
- b) Contrapiso não aderido: A aderência não é fundamental no seu desempenho;
- c) Contrapiso flutuante: Não há nenhum tipo de aderência à base.

## 2.2 CONTRAPISO FLUTUANTE

O contrapiso flutuante é um método de execução que se destaca por sua capacidade de isolamento térmico e acústico, que desempenha um papel crucial na qualidade de vida e bem-estar dos moradores e é considerado um dos métodos mais eficientes para esse fim. Esse tipo de piso exige um projeto específico elaborado por profissionais especializados para o cumprimento das normas de desempenho (BARROS; BERNADES; NAKAMURA, 2010).

O sistema é composto por uma camada de material resiliente, como a manta acústica, que é instalada entre a laje de contato e o contrapiso convencional, criando uma estrutura desvinculada à laje. Essa camada atua como um isolante acústico, reduzindo a transmissão de ruídos e oferecendo um conforto térmico.

Zuchetto *et al.* (2016), descreve que o ruído de impacto é gerado por uma excitação mecânica onde se origina uma vibração que é irradiada pela estrutura do edifício e os ruídos aéreos são gerados no ar do ambiente.

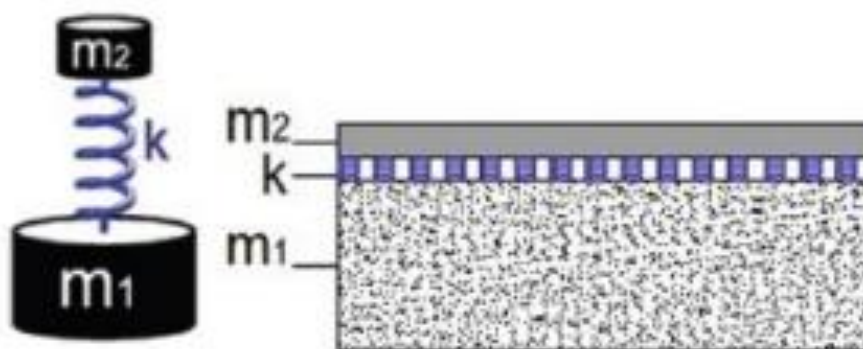
De acordo com Barros, Bernardes e Nakamura (2010), a espessura mínima da camada do contrapiso flutuante varia em função da compressibilidade dos materiais e as especificações do projeto.

A correta execução do contrapiso flutuante é importante para garantir o melhor desempenho possível do sistema, para isso, é necessário que, além da laje o contrapiso esteja desvinculado às paredes também, para que não sejam transmitidas para a estrutura as vibrações (LAMB, 2020).

Essa desvinculação à parede é obtida por meio da continuidade da manta até a altura do rodapé, geralmente de 10 a 15 cm, com isso, previne as chamadas pontes acústicas, que é o fenômeno resultante da propagação do som em locais onde há brechas, como é o caso do rodapé (LAMB, 2020)

Conforme Caniato *et al.*, 2016, a solução mais eficiente para reduzir os ruídos é através do conceito MASSA-MOLA-MASSA conforme ilustra a Figura 4:

Figura 4 – Conceito Massa-Mola-Massa.



Fonte: Caniato *et al.*, 2016.

Onde, "m1" seria a estrutura de apoio, no caso a laje, "k" a camada resiliente, que atua absorvendo a transmissão de ruídos e "m2" o contrapiso. Na camada resiliente normalmente é utilizado mantas acústicas, lã de vidro ou poliestireno expandido.

O material resiliente deve resistir também ao esforço mecânico por estar sujeito a esforços diariamente, afirma Oliveira *et al.* (2017). Para definir a eficiência dos contrapisos flutuantes em relação ao isolamento acústico, o comportamento dos materiais que o compõe e os seus estudos que caracterizam as alterações decorrentes do tempo de utilização, são fundamentais para as estimativas de vida útil (ZUCHETTO *et al.*, 2016).

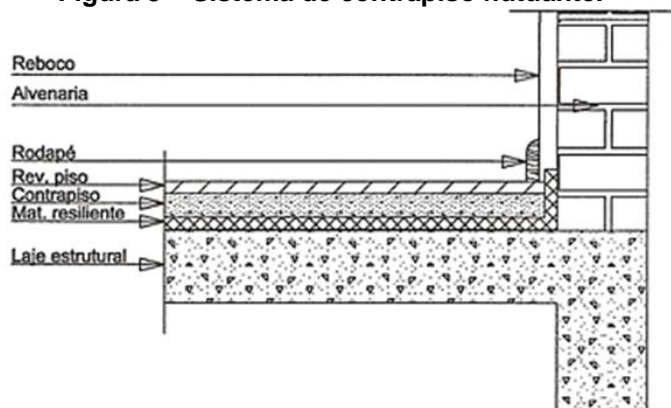
Para garantir a eficiência do material resiliente, algumas propriedades são necessárias, como a rigidez dinâmica, que é a capacidade da redução do som em um sistema de piso, ou seja, a capacidade de absorver sons sem transmitir para o pavimento inferior (FROLICH, 2019). Outra propriedade importante na escolha do material é a fluência à compressão, que se define pela resistência do contrapiso ao carregamento recebido ao longo dos anos.

Um dos materiais mais utilizados para essa atenuação de ruídos de impacto é a manta acústica, que apresenta alta resistência à compressão.

Schiavi *et al.*, (2007) explica que, basicamente, a manta deve possuir duas propriedades principais: resiliência, que é a capacidade do material de receber uma carga e voltar ao seu estado normal e a compressibilidade baixa.

A manta acústica é o material que irá agir no aumento do isolamento acústico e redução de ruídos de impacto, visto que será a camada resiliente que fará a desvinculação do contrapiso à laje, conforme Figura 5:

Figura 5 – Sistema de contrapiso flutuante.



Fonte: Gerges, 1992.

A manta acústica tem como principal funcionalidade absorver, refletir ou bloquear ondas sonoras contribuindo na minimização a propagação do som. Mediante a isto a sua aplicação pode ser executada em várias áreas, como pisos, tetos, paredes, estúdios de gravação, escritórios e entre outros ambientes onde o aspecto sonoro é de suma importância.

A manta acústica apresenta diversas vantagens, sendo a principal delas a versatilidade da aplicação deste material, podendo ser utilizado em pequenos projetos residenciais até empreendimentos industriais de grande porte (VALENTINI, 2020).

A segurança na utilização da manta acústica é um fator que deve ser considerada e ressaltada, sendo que anteriormente o material utilizado para desempenhar a funcionalidade no aspecto acústico não apresentavam resistência ao fogo e alguns casos eram inflamáveis contribuindo para a liberação de gases tóxicos podendo causar mortes ou até doenças (VALENTINI, 2020).

No aspecto térmico, a manta acústica pode ser uma grande aliada de pessoas que querem promover um isolamento térmico melhor nos ambientes de trabalhos e residenciais. Sendo que este elemento também apresenta funcionalidade na retenção do calor e do frio, e conseqüentemente o aspecto econômico é afetado, em razão de que com o melhor isolamento térmico a utilização de ar-condicionado, ventiladores e aquecedores irão reduzir, provocando assim na redução do consumo de energia para a utilização destes eletrodomésticos (AUBICON, 2021).

### 2.3 CONTRAPISO COM ADIÇÃO DE VERMICULITA

O concreto é composto por uma mistura de água, cimento, agregados e em alguns casos, aditivos. Os agregados podem ser naturais, que são encontrados na natureza, como areia ou cascalho, ou artificiais, que são aqueles produzidos por algum processo industrial, como as pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno e argilas expandidas, entre outros (CUCHIERATO, 2000; ALBUQUERQUE, 1994).

Tendo também a utilização de agregados leves, que caracterizam um agregado com baixa massa específica, como é o caso da vermiculita expandida (EFFTING *et al.*, 2012).

O contrapiso com adição de vermiculita é uma variação do contrapiso convencional, sendo denominado "contrapiso leve", devido a substituição de agregados graúdos ou miúdos por agregados leves.

De acordo com Delgado, Foiato e Carelli (2023), com a adição de vermiculita o concreto apresenta uma baixa massa específica, que potencializa o desempenho térmico e acústico ao mesmo tempo que confere leveza ao sistema e a edificação.

Geralmente é utilizada para enchimento, isolamento acústico e térmico nas paredes de vedação, reboco acústico e contrapiso.

Na Figura 6, apresenta-se a vermiculita expandida, que é um mineral natural que tem a capacidade de expandir quando aquecida em altas temperaturas, devido à presença de água nas suas camadas, tornando-a um material leve, de baixa densidade e com boas propriedades isolantes térmicas. Os espaços vazios originados dessa expansão são preenchidos por ar, que a caracteriza como leveza, e ao mesmo tempo isolamento térmico e acústico (ROSSIGNOLO, 2009).

**Figura 6 – Vermiculita Expandida.**



Fonte: Tecnologia, 2023.

O processo de expansão da vermiculita ocorre através de um fenômeno nomeado como esfoliação, uma vez que quando o mineral que é caracterizado pela sua forma lamelar é submetido a agressivos aquecimentos, a sua estrutura resulta no afastamento destas camadas promovendo assim o aumento do volume inicial do mineral bruto que varia entre 15 e 25 vezes (FERRAZ, 1971).

As etapas consistem em expor o concentrado de vermiculita em torno de 800 a 1.100 °C, por intermédio de fornos específicos. A finalidade deste aquecimento é remover a água associada ao mineral, utilizando um curto período de tempo. Quando isto ocorre bruscamente, a água inter lamelar, converte em vapor, e o composto expande. O processo consiste em três fases sendo retirada de água do composto, dissipação da água quimicamente associada a vermiculita e para finalizar a abolição total da água interligada à estrutura do mineral, ocorrendo assim o evento nomeado como desidroxilação (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2005).

A densidade desse tipo de material varia de 80 até 120 kg/m<sup>3</sup>, ele apresenta também uma baixa condutibilidade, é incomburente, insolúvel em água, não é tóxico, não abrasivo, inodoro e não se decompõe, deteriora ou apodrece (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

A composição química da vermiculita é:  $(Mg, Fe)_3 [(Si, Al)_4 O_{10}] [OH]_2 4H_2O$ , que é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro com uma estrutura micáceo-lamelar e clivagem basal. Essa composição é ideal para a utilização deste material como absorvente com baixos valores de massa e com alta capacidade acústica.



A vermiculita em um contrapiso leve, tem a função de absorção de água, e quando se expande gera vazios no concreto, por essa função o contrapiso fica com aparência frágil e uma textura esfarelada.

Devido a suas propriedades de superfícies somada a suas características físicas tem a capacidade de troca iônica, ou seja, a troca de íons entre um sólido e um líquido no qual transforma a estrutura do sólido gira em torno de 100 a 130 meq/100g Milo equivalente por 100g de solo (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2005).

Com características físicas iguais as das micas, mas sem elasticidade e com cores que variam do bronze ao amarelo-amarronzado a dureza do mineral pode variar de 2,1 a 2,8 na escala de mohs (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2005).

### 3 ESTUDO DE CASO

O fundamento do estudo se baseia em fatos ocorridos na obra Gran Life Medical Complex, localizada na Rua Primeiro de Maio, nº 480A - St. Central, Anápolis – GO, com 52.583,55 m<sup>2</sup> de área construída subdividida em hospital, shopping, salas comerciais e área residencial, contendo 156 apartamentos divididos em 13 lajes.

O contrapiso tem como finalidade nivelar o piso, corrigir irregularidades e proporcionar uma superfície adequada para assentamento de revestimentos. Ele desempenha um papel importante na qualidade e durabilidade do piso final, além de contribuir para o desempenho térmico e acústico da habitação. A norma em que se baseia as etapas de execução do contrapiso é a NBR 13753:1996 – Revestimento de Piso Interno ou Externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento, que é fundamental para padronizar e regular as práticas para garantir qualidade e segurança das edificações.

Na área residencial foi definido em projeto a utilização de um contrapiso flutuante com espessura total de 5 cm visando o melhor desempenho acústico e atendendo os requisitos da NBR 15575:2013 - Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Abaixo do contrapiso há um espaço preenchido com uma manta acústica de polietileno, formando um sistema onde o contrapiso fica desvinculado à laje, recebendo o nome de “contrapiso flutuante”, conforme a Figura 7:

**Figura 7 – Execução da manta acústica.**



Fonte: Autores, 2023.

Essa modalidade de contrapiso também se apresenta como função de exercício de uma junta de dilatação, sendo recomendada pelo fornecedor executar o contrapiso em um ângulo de 90° em todos os encontros de paredes e divisões de ambientes para não permitir que as vibrações passem para o andar inferior através dos rodapés.

Devido a um grande desnível na laje, o contrapiso apresenta-se acima do recomendado no projeto, que anteriormente exigia-se uma espessura máxima de 5cm, e, após verificar o nível da laje nota-se que, para a regularização completa o contrapiso deveria apresentar uma espessura de 10 cm.

Sendo assim, foi feita uma análise experimental pelo projetista e, identificado uma carga permanente na estrutura que não foi prevista anteriormente. Houve então a necessidade de utilizar um contrapiso leve, com adição de vermiculita expandida, no lugar do contrapiso convencional.

### 3.1 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo experimental do desempenho do contrapiso flutuante com adição de vermiculita através de ensaios de arrancamento e rompimento de corpos de prova.

Devido à baixa resistência à compressão que o contrapiso com adição de vermiculita apresenta, foi necessário a utilização de 70% do contrapiso com adição de vermiculita e 30% com contrapiso convencional.

Após a definição dos materiais da produção, foi determinado a dosagem e a espessura das camadas. Os traços de cada camada foram definidos pela usina de concretagem, conforme a Tabela 1, visto que não há norma específica para o sistema executado, visando o melhor desempenho do mesmo.

**Tabela 1 – Traços adotados para 1 m<sup>3</sup> de concreto.**

Traço	Cimento (kg)	Areia Natural Fina (kg)	Vermiculita Micron (kg)	Vermiculita Super Fina (kg)	Água (L)	Aditivo I Polifuncional (kg)	Aditivo II Incorporador (L)	Aditivo III Super Plastificante (L)	Microfibra Polipropileno (kg)
Contrapiso Convencional	300	751	0	0	230	1,95	0,89	1,32	0,6
Contrapiso com adição de Vermiculita	280	317	19,3	91	310	1,82	0,7	0,48	0

Fonte: (CONCRECON, 2023) – Adaptado.

O cimento utilizado na camada com adição de vermiculita foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V – ARI), que se diferencia dos demais no processo de fabricação e na segunda o Cimento Portland Resistente a Sulfato (CP V – RS).

A areia natural fina e os aditivos permaneceram nos dois tipos de contrapiso. Na segunda camada foi adicionada microfibra de polipropileno que tem como função controlar a fissuração por retração.

Como agregado leve foi adicionado à mistura a vermiculita expandida Micron e a Super Fina.

Uma das principais diferenças entre as vermiculitas é em relação ao diâmetro médio, conforme apresentado na Tabela 2:

**Tabela 2 – Diferenças de granulometrias dos tipos de vermiculita.**

Tipo	Faixa de diâmetro médio de grão (mm)	Densidade global (Kg/m <sup>3</sup> )
A - Grande	2,8 - 8,0	94,97
B - Média	1,4 - 4,0	89,72
C - Fina	0,7 - 2,0	87,85
D - Super fina	0,36 - 1,0	162,82
E - Mícron	menor que 0,5	177,47

Fonte: GALBIATTI,1983.

Inicialmente, foi necessário a limpeza do local removendo qualquer resto de argamassas ou entulhos que possam prejudicar o funcionamento do sistema.

Para o material resiliente necessário no contrapiso flutuante, foi escolhida a manta Multimpact da marca Multinova®, fabricada com polietileno e polipropileno expandido que possui 5 mm de espessura, com 50.000 mm de comprimento e 1.200 mm de largura.

De acordo com a fabricante, além de atender aos requisitos da Norma Brasileira de Desempenho ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, a manta apresenta algumas características, como a não deterioração com o passar do tempo, atóxica, resiliente e 100% reciclável.

Para a aplicação da manta acústica foi adotado uma sobreposição de 5 cm entre uma faixa e outra e utilizado a fita adesiva de 48 mm onde há cortes, como é mostrado na Figura 8:

**Figura 8 – Execução da sobreposição da manta e rodapé acústico.**



Fonte: Autores, 2023.

Nos rodapés, a manta foi aplicada com um ângulo de 90° e subindo cerca de 15 cm para evitar a transmissão de ruídos, formando uma espécie de rodapé acústico, que tem como principal função evitar que os ruídos sejam transmitidos através das paredes para o andar inferior ou ambientes próximos.

Foi realizado o mapeamento dos níveis das lajes de modo que permitisse o nivelamento, foi definido um ponto fixo na área que serviu como referência final para o contrapiso, auxiliando assim, no início do mapeamento, conforme a Figura 9:

**Figura 9 – Nivelamento da Laje para determinação das taliscas.**



Fonte: Autores, 2023.

Após a verificação de níveis foi iniciado o taliscamento do contrapiso, com taliscas intermediárias com espaçamento máximo de 2,5m sendo alocadas preferencialmente nas extremidades dos ambientes e em aberturas de portas.

O posicionamento das taliscas deve respeitar o requisitado de projeto ou em todo o perímetro de modo que permita e facilite o sarrafeamento do contrapiso, o assentamento das taliscas ocorreu com antecedência mínima de dois dias do início da execução do contrapiso e foi executada com recortes cerâmicos de 10x10cm.

Foi demarcado o local de aplicação do contrapiso colocando interfaces em locais que deve ter níveis inferiores como hall e áreas molhadas sendo elas: banheiros, lavabos, sacadas e áreas de serviço.

Após as etapas de mapeamento e colocação dos pontos para o sarrafeamento, foi adicionado uma solução de Bianco: Água (1:2) (VEDACIT, 2008).

A argamassa de contrapiso deve ser aplicada em duas camadas, a primeira contendo vermiculita, com traço conforme a Tabela 1 que demonstra a sua composição, sendo ela referente a 70% da espessura total do contrapiso.

A aplicação desta camada foi executada com extrema cautela (Figura 10) pois o lançamento do contrapiso pode danificar o material isolante, foi distribuída com uma régua de alumínio de 2 m e uma espátula de aço em formato triangular, popularmente conhecida como “colher de pedreiro”, atingindo assim o nivelamento inicial da primeira camada.

**Figura 10 – Camada do contrapiso com adição de vermiculita.**



Fonte: Autores, 2023.

Foi necessário aguardar o período de 24 horas da primeira etapa do contrapiso com a adição de vermiculita para iniciar a segunda etapa (Figura 11).

**Figura 11 – Execução da segunda camada de contrapiso.**



Fonte: Autores, 2023.

Essa etapa, com 30% da espessura, é a camada protetora do contrapiso, para evitar que se apresente um contrapiso frágil. É a etapa mais importante, pois é onde será recebido o revestimento cerâmico e onde serão realizados os testes de resistência à tração.

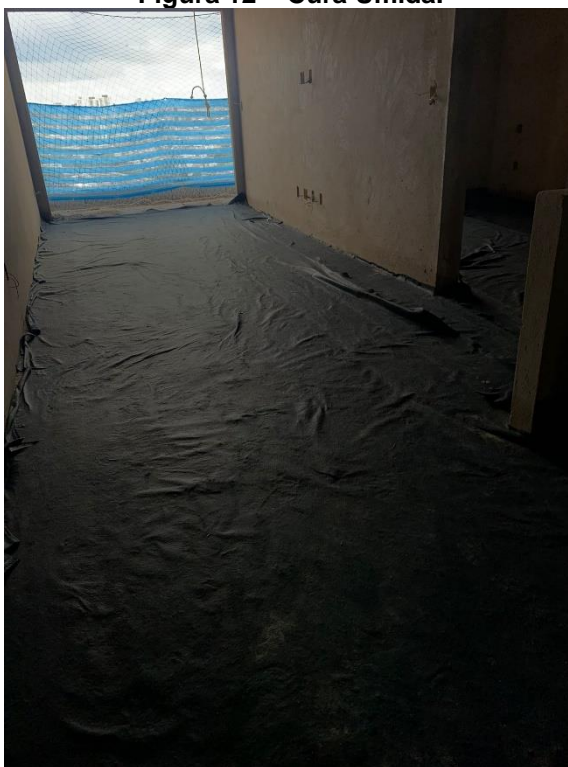
Foram tomados os mesmos cuidados da execução anterior pois a distribuição do contrapiso pode danificar os materiais e taliscas posicionadas.

Após a aplicação do contrapiso foi executado as “mestras”, que são guias obtidas posicionando a régua sobre duas taliscas criando faixas do mesmo nivelamento das taliscas para servir de referência para o nivelamento de toda a área do contrapiso, os recortes cerâmicos 10 x 10 cm utilizado para taliscamento foi retirado e coberto com argamassa e os vazios deixados.

A partir das definições das mestras ocorreu o sarrafeamento de toda a superfície com régua metálica nivelando toda a área de acordo com as taliscas.

Ao final da realização do contrapiso é imprescindível efetuar a cura úmida (Figura 12) com uma manta de poliéster para evitar a perda de umidade, proporcionando uma condição de hidratação de cimento e sendo realizada em um período mínimo de 72 horas, onde deve-se evitar tráfego de pessoas ou equipamentos, para não ocorrer trincas e perda de resistência na camada protetora.

**Figura 12 – Cura Úmida.**



Fonte: Autores, 2023.

O acabamento final foi o contrapiso sarrafeado pois após a cura úmida foi instalado revestimento cerâmico.

#### **4 RESULTADOS**

Para avaliar o desempenho mecânico do contrapiso, após o tempo decorrido de moldagem e cura, foi realizado ensaios de resistência à tração, com base na adaptação da ABNT NBR 13753:1996 – Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante, pois não há norma específica para esse tipo de sistema e resistência à compressão axial com referência nos valores recomendados pela Aubicon, (2015).

Não foi realizado nenhum tipo de ensaio que avalia o desempenho térmico e acústico, visto que, os materiais utilizados já garantem essa finalidade se for executado da maneira correta seguindo as orientações do fabricante.

Os valores de resistência à tração e compressão utilizados como parâmetro estão descritos na Tabela 3 abaixo:

**Tabela 3 – Valores utilizados para determinação da resistência.**

Ensaio	Requisitos
Resistência à Tração	$\geq 0,30$ MPa
Resistência à Compressão	$\geq 10,0$ MPa

Fonte: (Autores, 2023) – Adaptado

Para o ensaio de resistência à tração, o sistema será aceito apenas se, no mínimo, quatro corpos de prova a cada seis apresentarem valores iguais ou maiores que 0,30 MPa.

Já para o ensaio de resistência à compressão, todos os corpos de prova, na idade de 7 e 28 dias, deverão apresentar valores iguais ou maiores que 10 MPa.

#### 4.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

O ensaio de resistência de aderência à tração é necessário para avaliar o quanto o sistema resiste quando submetido a um esforço de tração e identificar falhas executivas que poderão prejudicar as próximas etapas, como o assentamento de revestimento cerâmico. O ensaio foi realizado após 28 dias de cura por uma equipe técnica de um laboratório especializado em ensaios de argamassa e feito através de um equipamento com um dinamômetro (Figura 13) que mede a intensidade da força de modo controlado.

**Figura 13 – Equipamento utilizado.**



Fonte: Autores, 2023.

Inicialmente, foi realizado 12 cortes de 10 x 10 cm no contrapiso em locais separados para a colagem das pastilhas com cola epóxi, procedimento feito após a limpeza do local para remoção de poeira, conforme a Figura 14:

**Figura 14 – Preparação do Contrapiso para o ensaio.**



Fonte: Autores, 2023.

Após 20 minutos da colagem, tempo definido pelo laboratório para a secagem da cola, é iniciado o processo de arrancamento do corpo de prova (Figura 15), onde é utilizado um equipamento para verificar o quanto cada corpo de prova vai resistir, o resultado é obtido através da tensão resultante da ruptura.

**Figura 15 – Processo de arrancamento do Corpo de Prova.**



Fonte: Autores, 2023.

A carga de ruptura é calculada por meio da resistência de aderência superficial pela área da pastilha metálica em mm<sup>2</sup>, conforme adaptação da NBR 13.528:2019 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração, e identificada pela Equação 1 abaixo:

$$R_s = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Onde:

$R_s$  = resistência de aderência superficial.

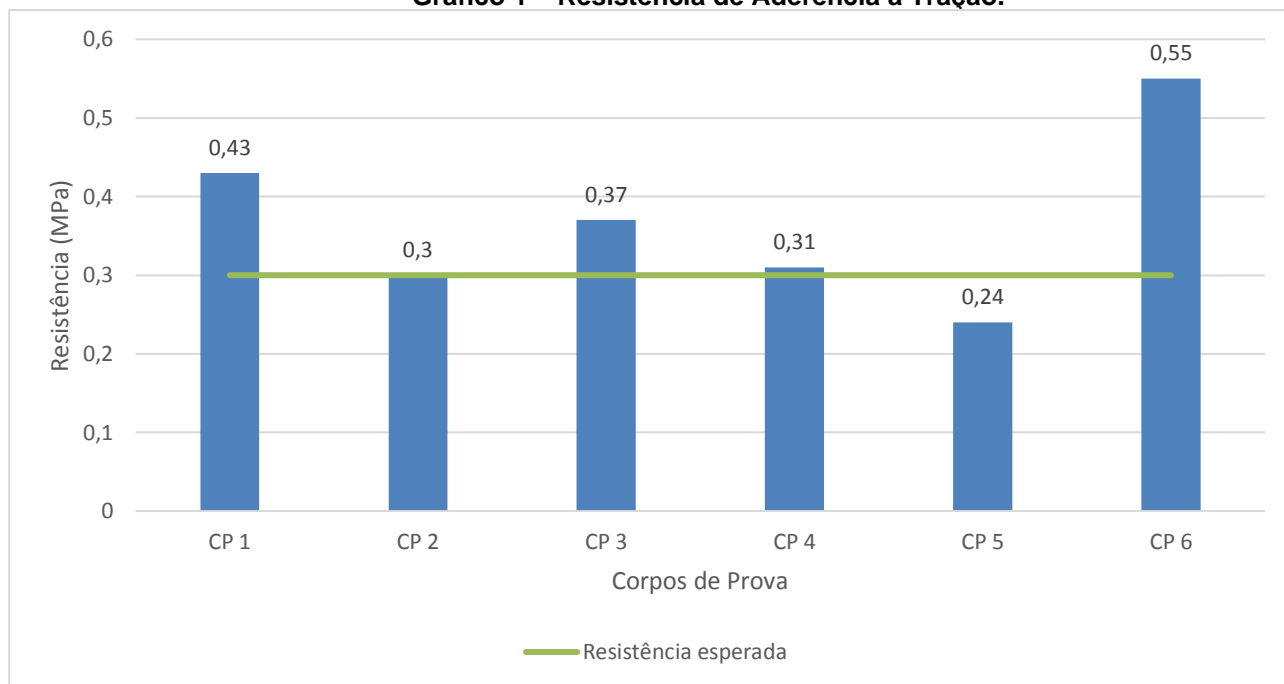
$P$  = carga de ruptura (N)

$A$  = área da pastilha (mm<sup>2</sup>)



A área da pastilha metálica é de 10.000 mm<sup>2</sup>. E os resultados estão identificados no Gráfico 1:

**Gráfico 1 – Resistência de Aderência à Tração.**



Fonte: (MM ENGENHARIA, 2023) – Adaptado.

A ABNT NBR 13753:1996 – Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Adaptada, descreve que o será aceito apenas se quatro a cada seis corpos de prova apresentarem valores iguais ou maiores que 0,30 MPa.

Com isso, foi constatado que o contrapiso foi aceito e não apresenta riscos para a execução das próximas etapas, pois 5 de 6 corpos de prova apresentaram valores iguais ou maiores que 0,30 MPa.

#### 4.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão é feito através da aplicação de uma carga no corpo de prova ensaiado para determinar a resposta do material após receber forças de compressão.

Para o ensaio de resistência à compressão foram moldados quatro corpos de prova cilíndricos seguindo os requisitos da norma ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, que define que os corpos de prova devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. Nesse caso foi utilizado um com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, a cura foi realizada em conformidade com a norma, que prevê 24h iniciais para corpos de prova cilíndricos.

As amostras foram coletadas por um laboratório especializado e mantidas em um taque de cura, conforme mostrado na Figura 16, a uma temperatura de 25 °C e dois corpos de prova foram ensaiados após 7 dias de cura e os outros dois após 28 dias.

**Figura 16 – Tanque de Cura.**



Fonte: Autores, 2023.

A preparação das bases foi feita através do método de retificação, que consiste na remoção de uma fina camada de material visando a perpendicularidade da superfície.

O ensaio é realizado através da compressão dos corpos de prova por meio de uma prensa calibrada, como na Figura 17 abaixo:

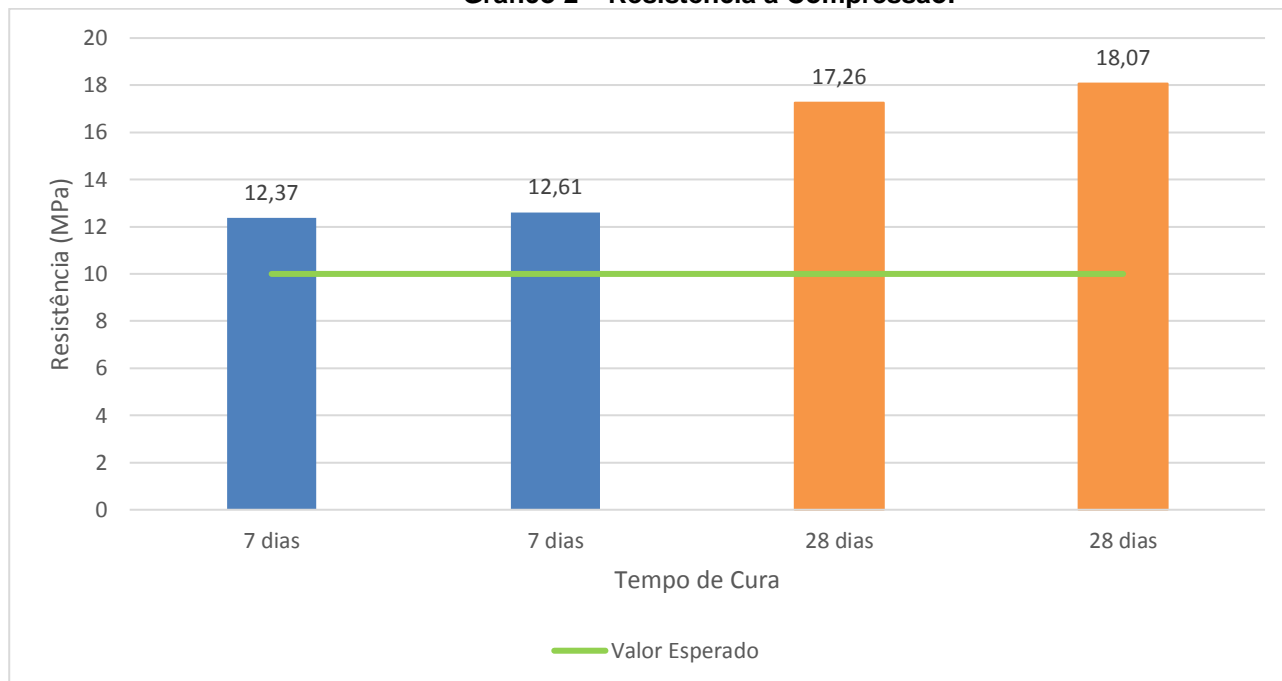
**Figura 17 – Ensaio de Resistência à Compressão.**



Fonte: Autores, 2023.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão estão descritos no Gráfico 2 abaixo:

**Gráfico 2 – Resistência à Compressão.**



Fonte: (LTEC, 2023) – Adaptado.

Pode-se analisar que aos 7 dias de cura, as amostras, que estão identificadas em azul no gráfico, se romperam a uma resistência de 12,37 MPa e 12,61 MPa respectivamente. E aos 28 dias, se romperam com uma resistência de 17,26 MPa e 18,07 MPa.

Após a realização do ensaio, foi constatado que as amostras estão em conformidade visto que, atingiram os requisitos mínimos estabelecidos na Tabela 2, onde especifica que a resistência à compressão dos corpos de prova deve ser igual ou maior que 10 MPa, independentemente da idade do corpo de prova, pois a tendência é aumentar a resistência com o passar dos dias.

## 5 CONCLUSÕES

Esse estudo foi baseado apenas em análises do contrapiso em seu estado endurecido e foi comprovado a eficácia do sistema ao analisar os resultados obtidos com ensaios de resistência à tração e à compressão, onde todos os resultados foram condizentes com os valores estabelecidos como parâmetro.

Esse sistema de contrapiso é inovador na engenharia civil, pois combina a redução de peso específico, que, muitas vezes pode ser um problema para a edificação, com as propriedades fundamentais de um contrapiso flutuante e aumenta a capacidade de absorção e dissipação térmica e acústica, atendendo as exigências normativas de desempenho.

A solução encontrada para a utilização da vermiculita expandida agregada ao concreto convencional resulta em redução do peso próprio, porém, ao adicionar um agregado leve o contrapiso perde resistência à compressão devido ao aumento de índices de vazios gerados pela expansão da vermiculita quando aquecida. Sendo assim, a utilização de duas camadas de contrapiso foi válida para solucionar os dois problemas, visto que, 70% do contrapiso é com adição de vermiculita, que o deixa leve e 30% com concreto convencional, que não deixa prejudicar a execução das próximas etapas, como impermeabilização e assentamento de revestimento, tendo assim, uma produtividade de

serviço maior e uma redução de custo, visto que, se todas as orientações forem seguidas não há retrabalho.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Classificação, NBR 5738. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. Classificação, NBR 15.575. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Revestimento de Paredes de Argamassas Inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. Classificação, NBR 13.528. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Revestimento de Piso Interno ou Externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento**. Classificação, NBR 13.753. Rio de Janeiro, 1996.

ALBUQUERQUE, A. S. **Agregados**. In: BAUER, L.A.F. *Materiais de construção*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. p.63- 120. v.1. Rio de Janeiro, 1994.

DELGADO, D. A.; FOIATO, M.; CARELLI, J. M. **Estudo do desempenho termoacústico de argamassa autonivelante para contrapiso com incorporação de vermiculita**. *Conhecimento Em Construção*, v.9, 183–202p. Joaçaba, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/conheconstr/article/view/30065>. Acesso em: 13 nov. 2023.

AUBICON. **Manual de aplicação – Mantas acústicas**. São Paulo, 2015.

AUBICON. **Diferença entre tipo e aplicações de mantas e o impacto no isolamento**. 2021. Disponível em: <https://www.aubicon.com.br/diferenca-entre-tipos-e-aplicacoes-de-mantas-e-o-impacto-no-isolamento/>. Acesso em 14 de nov. de 2023.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais**. Boletim Técnico n° 44 da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1991.

BARROS, M. M. S. B.; BERNARDES, M.; NAKAMURA, L. **Contrapiso Flutuante**. Revista *Téchne*, ed. 164. São Paulo: Editora PINI, 2010.

CANIATO, M. et al. **Time-depending performance of resilient layers under floating floors**. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 102, p. 226– 232, 2016.

CATAI, PENTEADO, DALBELLO. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. 12p. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 15 a 19 de novembro. Foz do Iguaçu, 2006.

CUCHIERATO, G. **Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visando seu aproveitamento econômico.** 201 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

EFFTING, C. **Propriedades de concretos leves fabricados com vermiculita.** Joinville, Santa Catarina, 2012.

FERRAZ, C. P. **Vermiculita - um importante mineral industrial.** In: I Simpósio de Mineração. nº 32, EDUSP. São Paulo, 1971.

FROLICH, A. **Contrapiso Flutuante reforçado com Fibras Poliméricas.** Santa Cruz do Sul, 2019.

GALBIATTI, J. A. **Influência da incorporação de vermiculita expandida sobre alguns parâmetros hídricos de três solos.** Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20200111-133212/>. Acesso em: 16 nov. 2023.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle.** 2. ed. atual. e aum. Florianópolis, 1992.

LAMB, R. W. **Análise do desempenho acústico de contrapiso flutuante reforçado com fibras poliméricas.** Santa Cruz do Sul, 2020.

LINHA VEDACIT. Disponível em: <<https://www.vedacit.com.br/para-voce.html>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MARTINS, G. P. **Avaliação da redução do ruído de impacto ao longo do tempo de sistemas de contrapiso flutuante.** Florianópolis, 2019.

OGAWA, M. O. A.; FILHO, M. C. A.; RASSI, P. F. **Isolamento acústico ao ruído de impacto em lajes de edifícios habitacionais.** Goiânia, 2014.

OLIVEIRA, T. B.; SANTOS, A. G. **Isolamento de ruído de impacto entre pisos de edificações.** Trabalho de diplomação (Departamento de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2017.

PROACÚSTICA – Associação Brasileira para Qualidade Acústica. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas a áreas de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações – Desempenho.** 3.ed. São Paulo: Editora Rush. São Paulo, 2015.

PIRES, A. **Poluição sonora já é considerada um problema de saúde pública mundial.** 2016. Disponível em: <https://www.segs.com.br/2016/saude/13685-poluicao-sonora-ja-e-considerada-um-problema-de-saude-publica-mundial>

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações.** 1. ed. Editora PINI. São Paulo, 2009.

RUBIN, A. P. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra.** Porto Alegre, 2015.

SCHIAVI, A. *et al.* **Acoustical performance characterization of resiliente materials used under floating floors in dwellings.** In: ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA, v.93, p. 477-485, Stuttgart, 2007.

TECNOLOGIA, T. **Vermiculita Expandida Média - Saco com 10kgs.** Disponível em: <<https://totalforroseisolamentos.commercesuite.com.br/vermiculita/vermiculita-expandida-media-saco-com-10kgs>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

UGARTE, J.; SAMPAIO, J.; FRANÇA, S. **Capítulo 32- VERMICULITA,** Editora: Centro de Tecnologia mineral do Ministério da Ciência e Tecnologia. Cetem, 2005.

VALENTINI, R. **O guia completo sobre manta acústica.** 2020. Disponível em: <https://www.3tc.com.br/blog/manta-acustica/>. Acesso em 14 de nov. de 2023.

ZUCHETTO, L. K. *et al.* **Estimativa da redução de sons de impacto - Determinação da rigidez dinâmica de materiais resilientes.** 2016.

## ANEXO

Anexo A – Autorização do responsável técnico do empreendimento citado no presente trabalho.

### Termo de Compromisso de Utilização de Dados

Eu, Rodrigo Jhun Shimada, ocupante do cargo de Engenheiro civil no empreendimento Gran Life Medical Complex, após ter tomado conhecimento do projeto de pesquisa intitulado Utilização da vermiculita expandida em contrapiso flutuante em piso em edificação mista: um estudo de caso, que tem como objetivo apresentar uma análise do uso de um contrapiso flutuante com adição de vermiculita expandida por meio de um estudo de caso feito na obra Gran Life Medical Complex, localizada em Anápolis-GO.

Autorizo os pesquisadores Reidner Estevão de Oliveira, Julia Honorato Sganzerla, Lucas dos Santos, Gabriella Lopes Mendes e Aurélio Caetano Feliciano, professor especialista do curso de Engenharia civil da UniEVANGÉLICA a terem acesso às informações dos dados deste empreendimento para a referida pesquisa.

Esta autorização está sendo concedida desde que as seguintes premissas sejam respeitadas: as informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do presente projeto.

Anápolis, 18 de dezembro de 2023



Rodrigo Jhun  
Desenvolvimento e Gerenciamento  
ABL PRIME

---

Rodrigo Jhun Shimada

Engenheiro civil e Responsável técnico

Crea :22957/D-GO