



AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO

EVALUATION OF GYPSUM REPLACEMENT BY VERMICULITE IN THE MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF MORTAR FOR COATING

EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE YESO POR VERMICULITA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DEL MORTERO PARA RECUBRIMIENTO

Fernanda Maria Vieira dos Santos², Nelson Cárdenas Olivier⁵, José Getúlio Gomes de Sousa³, Sheila Daiane de Souza Rodrigues⁴, Raffaella Cristina da Silva Ferreira¹, Luis Iván Negrin Hernández⁶

e453037

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i5.3037>

PUBLICADO: 05/2023

RESUMO

Materiais como o gesso vem ganhando destaque no mercado consumidor devido a um menor custo de produção e versatilidade. Em locais onde um bom desempenho térmico é necessário, cresce a necessidade de produtos com alto isolamento térmico. Nesse sentido, vem sendo estudado a produção de compósitos de gesso e vermiculita. Assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas e térmicas de um compósito à base de gesso com a adição de vermiculita, além de definir o melhor percentual de substituição. Foi utilizada a relação água/gesso de 0,8 e percentuais de substituição de gesso por vermiculita de 15, 20 e 25%. O compósito foi avaliado quanto a resistência à compressão, resistência à tração na flexão, dureza superficial, isolamento térmico e análise microscópica. Observou-se que a substituição do gesso por vermiculita reduziu as propriedades mecânicas. Entretanto, a vermiculita atuou como isolante térmico, sendo o melhor resultado obtido com 25% de substituição.

PALAVRAS-CHAVE: Gesso. Vermiculita. Isolamento térmico.

ABSTRACT

Materials such as gypsum has been standing out in the consumer market due to their lower production cost and versatility. In places where good thermal performance is required, the need for products with high thermal insulation is growing. Therefore, the production of gypsum and vermiculite composites has been studied. This paper aims to evaluate the mechanical and thermal properties of a gypsum-based composite with the addition of vermiculite, in addition to defining the best replacement percentage. A water/plaster ratio of 0.8 and 15, 20 and 25% replacement of plaster by vermiculite were used. The composite was evaluated for compressive strength, tensile strength in bending, surface hardness, thermal insulation and microscopic analysis. It was observed that replacing gypsum

² Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Vale do São Francisco. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais. PPGCM da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

⁵ Doutorado em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, mestrado em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e graduação em Engenharia Mecânica pela Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Professor Associado da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

³ Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília e doutorado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília. Professor Adjunto IV da Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco.

⁴ Doutoranda em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Vale do São Francisco. Mestre em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Especialização em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado pela Faculdade Única de Ipatinga (UNIP) e Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF.

⁶ Graduação em Licenciatura pelo Instituto Superior Pedagógico Felix Varela, graduação em Ingeniería Mecánica pela Universidad Central de Las Villas Marta Abreu, mestrado em Diseño Mecánico pela Universidad Central de Las Villas Marta Abreu e doutorado em Ingeniería Mecánica no Tribunal Nacional de Ingeniería Mecánica. Professor - Universidad Central de Las Villas Marta Abreu.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

with vermiculite reduced the mechanical properties. However, vermiculite behaved as a thermal insulator, where the best result was obtained with 25% replacement.

KEYWORDS: *Plaster. Vermiculite. Thermal insulation.*

RESUMEN

Materiales como el yeso han ido ganando protagonismo en el mercado de consumo debido a un menor coste de producción y versatilidad. En lugares donde se requiere un buen rendimiento acústico, crece la necesidad de productos con alto aislamiento térmico. En este sentido, se ha estudiado la producción de compuestos de yeso y vermiculita. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo evaluar las propiedades mecánicas y térmicas de un compuesto a base de yeso con la adición de vermiculita, además de definir el mejor porcentaje de reemplazo. Se utilizó una relación agua/yeso de 0,8 y porcentajes de reposición de yeso por vermiculita de 15, 20 y 25%. El compuesto se evaluó para la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción en flexión, dureza superficial, aislamiento térmico y análisis microscópico. Se observó que la sustitución del yeso por vermiculita redujo las propiedades mecánicas. Sin embargo, la vermiculita actuó como aislante térmico, siendo el mejor resultado obtenido con un 25% de sustitución.

PALABRAS CLAVE: *Yeso. Vermiculita. Aislamiento térmico.*

INTRODUÇÃO

A busca por novas tecnologias dentro da construção civil, segundo Ferreira (2017), tem surgido para satisfazer as necessidades do mercado. Em regiões como o Semiárido, um dos problemas enfrentados pela população é a alta incidência solar, o que proporciona elevadas temperaturas, assim, uma das necessidades é a produção de edificações com bom conforto térmico. Para suprir essa demanda, vem sendo explorada a execução de alvenarias e revestimentos com diferentes materiais, entre eles, o gesso.

O gesso, sulfato de cálcio hemi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) é obtido a partir da calcinação da gipsita. Segundo o relatório escrito por Queiroz Filho, Amorim Neto e Dantas e publicado pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2018), o Brasil é o maior produtor de gipsita da América do Sul, com uma produção em 2017 de aproximadamente 2,1 Mt. O gesso apresenta-se com um baixo custo de produção, quando comparado a materiais tradicionais. Além disso, é conhecido por contribuir com o isolamento térmico e acústico, devido a elevada porosidade da sua matriz, quando hidratado.

Ademais, vem sendo estudada a possibilidade da substituição de parte do gesso por materiais sabidamente isolantes, como é o caso da vermiculita. Tal substituição visa aumentar o isolamento térmico e reduzir o peso do produto final, no caso de pré-moldados. A vermiculita é um mineral da família da mica, composta por silicatos de alumínio, ferro e magnésio. Já a vermiculita expandida (vermiculita esfoliada) é resultado do tratamento térmico a temperaturas da ordem de 700°C, levando ao aumento do seu volume em 20 a 30 vezes (SINHORELLI, 2019).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa, Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Cada floco esfoliado aprisiona ar inerte em seu interior, o que confere grande propriedade isolante à vermiculita. Assim, apresenta baixa densidade, não conduz eletricidade, é isolante térmico e acústico além de ser resistente à decomposição (DEER et al., 1996 *apud* LORENZON et al., 2004).

Portanto, buscando aliar as solicitações do mercado às características dos materiais citados, esta pesquisa tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas e térmicas de um compósito à base de gesso com a adição de vermiculita, além de definir o melhor percentual de substituição.

METODOLOGIA

MATERIAIS

Foi utilizado o gesso beta de revestimento com massa específica de 2,64 g/cm³. A determinação da massa específica do gesso foi feita com base na NBR 16605 (ABNT, 2017) - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica, visto que não há uma norma específica para o gesso. Além disso, a massa específica não faz parte dos requisitos de conformidade das normatizações brasileiras de gesso. No entanto, sua determinação foi necessária para o cálculo da porosidade geométrica. Ademais, foi utilizado vermiculita expandida, produzida industrialmente, do tipo super fina, com densidade de 0,1048 g/cm³, conforme especificado pelo fabricante.

MÉTODOS

Definição das dosagens

Foi utilizada a relação água/gesso (a/g) de 0,8 com o intuito de proporcionar uma melhor trabalhabilidade, visto que não foi utilizado nenhum tipo de aditivo superplastificante. Em relação ao percentual de vermiculita adicionado, utilizou-se como referência o trabalho desenvolvido por Oliveira et al., (2012). Em sua pesquisa foi fixado como o teor ótimo a substituição de 20% da massa de gesso por vermiculita. A identificação dos corpos de prova e os percentuais de substituição estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação dos corpos de prova.

Identificação	Tipo	Percentual de vermiculita (%)
GR	Referência	0
G15	Com vermiculita	15
G20	Com vermiculita	20
G25	Com vermiculita	25

Moldagem dos corpos de prova

Para a análise das propriedades do material foram moldados corpos de prova tanto com as pastas de gesso de referência, preparada conforme o item 4.3.2 da NBR 12129 (ABNT, 2019),



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa, Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

quanto corpos de prova contendo a vermiculita, seguindo o mesmo procedimento da pasta de referência, sendo a vermiculita misturada inicialmente com o pó de gesso.

Os corpos de prova foram moldados em séries contendo três corpos de prova cada, para serem avaliados quanto a dureza superficial, porosidade geométrica e resistência à tração na flexão. Enquanto, para o ensaio de condutividade térmica foram moldados 2 corpos de prova, seguindo a indicação normativa, onde cada um deles foi ensaiado 3 vezes. Para os ensaios de dureza foram moldados corpos de prova cúbicos (5x5x5) cm, enquanto, para a avaliação da tração na flexão e ensaio térmico, foram moldados corpos de prova prismáticos (4x4x16) cm e (23x11,4x9) cm, respectivamente. Os corpos de prova utilizados no ensaio de tração na flexão foram reutilizados no ensaio de resistência à compressão, conforme preconiza a NBR 13279 (ABNT, 2005).

Propriedades avaliadas

Foram avaliadas as propriedades do material de referência (GR) e dos compósitos (G15, G20 e G25) no estado endurecido. Para isso foram realizados os ensaios de porosidade geométrica, dureza superficial, resistência à tração na flexão, resistência à compressão e condutividade térmica, por meio da técnica do fio-quente. Os métodos utilizados para a realização dos ensaios estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades avaliadas.

Propriedade	Método de ensaio
Porosidade geométrica (%)	Silva (2018)
Dureza superficial (N/mm ²)	NBR 12129 (ABNT, 2019)
Resistência à tração na flexão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)
Resistência à compressão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)
Condutividade térmica (W/m.K)	NBR ISO 8894-2 (ABNT, 2014)

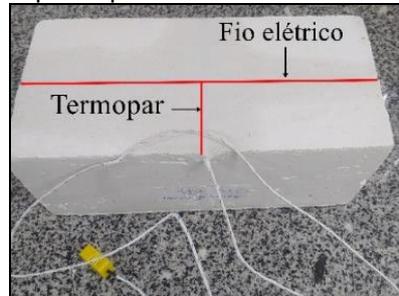
Vale destacar que para a determinação da condutividade térmica foram feitas algumas adaptações em relação à NBR ISO 8894-2 (ABNT, 2014). O Termopar utilizado foi da marca Termon, tipo K (cromelalumel), com sonda de um metro, atuando na faixa de temperatura de 20°C a 270°C. Foi utilizado uma resistência (fio) de níquel-cromo, da marca Lorenzetti, com resistência elétrica linear de 5,31Ω/m, 0,5mm de diâmetro e com 400 mm de comprimento. A Figura 1 mostra as ranhuras feitas para a colocação tanto do termopar quanto do fio elétrico. As ranhuras foram posteriormente preenchidas com a mesma mistura utilizada em cada corpo de prova.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Figura 1 – Corpo de prova com o fio elétrico e o termopar.



Fonte: Autores (2023).

A montagem dos corpos de prova para o ensaio consistiu em dois corpos de prova sobrepostos onde apenas o corpo de prova inferior continha o termopar e o fio, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Montagem dos corpos de prova para a execução do ensaio Fio-quente.



Fonte: Autores (2023).

O termopar foi conectado a uma placa de aquisição de dados ADS2000 da Lynx, sendo a placa conectada ao computador, onde os softwares AqDados e AqDAnalysis foram utilizados para obter e armazenar os dados dos ensaios. Os fios foram conectados a uma fonte, que forneceu uma potência linear de 47,79 W/m para as análises. A frequência do ensaio foi de 100 Hz e o tempo de duração de cada análise por amostra foi de 21 min.

A Figura 3 representa o arranjo experimental do ensaio para a determinação da condutividade térmica por meio da técnica de Fio-quente.

Figura 3 – Arranjo experimental do ensaio térmico de Fio-quente.



Fonte: Neto (2019).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Além dos ensaios já listados, foi feita a avaliação da microestrutura através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizando um microscópio VEGA 3 TESCAN, obtendo micrografias com ampliações de 1000 e 3000x.

Análise estatística

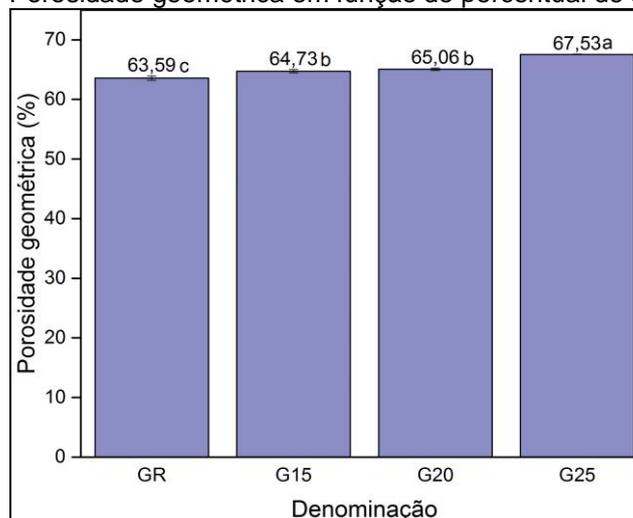
Na análise dos dados foi realizado o teste de Tukey para comparação de médias, de modo que letras iguais (ao lado dos valores numéricos) indica que não há diferença estatística significativa entre os valores. Para o tratamento estatístico foi utilizado o *software* RStudio e para a plotagem dos gráficos foi utilizado o *software* Origin.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Porosidade geométrica

Por meio da Figura 4 pode-se observar que com o aumento do percentual de substituição, há um aumento da porosidade geométrica, quando comparado aos corpos de prova de referência.

Figura 4 – Porosidade geométrica em função do percentual de substituição.



Fonte: Autores (2023).

Segundo Adibi et al., (2015), a estrutura lamelar da vermiculita contém uma grande quantidade de ar, assim, à medida que há um aumento no percentual de vermiculita, há um aumento da porosidade do compósito (AZEVEDO, 2017).

Apesar de contribuir para um maior isolamento térmico, materiais porosos apresentam menores resistências mecânicas. Em relação a vermiculita, essa redução pode variar em função da distribuição do tamanho das partículas da vermiculita (VERBEEK; DU PLESSIS, 2005).



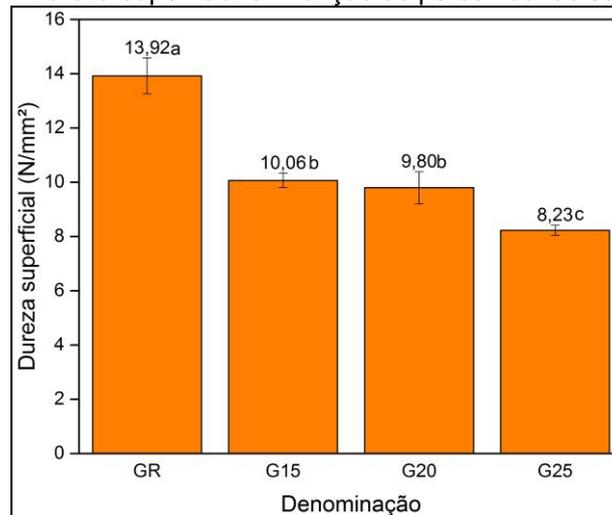
RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Dureza superficial

Com base na Figura 5, vemos que a adição de vermiculita leva à redução da dureza superficial do material.

Figura 5 – Dureza superficial em função do percentual de substituição.



Fonte: Autores (2023).

Esse comportamento já era esperado visto que houve um aumento na porosidade do material e como consequência há uma redução das propriedades mecânicas. Com a substituição de 25% da massa de gesso pela vermiculita a redução da dureza foi de 40,87% em relação ao material de referência (GR).

A NBR 13207 (ABNT, 2017) estabelece que a dureza mínima deve ser de 20 N/mm². A norma usa como parâmetro o material moldado na consistência normal. Em sua pesquisa, Ferreira (2017) determinou a consistência normal do gesso para revestimento de diversas marcas e obteve valores entre 0,40 e 0,48. No entanto, no presente trabalho foi utilizada a relação água/gesso de 0,8, para conferir trabalhabilidade à pasta no estado fresco. A dureza obtida dos corpos de prova de referência encontra-se em consonância com os obtidos por Ferreira (2017), considerando a relação água/gesso de 0,8.

Resistência à tração na flexão

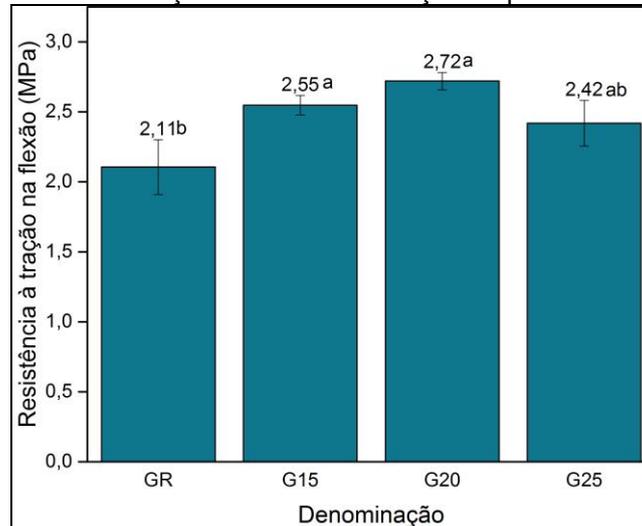
Por meio da Figura 6 é possível observar que a resistência à tração aumenta com a substituição do gesso pela vermiculita.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Figura 6 – Resistência à tração na flexão em função do percentual de substituição.



Fonte: Autores (2023).

Os resultados obtidos apresentaram um comportamento distinto dos apresentados por Oliveira (2009) e Sinhorelli (2019), onde a adição de vermiculita levou a uma redução da resistência de tração na flexão. Oliveira (2009) avaliou a adição de vermiculita na pasta de gesso com relação a/g de 0,8, adotando um percentual de adição que variou de 0 a 25% enquanto, Sinhorelli (2019), avaliou a influência da substituição de agregado miúdo por vermiculita nas propriedades de uma argamassa de revestimento, com o percentual de substituição variando entre 40 e 80%.

Uma possível explicação para o resultado obtido na presente pesquisa pode estar no comportamento das trincas durante a realização do ensaio. A iniciação da trinca ocorre normalmente na fase matriz (gesso), enquanto a propagação da mesma é impedida ou retardada pelas partículas de vermiculita que compõe o compósito.

De acordo com a NBR 13281-1 (ABNT, 2023) que trata dos requisitos e métodos de ensaio para argamassas inorgânicas, o revestimento produzido, seja com a pasta de referência quanto com a substituição do gesso por vermiculita, pode ser classificado como do tipo R3 por apresentar a resistência à tração na flexão entre $1,5 \leq R \leq 3,0$ MPa.

Resistência à compressão

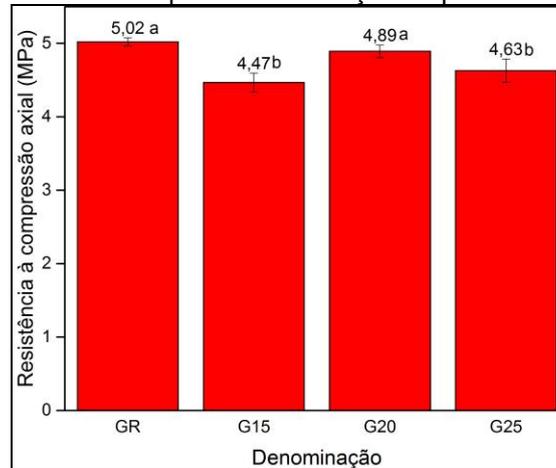
Com base na Figura 7 pode-se observar que houve variação da resistência à compressão, no entanto essa variação não seguiu o comportamento apresentado pela porosidade geométrica (conforme visto na Figura 4). Esperava-se que G20 apresentasse uma resistência à compressão inferior a resistência de GR, todavia, o tratamento estatístico mostra que não há diferença significativa entre GR e G20.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Figura 7 – Resistência à compressão em função do percentual de substituição.



Fonte: Autores (2023).

Uma hipótese que justifique a resistência de G20 é a de que pode ter havido uma maior ancoragem dos cristais de di-hidrato na superfície da vermiculita, visto que ela se apresenta com espaços entre as lamelas, assim, apesar da porosidade, sua estrutura suportou uma carga similar a GR e superior a G15.

Quando comparado à resistência de tração, nota-se que o material se mostrou mais resistente. Tal fato pode ser explicado por meio do entendimento do mecanismo de fraturas dos materiais cerâmicos, tendo em vista que o gesso pertence a essa classificação. Segundo Callister Júnior e Rethwisch (2012), ao contrário da resistência de tração, na resistência à compressão não há amplificação da tensão ligada à existência de defeitos na matriz do material. Desse modo, pequenas fissuras presentes nos corpos de prova não irão contribuir para a redução da resistência quando o ensaio estiver sendo executado, dado o sentido de aplicação da carga.

Os valores obtidos foram superiores tanto ao de Oliveira et al. (2012), que obteve o valor de 2,93 MPa com 20% de adição de vermiculita e relação água/gesso de 0,8 quanto ao de Sousa (2012), que alcançou uma resistência de 1,17 MPa com a relação água/gesso 0,64 com uso de aditivos e com 20% de adição de vermiculita.

Em relação ao cumprimento normativo, a NBR 13207 (ABNT, 2017) não traz o valor de referência da resistência à compressão do gesso para revestimento. Já a NBR 13207 (ABNT, 1994) estabelecia 8,4 MPa como a resistência à compressão mínima para um gesso de construção produzido com a relação água/gesso de consistência normal. Já a norma americana C28/C28M-10 (ASTM, 2015), que trata das especificações dos gessos para revestimento, orienta que a resistência à compressão dos gessos, com a adição de vermiculita, dosados para consistência normal seja igual ou superior a 2,2 MPa. Dessa forma, os valores encontrados atendem a norma americana.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

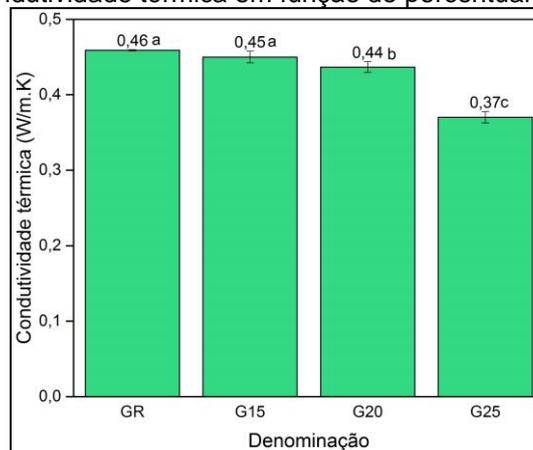
AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa, Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

Condutividade térmica

Através da Figura 8, observa-se que a condutividade térmica apresentou uma redução considerável em G20 e G25, ou seja, à medida que aumentou o percentual de substituição, houve um aumento da capacidade de isolamento térmico do material.

Segundo Adibi et al. (2015), a vermiculita é um bom isolante térmico por apresentar cerca de 90% de poros, haja vista a baixa condutividade térmica do ar presente nesses poros.

Figura 8 – Condutividade térmica em função do percentual de substituição.



Fonte: Autores (2023).

Apesar da redução da condutividade com a substituição do gesso pela vermiculita, os resultados encontrados estão abaixo dos presentes na literatura. Em sua pesquisa, Azevedo (2017) obteve uma redução na condutividade térmica de 48% em relação a mistura de referência (sem vermiculita), considerando uma relação a/g de 0,8 e o percentual de 20% de substituição. Sinhorelli (2019) alcançou uma redução expressiva com a substituição de 40% do agregado miúdo por vermiculita, na produção de argamassa de revestimento. A argamassa de referência obteve uma condutividade de 1,25 W/m.K, já a argamassa com substituição chegou a uma condutividade térmica de 0,33 W/m.K, mostrando a grande capacidade de isolamento térmico da vermiculita.

No entanto, vale ressaltar que os ensaios para a determinação da condutividade térmica foram realizados em equipamentos diferentes, cada um com as suas variações, além disso, como já dito anteriormente, foram feitas adaptações quanto ao ensaio térmico realizado pelos autores em relação ao equipamento especificado pela NBR ISO 8894-2 (ABNT, 2014). Portanto, tais fatores contribuem para a diferença nos resultados encontrados.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Na Figura 9 é possível observar uma matriz contendo cristais de di-hidrato e flocos de vermiculita com sua estrutura lamelar característica (TEODORO; PARABOCZ; ROCHA, 2020). A micrografia permite observar que os cristais apresentam dimensões bem inferiores à vermiculita e

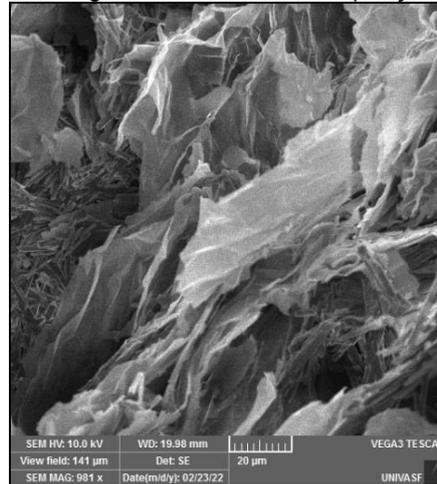


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

que esta possibilita a formação de mais espaços que podem ser ocupados por água (durante a hidratação) e por ar, posteriormente, à medida em que seu percentual na matriz aumenta.

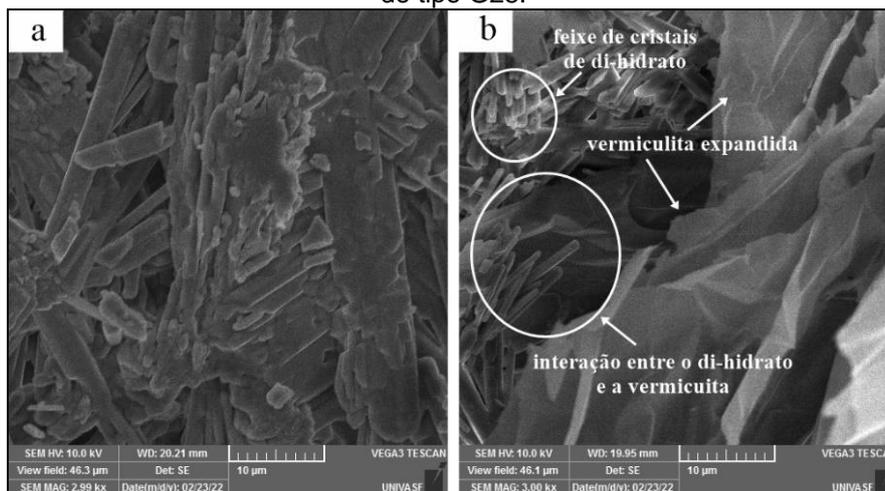
Figura 9 – Micrografia de G25 com ampliação de 1000x.



Fonte: Autores (2023).

A Figura 10 traz uma comparação das matrizes sem (Figura 10a) e com (Figura 10b) a presença de vermiculita. Na Figura 10b também é possível visualizar regiões de interação entre o gesso e a vermiculita, além da presença de feixes de cristais alongados, que são característicos do gesso beta utilizado para a execução de revestimento.

Figura 10 – Micrografias com ampliação de 3000x. a. Corpo de prova do tipo GR. b. Corpo de prova do tipo G25.



Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES

Com os resultados alcançados na presente pesquisa, chegou-se às seguintes conclusões:

- A substituição de gesso por vermiculita levou à uma redução das propriedades mecânicas;



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

- A vermiculita atuou como isolante térmico, quando presente na matriz do gesso;
- Pode-se concluir que o percentual de substituição que resultou em melhores propriedades térmicas foi o de 25%.

É importante que sejam avaliadas a porosidade e condutividade térmica mais detalhadamente, por meio de análises e técnicas mais precisas.

REFERÊNCIAS

ABIDI, S. *et al.* Impact of perlite, vermiculite and cement on the thermal conductivity of a plaster composite material: Experimental and numerical approaches. **Composites Part B: Engineering**, v. 68, p. 392-400, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **C28/C28M-10**: Standard Specification For Gypsum Plasters, United States of America, 2015. 4p.

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Sumário Mineral Brasileiro – Gipsita**. Brasília: ANM, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129**: Gesso para construção: Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 2017. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207**: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 1994. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207**: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — determinação da resistência à tração na flexão e a compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281-1**: Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro, 2023. 20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8894-2**: Materiais refratários - Determinação da condutividade térmica - Parte 2: Método do fio-quente (paralelo). Rio de Janeiro, 2014, 15p.

AZEVEDO, C. C. A. **Estudo de comportamento térmico e compósito à base de gesso e vermiculita**. 2017. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE GESSO POR VERMICULITA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO
Raffaella Cristina da Silva Ferreira, Fernanda Maria Vieira dos Santos, José Getúlio Gomes de Sousa,
Sheila Daiane de Souza Rodrigues, Nelson Cárdenas Olivier, Luis Iván Negrin Hernández

CALLISTER JÚNIOR, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma** Introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

FERREIRA, F. C. **Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe.** 2017. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2017.

LORENZON, M. C. A. *et al.* Construção de colméia *langstroth* com cimento-vermiculita. **Agricultural Engineering. Sci. agric.** Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 573-578, nov./dec. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000600002>

NETO, L. C. F. **Caracterização térmica, mecânica e microestrutural de compósitos a base de gesso reforçado com poliacetato de vinila.** 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2019.

OLIVEIRA, M. P. de *et al.* Compósitos à base de gesso com resíduos de EVA e vermiculita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 684-689, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000600014>

OLIVEIRA, M. P. **Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (etileno acetato de vinila) e vermiculita: Otimização de misturas e propriedades termomecânicas.** 2009. 216f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2009.

SILVA, A. P. **Determinação das propriedades mecânicas de compósitos de gesso reforçados com polímeros e fibras naturais.** 2018. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, 2018.

SINHORELLI, K. S. **Estudo das propriedades reológicas e térmicas das argamassas de revestimento contendo adições minerais e vermiculita.** 2019. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2019.

SOUSA, V. A. L. **Estudo do comportamento de materiais não convencionais utilizados como revestimento de paredes, visando a redução da carga térmica.** 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

TEODORO, L.; PARABOCZ, C. R. B.; ROCHA, R. D. C. . Caracterização da argila vermiculita expandida: avaliação dos padrões físico-químicos e mineralógicos para aplicação como adsorvente. **Revista Matéria**, v. 25, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517707620200004.1151>

VERBEEK, C. J. R.; DU PLESSIS, B. J. G. W. Density and flexural strength of phosphogypsum-polymer composites. **Construction and Building Materials**, v. 19, n. 4, p. 265–274, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.07.011>