DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSA TERMOISOLANTE PARA REVESTIMENTO DE PAREDES DE ALVENARIA EM EDIFICAÇÕES COM USO DE AREIA DE BRITAGEM E VERMICULITA

Tema: sustentabilidade, vida útil e meio ambiente

THALES DANIEL DOS SANTOS FONSECA[1], PEDRO KOPSCHITZ XAVIER BASTOS[2], THAÍS MAYRA DE OLIVEIRA[3], JÚLIA CASTRO MENDES[4]

[1]PPG Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, fonseca.thales@yahoo.com

[2]Prof. Dr., Universidade Federal de Juiz de Fora, pedrokop@ufjf.br

[3]Profª. Drª., Universidade Federal de Juiz de Fora, thais.mayra@ufjf.br

[4]Profª. Drª., Universidade Federal de Juiz de Fora, juliacastro.mendes@ufjf.br

RESUMO

O uso de aparelhos de ar condicionado em edificações somado às propriedades térmicas inadequadas das argamassas convencionais contribui com o aumento do consumo de energia. Devido ao papel fundamental do envelope nas trocas de calor com o meio, o uso de argamassas isolantes pode contribuir com a eficiência energética no setor. Este trabalho tem como objetivo, estudar as propriedades mecânicas e térmicas de argamassas de cimento e areia de britagem com adição de vermiculita e de incorporador de ar. As argamassas isolantes produzidas podem contribuir para melhoria do desempenho térmico, pois reduziram a condutividade em até 64%.

Palavras-chave: Revestimento, Argamassa isolante, Condutividade, Desempenho térmico.

THERMAL INSULATING MORTARS FOR COATING OF BRICK WALLS CONTAINING CRUSHED SAND AND VERMICULITE

ABSTRACT

The use of air conditioning devices on buildings and the inadequate thermal properties of conventional coating mortars contribute with the rise of energy demand. Because the building envelope has a fundamental function on heat exchanges between inner space and outdoors, the insulating mortar can contribute with energy efficiency on building sector. This paper has as an objective, study the mechanical and thermal properties of Portland cement and crushed sand mortar containing vermiculite and air entraining agent. The coating mortars produced had great thermal performance when compared to conventional mortar (64% reduction on thermal conductivity), therefore, they may impact positively energy efficiency of buildings.

Key-words: Coating mortar, insulating envelope, Conductivity, thermal performance.

1. INTRODUÇÃO

O uso de edificações pode chegar a representar 49,6% do consumo de eletricidade no Brasil, se considerada a soma dos setores público, comercial e residencial. O maior consumo energético é proveniente do setor industrial (37,4%) seguido pelo residencial (26,4%) [(1)]. A climatização dos ambientes internos por meio de aparelhos de ar condicionado representa 9% do consumo total de uma residência em regiões de temperaturas mais baixas e 5% em zonas mais quentes[(2)].

O consumo de energia elétrica nas edificações também contribui para a emissão de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera. De acordo com o *United Nations Environment Programme* - UNEP[(3)], as edificações são responsáveis por 17% das emissões globais, quando considerados os fatores indiretos (consumo de energia e aquecimento). O documento sugere o uso de equipamentos climatizadores mais eficientes e a melhoria do envelope das edificações para redução das emissões.

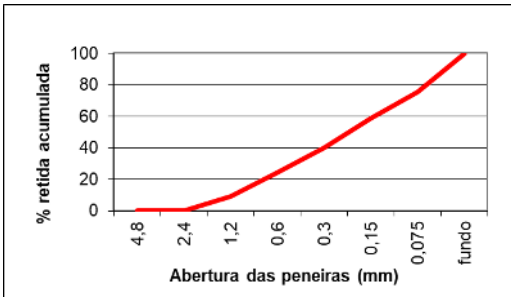
A argamassa de revestimento isolante pode ser adotada em substituição à argamassa convencional das edificações e é comum o uso de agregados leves, como o poliestireno expandido[(4)], vidro expandido[(5)] e pedra-pomes[(6)], para conferir menor condutividade ao material, além de incorporação de ar com aditivos.

O objetivo do presente trabalho é desenvolver uma argamassa cimentícia termoisolante para revestimento de edificações, utilizando cimento Portland, areia de britagem amplamente comercializada na região de Juiz de Fora - MG, vermiculita expandida e aditivo incorporador de ar, e estudar as propriedades mecânicas e térmicas conferidas por essas adições nas argamassas.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver as argamassas de estudo foram utilizados: areia de britagem seca em estufa, com curva granulométrica conforme Figura 1; vermiculita expandida (Brasil minérios), ilustrada na Figura 2; aditivo incorporador de ar (AGNIQUE SLS 2490 CC); cimento Portland (CP-II-E32) e água potável da concessionária de Juiz de Fora (MG).

Figura 1 - Curva granulométrica da areia de britagem



Fonte: Autor (2023)

Figura 2 - Vermiculita



Fonte: Autor (2023)

A Tabela 1 apresenta as massas específicas e unitárias dos materiais utilizados na pesquisa.

Tabela 1 - Massa unitária e massa específica real dos materiais

Material	Massa unitária (kg/dm³)	Massa específica real (kg/dm³)
Areia natural	1,38	2,62
Areia de britagem	1,53	2,70
Cimento	1,01	-
Vermiculita	0,17	-

Fonte: Autor (2023)

Foram estudadas sete argamassas: uma de referência, com proporções 1:6 (cimento:areia de britagem, em volume), e seis argamassas com teores de substituição, em volume, de 10, 20 e 30% da areia de britagem pela vermiculita (argamassas V10, V20 e V30). Um segundo grupo de argamassas foi formado com as mesmas proporções, adicionando-se aditivo incorporador de ar (argamassas V10A, V20A e V30A), conforme Tabela 2. A quantidade de água das argamassas foi determinada em mesa de consistência para obtenção do espalhamento igual a 260 ± 5 mm. Na Tabela 3 estão dispostos os ensaios realizados, as normas técnicas utilizadas e o número de corpos de prova para cada argamassa.

Tabela 2 – Composição das argamassas estudadas

Argamassas	Materiais				
	Cimento (kg)	Vermiculita (kg)	Areia de britagem (kg)*	Água (kg)	Aditivo incorporador de ar (% da massa de cimento)
Ref (1:6)	1	-	8,30	1,63	-
V10	1	0,09	7,47	1,61	-
V20	1	0,19	6,64	1,61	-
V30	1	0,28	5,81	1,60	-
V10A	1	0,09	7,47	1,61	0,035
V20A	1	0,19	6,64	1,61	0,035
V30A	1	0,28	5,81	1,60	0,035

*seca em estufa

Fonte: Autor (2023)

Tabela 3 – Ensaios realizados

Material	Propriedade	Norma técnica ABNT	Número de corpos de prova por argamassa
Agregados	Distribuição granulométrica	17054:2022	-
	Massa unitária e índice de vazios	16972:2021	-
	Massa específica e massa específica aparente	16916:2021	-
Argamassa no estado fresco	Consistência	13276:2016	-
	Densidade de massa e teor de ar incorporado	13278:2005	-
Argamassa no estado endurecido	Densidade de massa	13280:2005	6 cps 4 x 4 x 16 cm
	Módulo de elasticidade dinâmico	15630:2008	6 cps 4 x 4 x 16 cm
	Resistência à compressão	13279:2005	6 cps 4 x 4 x 16 cm
	Coeficiente de capilaridade	15259:2005	6 cps 4 x 4 x 16 cm
	Condutividade térmica	-	3 placas 30 x 30 x 5 cm

Fonte: Autor (2023)

O adensamento das placas foi realizado com soquete para argamassa (Figura 3). A desmoldagem foi realizada após 48 horas (Figura 4). As placas para ensaios de condutividade térmica são mostradas na Figura 5.

Figura 3 – Adensamento



Fonte: Autor (2023)

Figura 4 – Placas antes da desforma



Fonte: Autor (2023)

Figura 5 – Placas produzidas



Fonte: Autor (2023)

Para o ensaio de condutividade térmica foi utilizado o Aparato Técnico Alternativo (ATA), disposto na Figura 6 e desenvolvido no Laboratório de Materiais de Construção Civil da UFJF[7]. O equipamento de baixo custo funciona com base no regime permanente de transferência de calor, com o cálculo da condutividade térmica por meio da equação adaptada da lei de Fourier unidirecional (Equação 1)[1]. Seu esquema de funcionamento é mostrado na Figura 7.

$$\lambda = \frac{\Delta Q \,.\, L}{\Delta t \,.\, A \,.\, \Delta T} \qquad (1)$$

Onde:

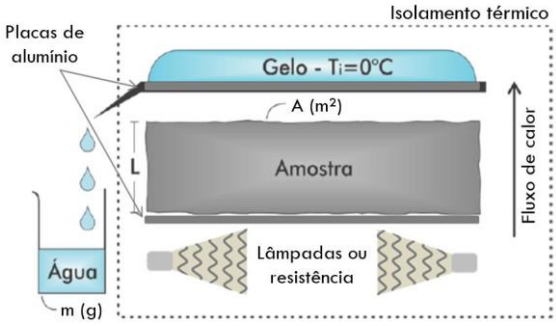
λ= Condutividade térmica(W/(m.K));
ΔQ= Massa de água medida (g) x calor latente de fusão da água (333 J/g), em J;
Δt= Tempo de medição da massa de água (120”);
L= Espessura do corpo de prova (0,05 m);
A= Área da superfície do corpo de prova (0,09 m²);
ΔT= Diferença de temperatura entre a fonte de calor (40°C) e o gelo (0°C), em K;

Figura 6 - ATA



Fonte: Autor (2023)

Figura 7 – Esquema de funcionamento do ATA

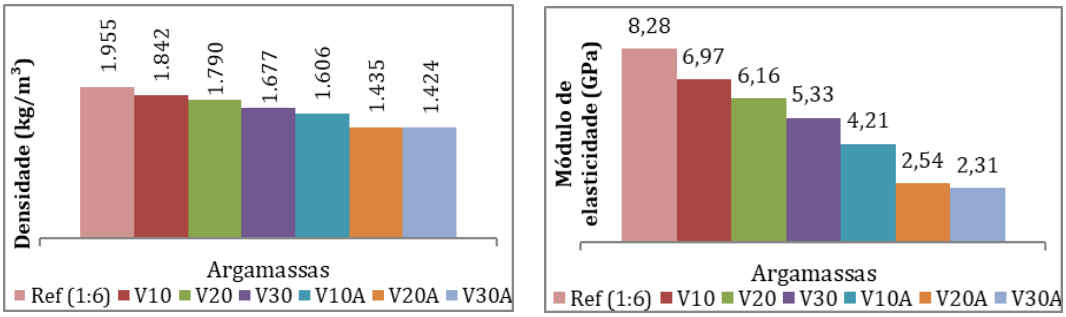


Fonte: Garcia (2021)

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Conforme mostrado na Figura 8, observou-se diminuição da densidade das argamassas no estado endurecido e do módulo de elasticidade, estabelecendo uma relação inversamente proporcional entre essas propriedades e o aumento da incorporação de vermiculita nas misturas.

Figura 8 – Densidade no estado endurecido e módulo de elasticidade

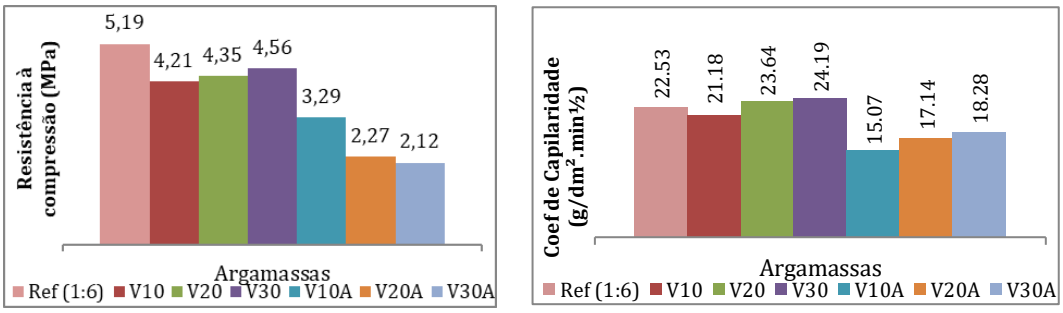


Fonte: Autor (2023)

A diminuição da densidade das argamassas está ligada à menor densidade da vermiculita, conferida por sua alta porosidade, que contribui para o aumento do volume de vazios na argamassa endurecida. A velocidade do pulso de ultrassom é influenciada pelo meio em que se propaga e, por isso, ocorre diminuição do módulo de elasticidade em argamassas mais porosas. O aditivo incorporador de ar, pelo mesmo motivo, potencializou essas duas tendências.

A adição de vermiculita ocasionou diminuição de resistência mecânica em relação à argamassa de referência, como esperado, efeito ampliado com a incorporação de ar (Figura 9). Entre as argamassas com adição de vermiculita apenas, observou-se tendência de aumento da resistência mecânica, provavelmente por conta da alta capacidade de absorção de água dos grãos de vermiculita durante o processo de mistura das argamassas e posterior disponibilização interna gradativa de umidade para a hidratação do cimento, durante a secagem nas primeiras idades. A incorporação de ar, como esperado, ocasionou redução considerável da resistência mecânica, assim como redução do coeficiente de capilaridade.

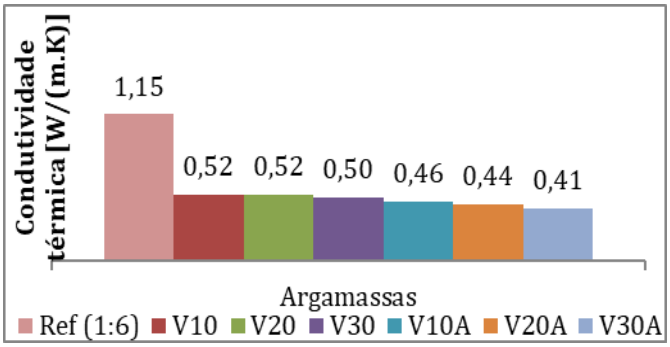
Figura 9 – Resistência à compressão e coeficiente de capilaridade das argamassas



Fonte: Autor (2023)

Tanto a porosidade quanto a baixa condutividade térmica da vermiculita contribuíram para a diminuição da condutividade das argamassas estudadas, assim como a presença de aditivo incorporador de ar, conforme Figura 10.

Figura 10 – Condutividade térmica



Fonte: Autor (2023)

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a adição de vermiculita na argamassa com areia de britagem contribui para a melhoria do isolamento térmico do revestimento, com redução de no mínimo 55% (V10) da condutividade térmica em relação à argamassa convencional. A menor condutividade foi obtida com o uso de 30% de vermiculita e com 0,035% de aditivo incorporador de ar (V30A), uma redução de 64%em relação à argamassa convencional.

O uso de vermiculita e de aditivo contribuem com a melhoria do desempenho térmico das argamassas de revestimento de cimento e areia de britagem estudadas e, portanto, tem potencial como solução construtiva adequada para a melhoria da eficiência energética nas construções e para contribuir com a sustentabilidade no setor de edificações.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, Ministério de Minas e energia e Empresa de pesquisa energética **BALANÇO ENERGÉTICO**. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2022.

2. FEDRIGO, N. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. **Encontro nacional de conforto no ambiente construído**, v. 10, p. 367-376, 2009.

3. United Nations Environment Programme - UNEP (2022). **Emissions Gap Report 2022: The Closing Window** — Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Nairobi. 2022.

4. HORMA, O.; CHARAI, M.; HASSANI, S. E.; HAMMOUTI, A. E.; MEZRHAB, A. Thermal performance study of a cement-based mortar incorporating EPS beads. **Frontiers in Built Environment**, v. 8, p. 98. 2022

5. MARUŠIAK, Š.; PAVLÍKOVÁ, M.; SZAFRANIEC, M.; PAVLÍK, Z. Thermal properties of natural hydraulic lime-based plastering repair mortars with expanded glass granulate. In: **AIP Conference Proceedings.** AIP Publishing LLC, 2022.

6. EREN, Ö.; MARAR, K.; ILTER, O.; ÇELIK, T. Experimental Study on Engineering and Thermal Properties of Mortar and Plaster Produced With Pumice Aggregate. **Journal of Testing and Evaluation**, v.43, n 6, 2014.

7. GARCIA, D.R. **DESENVOLVIMENTO DE APARATO TÉRMICO ALTERNATIVO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ISOLANTES**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2021.