

COMPÓSITO A BASE DE SABUGO DE MILHO COMO ISOLANTE TÉRMICO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fábio Severo da Rosa (fsevero@gmail.com); Giane de Campos Grigoletti (giane.c.grigoletti@ufsm.br); Rogério Cattelan Antochaves de Lima (rogerio@ufsm.br)

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) - Brazil

Palavras chave: compósito, sabugo de milho, avaliação, desempenho

O aumento do consumo de recursos naturais renováveis estimulados pelo avanço da civilização industrial, pelo crescimento populacional e pela demanda por bens e serviços, atrelado às exigências sociais e governamentais para a sustentabilidade, motiva o desenvolvimento de novas soluções industriais que consigam reduzir e até mesmo eliminar o impacto ambiental gerado pelos seus processos produtivos. Este trabalho tem como objetivo elaborar um compósito a base de sabugo de milho como isolante térmico na construção civil e avaliar a condutividade térmica, densidade aparente e resistência a flexão. O compósito foi elaborado a partir da mistura do sabugo de milho triturado com uma resina poliuretana derivada do óleo de mamona, usada como aglomerante. Foram elaborados três compósitos com diferentes granulometrias denominados A (26,25% moído grosso + 26,25% moído fino + 47,50% de resina), B (26,25% moído fino + 13,10% moído grosso + 13,10% moído médio + 47,50% de resina) e C (26,25% moído fino + 26,25% moído médio + 47,50% de resina). A partir dos resultados encontrados, pode-se verificar que todos os compósitos testados podem ser isolantes térmicos, pois apresentaram condutividade térmica inferior a 0,21 W/(m.K), possuem valores compatíveis e valor máximo admissível para isolantes térmicos convencionais. Com relação à densidade aparente, os compósitos apresentaram valores próximos a de isolantes disponíveis comercialmente, caracterizando-se como leves e com possibilidade de aplicação. Os resultados mostram que a utilização de um resíduo agrícola para preparação de material isolante térmico, a partir de um material orgânico, é importante para agricultores que podem comercializar esse material para isolamento em vez de descartá-lo ou subutilizá-lo.

1. INTRODUÇÃO

Um dos desafios mais importantes para edificações futuras é a redução de impactos ambientais em todas as suas fases de vida, da construção à demolição. Dentre possíveis diretrizes para redução de impactos ambientais, está o uso de materiais reciclados, seja da própria construção civil, seja de outros setores produtivos, como a agricultura.

Neste contexto se insere a busca de soluções alternativas para as edificações, em termos de materiais e componentes, incentivando o uso de tecnologias que, além de reduzirem a geração de resíduos, privilegiem o emprego de produtos naturais e recicláveis, com reduzido impacto no meio ambiente durante todo o ciclo de vida (CUNHA, 2012).

A construção civil é a indústria que possui maior potencial para absorver resíduos e subprodutos gerados por outros setores industriais. O aproveitamento desses materiais se dá na fabricação de blocos, argamassas para sub-bases, pavimentação, concreto não estrutural, elaboração de compósitos, entre outros usos (SCHULTZ; FERREIRA, 2004).

Muitos pesquisadores têm concentrado esforços no estudo do potencial da aplicação de materiais orgânicos na construção civil (PINTO et al., 2012). O aproveitamento de subprodutos agrícolas é de grande interesse. Dentre os materiais orgânicos, o milho é

produzido principalmente para a alimentação animal. O grão possibilita uma série de produtos industrializados. Entretanto, algumas partes da planta não possuem um uso direto, como o sabugo de milho, e nesse caso, são subutilizados ou descartados no meio ambiente. Este artigo tem por objetivo desenvolver um compósito a base de sabugo de milho como isolante térmico para construção e avaliar suas condutividade térmica, densidade aparente e resistência a flexão.

1.1. Resíduos da agricultura, compósitos e isolamento térmico

O Brasil é conhecido por seu grande potencial de recursos renováveis e recicláveis tais como produtos agrícolas, florestais e resíduos como o bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, casca da aveia e aparas de madeira. A produção de resíduos agrícolas é variável, dependendo da espécie cultivada, do fim a que se destina, das condições de fertilidade do solo, de condições climáticas, entre outros fatores. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a estimativa da geração de resíduos oriundos das agroindústrias associadas à agricultura para as culturas agrícolas, soja, milho e arroz, representaram um total de quase 74 milhões de toneladas de resíduos para o ano de 2009 (IPEA, 2012).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), em 2012, foram produzidos, no Brasil, mais de 70 milhões de toneladas de milho em grãos. A quantidade de sabugo fica entre 15% e 20% dessa quantia, gerando, por ano, mais de 10 milhões de toneladas de sabugo (BENTO; CASARIL, 2012).

Ao combinar materiais com características e propriedades diferentes, pretende-se obter um composto onde as propriedades físicas e químicas dos constituintes se complementem, de forma a obter um material superior a qualquer um dos seus constituintes isolados e adequado aos fins pretendidos. Com materiais compósitos é possível obter produtos com diferentes propriedades, entre as quais se pode citar: leveza, ductilidade, resistência a altas temperaturas, maior dureza e resistência ao choque (MACEDO et al., 2011).

Os isolantes térmicos são utilizados com o objetivo de reduzir as trocas de calor entre dois meios. O isolamento pode ser utilizado para diversas finalidades, como o condicionamento da temperatura em um ambiente, conforto térmico, proteção de estruturas a fim de evitar dilatações em lajes, conservação, estocagem e processamento de alimentos, economia de energia, entre outros (FENILLI, 2008). Os materiais isolantes térmicos apresentam baixo coeficiente de condutividade térmica, o que implica em baixa densidade e alta resistência térmica devido à porosidade. Portanto, quanto maior o número de poros do material, maior a presença de gases ou ar em seus vazios, o que impede a transferência de calor (BEZERRA, 2003).

1.2. ABNT NBR15.575 – desempenho térmico de edificações

O território brasileiro, pela sua extensão geográfica e grandes diferenças no clima, foi dividido em oito zonas bioclimáticas. Para cada zona, são definidas recomendações técnico-construtivas para otimizar o desempenho térmico das edificações. A Zona Bioclimática 2, objeto desse estudo, compreende boa parte dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e alguns pontos do estado de São Paulo e Minas Gerais (ABNT, 2005).

Segundo a norma ABNT NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), para essa zona, ficam estabelecidas, para vedações externas, parede leve ($U \leq 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $\text{FSO} \leq 5,0 \%$) e cobertura leve isolada ($U \leq 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $\text{FSO} \leq 6,5 \%$).

Os requisitos de desempenho térmico mínimo para sistemas de vedações verticais são estabelecidos no Brasil através da norma ABNT NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). Um dos critérios adotados para avaliação do desempenho térmico desses sistemas é a transmitância térmica (U) de paredes externas. No caso de paredes externas, para a Zona

Bioclimática 2, o valor estabelecido é $U \leq 2,5 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (ABNT, 2013). No caso da variável fator solar para paredes, a ABNT NBR15220-3 recomenda o valor $\text{FSO} \leq 5,0 \%$ (ABNT, 2005a).

1.3. Compósito à base de sabugo de milho

Pesquisas apontam para o uso de resíduos agrícolas como a casca de arroz, sabugo de milho e talos de girassol, dentre outros, na formulação de compósitos para uso em revestimentos internos de forros e paredes, na forma de painéis ou adicionados na camada de reboco para contribuir com a eficiência energética das edificações, diminuindo a transmissão de calor entre os ambientes. Possuem a vantagem de serem materiais totalmente renováveis, regionais e de baixo impacto ambiental (KORJENIC et al., 2011; MENDES et al., 2010; PANYAKAEW; FOTIOS, 2011; ROSA et al., 2015).

Mishra, Chakraverty e Banerjee (1986) trabalharam com a aplicação da casca de arroz em placas de isolamento, materiais de embalagem e cerâmicos. Os autores avaliaram a condutividade térmica da casca de arroz inteira, com valores de $0,059 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, e moída, $0,082 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, com diferentes teores de umidade. O uso das cascas de arroz inteiras resultou em um material de menor condutividade térmica.

Rout e Satapathy (2012) avaliaram a condutividade térmica de compósitos elaborados com resina epóxi, com adição de casca de arroz em diferentes proporções. Os autores constataram que, desde a resina pura até o compósito com resina e 6,5% de casca de arroz, ocorreu uma redução média de 8,6% no valor da condutividade, resultando em $0,28 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ como menor valor alcançado.

Adamy et al. (2016) apresentaram e compararam diferentes compósitos que possuem como base o talo de girassol, quanto às suas propriedades isolantes pertinentes aos requisitos de desempenho térmico mínimo estabelecidos pela norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013) em sistemas de vedações verticais. Assim, demonstraram que compósitos produzidos utilizando talos de girassol apresentam um futuro promissor para uso como isolante térmico em aplicações.

Rosa e Scherer (2018) avaliaram através de simulações dos resíduos agrícolas, casca de arroz e sabugo de milho em compósitos para destinação de isolamento térmico para edificações na região sul do Brasil. Concluíram assim, que o uso da casca de arroz e do sabugo de milho possui um papel importante no isolamento térmico. Estes estudos demonstram a viabilidade do uso de resíduos agrícolas para isolamento térmico.

1.4. Aglomerantes

Aglomerante e aglutinante são termos adotados para designar um componente de ligação usado para unir materiais de granulação fina ou partículas, com a finalidade de se obter corpos ou fragmentos coesos. As substâncias usadas para unir materiais são também comumente denominadas ligantes, colas, adesivos e resinas.

O óleo de mamona, pela pureza e possibilidade de sua sintetização, é muito empregado na fabricação de poliuretanos. A versatilidade e a origem natural e renovável, alta resistência aos agentes agressivos, o torna um produto melhor que os polímeros derivados do petróleo (CRUZ, 2009).

Conforme Ramalho (2013), os polióis originados do petróleo estão sendo substituídos pelo poliál presente no óleo de mamona. Sua biodegradabilidade é uma das principais razões para a entrada deste produto no mercado, tanto que o mesmo já tem sido tratado com os termos biopolímero e polímero mais sustentável.

Muitas pesquisas têm usado esse material como aglomerante em compósitos naturais. Fiorelli et al. (2012) compararam o desempenho do uso do poliuretano (PU) de óleo de

mamona e um adesivo de ureia-formaldeído, na fabricação de painéis de partículas feitos com fibra de coco. O PU de mamona apresentou resultados superiores aos da resina de ureia-formaldeído, melhorando as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

1.5. Ensaio de caracterização

A condutividade térmica está relacionada à capacidade térmica de um material conduzir calor e determina o gradiente de temperatura ao longo de sua geometria. Nos compósitos, a condutividade térmica depende principalmente de seus constituintes, mas também da presença de espaços vazios e de sua homogeneidade (SILVA, 1997).

Nos materiais isolantes, a condutividade térmica varia em função da sua estrutura porosa, cujas pequenas cavidades detêm gases de baixa condutividade térmica confinados nas células fechadas. O principal fator que afeta a condutividade dos isolantes térmicos é a espessura desse material, outros fatores a serem considerados incluem a massa específica, tamanho das células do material, umidade e temperatura ambiente (MENDES, 2002).

A resistência a flexão é importante para que se conheçam as propriedades mecânicas, físicas e químicas dos materiais de constituição e como eles podem ser combinados. Pode-se considerar que as fibras naturais são abundantes e oriundas de fontes renováveis, assim, são potenciais reforços para compósitos. Johnston (1994) define que a ação das fibras no compósito tende primeiro a reforçá-lo sobre todos os modos de carregamento que induzem tensões de tração (tração indireta, flexão e cisalhamento), melhorando, conseqüentemente, a ductilidade e a tenacidade da matriz com características frágeis.

3. METODOLOGIA

O resíduo de sabugo de milho foi doado por uma propriedade na localidade de Santa Eulália, distrito do município de Santa Margarida do Sul, localizado na região sudoeste do estado do RS, devido a disponibilidade e proximidade de Santa Maria, RS.

A resina usada como aglutinante foi doada pela empresa Imperveg®, tem a denominação comercial resina AGT 1315 (3 kg ou 1 l de resina custam cerca de U\$48). Esse produto pode ser aplicado como adesivo ou aglomerante para formação de compósitos com fibras vegetais.

O sabugo de milho passou por uma trituração em moedor forrageiro da marca TRAPP, modelo TRF 70. Após esse procedimento, o material foi separado em peneiras com malhas 4,8 mm, 6,3 mm e 9,5 mm correspondendo a granulometrias fina, média e grossa respectivamente. Os compósitos foram elaborados utilizando sabugo de milho triturado e resina denominada AGT 1315, como material aglutinante, em diferentes proporções, originando três diferentes compósitos denominados de:

- A (26,25% moído grosso + 26,25% moído fino + 47,50% de resina);
- B (26,25% moído fino + 13,10% moído grosso + 13,10% moído médio + 47,50% de resina);
- C (26,25% moído fino + 26,25% moído médio + 47,50% de resina).

Os compósitos foram confeccionados com medidas de 100 mm x 100 mm x 30 mm. Os corpos de prova foram preparados em moldes de madeira na medida de 100 mm x 100 mm x 30 mm por exigência do ensaio de condutividade térmica. Inicialmente foram misturados os sabugos triturados de milho e misturados com a resina, conforme Figura 1, colocadas dentro de moldes com uma espátula e, após, foi colocado para cura a temperatura ambiente por 24 horas e desenformado.

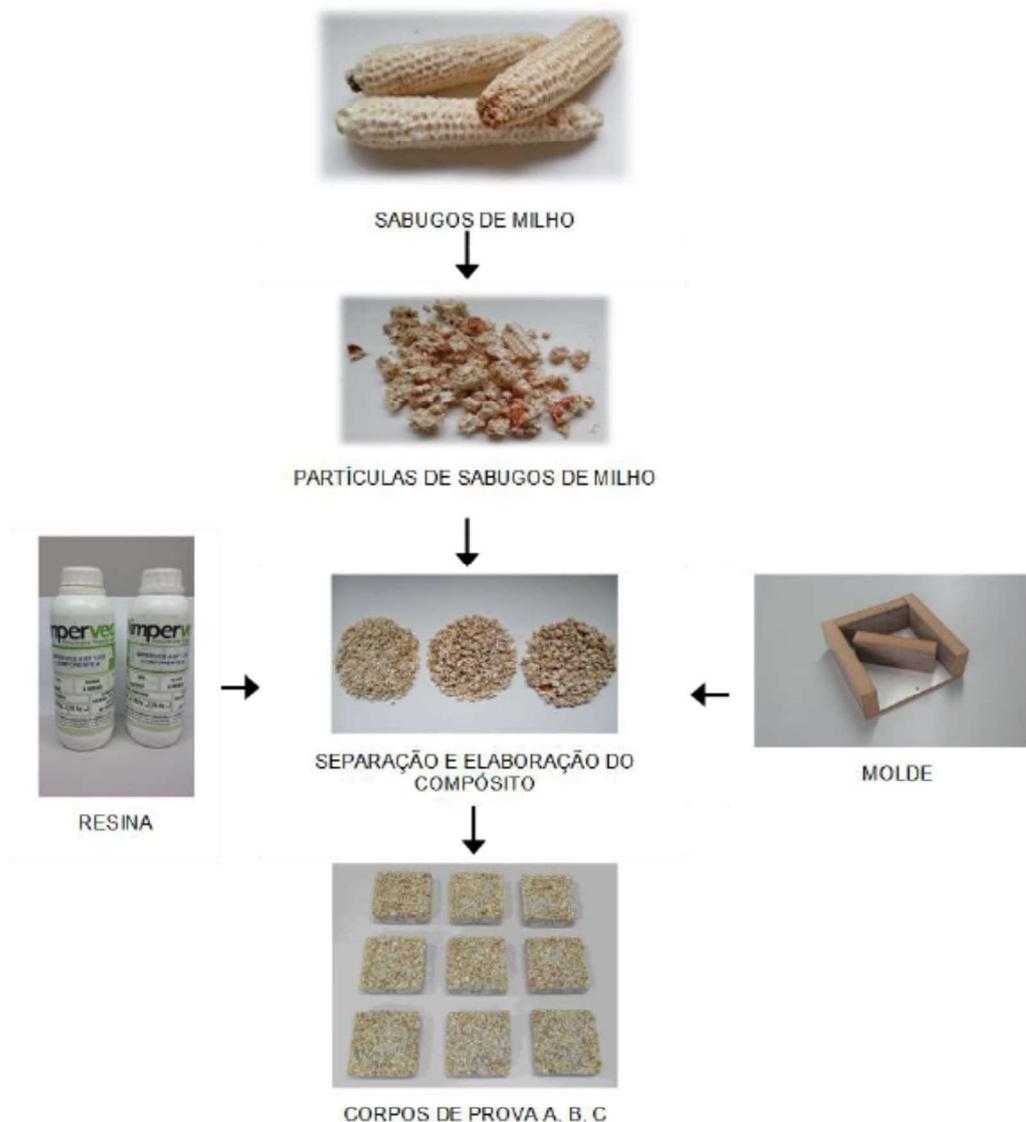


Figura 1. Elaboração dos compósitos

2.1. Condutividade térmica

O ensaio de condutividade térmica foi realizado no Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), da Universidade Federal de Santa Catarina, baseado na Norma Técnica ASTM C-518 (*Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*) e ISO 8301 (*Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus*) (ASTM, 2017; ISO, 1991).

2.2. Resistência mecânica – flexão

Foram preparados corpos de prova nas dimensões 160mm x 40mm x 40mm, para as formulações A, B e C (três unidades de cada) (ABNT, 2005b). A tensão de ruptura (F) foi avaliada num equipamento universal de ensaios Solotest do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal de Santa Maria. O corpo de prova a ser avaliado é submetido à aplicação de uma carga em três pontos. A fratura do corpo de prova inicia no ponto central e inferior da amostra.

2.3. Ensaio de densidade de massa aparente

Este ensaio foi conduzido conforme método previsto na norma NBR 11356 (ABNT, 2016), a qual é utilizada para determinação da densidade de massa aparente de isolantes térmicos à base de fibras minerais, tais como painéis, mantas e feltros. Para determinação da densidade do compósito, foram utilizados três corpos de prova de 100mm x 100mm x 30mm, elaborados com a composição escolhida mediante os resultados do teste de condutividade térmica, seguindo as mesmas condições de fabricação descritas anteriormente. A densidade das amostras foi medida com base no seu peso (kg) e nas suas dimensões volumétricas (m^3) e determinada por meio da razão entre sua massa e volume. Para a obtenção dos dados, utilizou-se um paquímetro analógico da marca Mitutoyo e uma balança digital BEL Mark L10001, com capacidade para 10 kg, ambos disponibilizados pelo CB3E da Universidade Federal de Santa Catarina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de condutividade térmica e densidade de massa aparente dos diferentes compósitos estão no Quadro 1.

Quadro 1. Condutividade térmica e densidade dos diferentes compósitos elaborados

Compósitos	Condutividade térmica (λ) (W/(m.K))	Densidade de massa aparente (ρ) (g/cm ³)
A	0,114a \pm 0,05	0,369a \pm 0,01
B	0,113a \pm 0,02	0,362a \pm 0,03
C	0,107a \pm 0,02	0,334a \pm 0,03

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não mostram diferença estatística em nível de 5%. N=3, A= 50% moído grosso + 50% moído fino, B= 50% moído fino + 25% grosso + 25% médio, C=50% moído fino + 50% médio.

No Quadro 1, observa-se que os compósitos não apresentam diferença estatística entre si quanto à condutividade térmica, apresentando um valor médio de 0,111 W/(m.K).

A partir dos resultados encontrados, observa-se que todos os compósitos elaborados podem ser isolantes térmicos, pois apresentam condutividade térmica inferior a 0,21 W/(m.K), valor máximo admissível para isolantes térmicos segundo Oliveira (2015). Oliveira (2015) desenvolveu compósitos com sabugo de milho em diferentes granulometrias e uma resina escura chamada de AZ 4.6 comercializada pela ARA Quimica S/A na proporção de 80% em relação ao sabugo. Esses compósitos apresentaram condutividade térmica em torno de 0,186 W/(m.K), valores superiores aos encontrados neste trabalho, mostrando que os compósitos elaborados com a resina AGT 1315 e nas proporções citadas são melhores isolantes térmicos.

O conhecimento da densidade dos materiais é de fundamental importância, pois influencia no peso total do sistema ao qual o material é aplicado. A variação da densidade (Quadro 1) ficou entre 0,334 g/cm³ e 0,369g/cm³ sem evidenciar relação direta com a incorporação da resina, o que provavelmente está relacionado à falta de homogeneidade na distribuição das partículas no processo de fabricação dos compósitos. A densidade é uma propriedade relevante para determinação da resistência dos materiais em geral. No sabugo de milho, objeto dessa pesquisa, assim como em alguns materiais lignocelulósicos, por ser um material natural as diferenças do tamanho dos sabugos podem interferir na densidade do material. Marinho et al. (2013) elaboraram compósitos com bambu e resina de poliuretano derivado da mamona e a densidade dos compósitos variaram entre 0,85 g/cm³ e 0,96g/cm³, semelhante ao encontrado neste trabalho.

Comparando os valores encontrados aqui com os materiais comumente usados como isolantes térmicos, tais como madeira (0,620 g/cm³), asbesto (0,480 g/cm³), gesso (0,800 g/cm³) e compensado (0,615 g/cm³), observa-se que apresentam densidade menor (INCROPERA; DEWITT, 2008). Entretanto, em relação a lã de vidro (0,02 g/cm³) e espuma de PU (0,015 g/cm³), (KREITH, 2008; GALVÃO, 2014), os valores encontrados possuem densidade maior. Dessa forma o compósito elaborado é relativamente leve e tem sua densidade dentro da faixa dos materiais considerados isolantes, facilitando seu uso em aplicações apropriadas.

3.1. Resistência à flexão

A resistência à flexão dos compósitos A, B e C são mostrados na Quadro 2.

Quadro 2. Resultados de resistência à flexão dos compósitos

Compósitos	Resistência à flexão (MPa)	
	Média	Desvio-padrão
A	2,97	0,302
B	3,79	0,344
C	2,00	0,151

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não mostram diferença estatística ao nível de 5%. N=3, A= 50% moído grosso + 50% moído fino, B= 50% moído fino + 25% grosso + 25% médio, C=50% moído fino + 50% médio.

O Quadro 2 mostra que o compósito B (3,79 MPa) apresenta maior resistência a flexão que os demais. Os resultados encontrados nesse trabalho mostram que os compósitos elaborados podem ser aplicados em materiais que não exijam grandes esforços a flexão.

A norma ABNT NBR 16494 (ABNT, 2017) que determina os requisitos para blocos de gesso para vedação vertical e define os valores de resistência à flexão como igual ou superior a 1,0 MPa, 1,2 MPa e 1,5 MPa, respectivamente para blocos de gesso compactos com espessura de 50mm, 70mm e 100mm (ABNT, 2017, p. 5). Levando em consideração essa norma, o compósito a base de sabugo de milho sendo avaliado nesta pesquisa é ao gesso nas espessuras acima mencionadas, pois possui resistência a flexão que varia entre 2,0MPa e 3,79MPa.

4. CONCLUSÕES

Os parâmetros térmicos analisados mostram que os compósitos à base de sabugo de milho podem ser usados como isolantes térmicos, pois possuem valores compatíveis com os isolantes térmicos convencionais.

Com relação à densidade aparente, os compósitos apresentaram valores próximos à isolantes disponíveis comercialmente, com vasta área de aplicação.

Dentre os compósitos elaborados o B (50% sabugo moído fino, 25% sabugo moído grosso e 25% moído médio) apresentou maior resistência mecânica, sendo similar a resistência mecânica do gesso usado usualmente na construção civil como vedante vertical.

Esse estudo mostrou que a utilização de um resíduo agrícola para preparação de material isolante térmico é possível e comercialmente viável, informação importante para os agricultores que podem usar esse material para isolamento térmico em vez da queima, além de garantir considerável economia de energia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2016). NBR 11356: Isolantes térmicos à base de fibras minerais — painéis, mantas e feltros — determinação das dimensões e da massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2005b). NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2005a). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2013). NBR 15575-4: Edificações habitacionais – desempenho parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2017). NBR 16494: Bloco de gesso para vedação vertical — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.
- Adamy, A.; Rosa, F.; Rosa, L. (2016). Desempenho térmico de compósitos à base de talos de girassol em componentes de edificações. Revista Espacios, v.37 n.15, p.10.
- ASTM. American Society For Testing And Materials (2017). ASTM C518: Standard test method for steady state thermal transmission properties by means of the heat flow apparatus.
- Bento, C. B. P.; Casaril, K. B. P. B. (2012). Bioconversão de resíduos agroindustriais lignocelulósicos por fungos causadores da podridão branca: uma alternativa à produção de alimentos. Faz Ciência, v. 14, n. 19, p. 151-180.
- Bezerra, I. A. C. (2003). Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS com agregado graúdo. 2003. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- CONAB. Companhia nacional de abastecimento. (2016). Compêndio de estudos CONAB: análise dos custos de produção e rentabilidade da cultura do milho. Brasília: CONAB.
- Cruz, M. P. (2009). Aplicação de resíduo industrial para isolamento térmico: uma proposta para utilização do poliuretano de mamona com agregado de resíduo plástico termofixo. 2009. 115f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Cunha, P. W. S. (2012). Estudo sobre as potencialidades de compósitos a base de gesso e fibra de coco seco para a aplicação na construção civil. 2012. 120f, Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Fenilli, R. J. (2008). Sistemas termoisolantes: tipos, finalidades e aplicação. Climatização & refrigeração. N. 94.
- Fiorelli, J.; Curtolo, D. D.; Barrero, N. G.; Savastano jr., H.; Pallone, E. M. J. A.; Johnson, R. (2012). Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: an eco-efficient product. Industrial crops and products. V. 40, p. 69–75.
- Galvão, A.C.P. (2014). Obtenção e caracterização de um compósito de poliuretano de mamona e pó de vidro para aplicações como isolante térmico. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Incropera, F.P. e Dewitt, D.P. (2008). Fundamentos de transferência de calor e de massa. 6 ed. Rio de Janeiro: Editora ITC.
- ISO. International Standardization Organization (1991). ISO 8301: Thermal insulation -- determination of steady-state thermal resistance and related properties -- heat flow meter apparatus. Switzerland.
- IPEA. Instituto de pesquisa econômica aplicada. Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas (2012). Brasília: IPEA.
- Jonnston, C.D. (1994). Fiber-reinforced cement and concrete. In: advances in concrete technology . 2 ed. Ottawa. V.M. Malhorta, p. 603-673.

- Korjenic, A.; Petránek, V.; Zach, J.; Hroudová, J. (2011). *Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. Energy And Buildings*. V. 43, n. 9, p. 2518-2523.
- Kreith, F. (2008). *Princípios de transmissão de calor*. 9 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- Macedo, M. C.; Souza, I. G. M.; Gomes, I. R. B.; Medeiros, I. C. (2011). *Materiais compósitos a base de gesso e isopor para a construção de casas populares. Holos*. V.5, p. 95-105.
- Marinho, N.; Nascimento, E.; Nisgoski, S.; Magalhães, W.; Neto, S.; Azevedo, E. (2013). *Caracterização física e térmica de compósito de poliuretano derivado de óleo de mamona associado com partículas de bambu. Polímeros*, v.23, n. 2, p. 201-205.
- Mendes, J.U.L. (2002). *Desenvolvimento de um compósito biodegradável para isolamento térmico*. 2002. 141f. Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Mendes, R. F.; Mendes, I. M.; Guimarães Junior, J. B.; Mori, F. A.; César, A. A. da S. (2010). *Efeito da incorporação de casca de café nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de eucalyptus urophylla s.t. blake. Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.34, n.3, p.610-617.
- Mishra, P.; Chakraverty, A.; Banerjee, H. D. (1986). *Studies on physical and thermal properties of rice husk related to its industrial application. Journal Of Materials Science*, v. 21, p. 2129-2132.
- Oliveira, M. L. (2015). *Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica com carga de resíduos vegetal proveniente do sabugo de milho*. 2015. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Panyakaew, S.; Fotios, S. (2011). *New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. Energy And Buildings*, v. 43, n. 7, p. 1732-1739.
- Pinto, J.; Pereira, H.; Vilela, P.; Jacinto, C.; Vieira, J.; Paiva, A.; Pereira, S.; Ferreira, J.; Cunha, V. M. C. F.; Varum, H. (2012). *Camada de regularização com agregado de granulado de caroço da espiga de milho*. In: 4º congresso português de argamassas e étics, 4, 2012: Anais... Coimbra. APFAC.
- Ramalho, H. F. (2013). *O crescente uso de poliuretanas derivadas do óleo de mamona no mercado de polímeros. Revista virtual de química*, v. 5, n. 1, p. 117-118.
- Rosa, F. S.; Scherer, M. (2018). *Desempenho térmico de paredes de alvenaria protegidas com revestimento de compósitos de resíduos agrícolas. Revista Gestão Industrial*, v.14, n. 2, p. 96-113.
- Rosa, L. C.; Santor, C. G.; Lovato, A.; Rosa, C. S.; Güths, S. (2015). *Use of rice husk and sunflower stalk as a substitute for glass wool in thermal insulation of solar collector. Journal Of Cleaner Production*, v. 104, p. 90-97.
- Rout, A. K.; Satapathy, A. (2012). *Computational and experimental investigation on thermal insulation capabilities of rice husk filled epoxy composites. Computational Thermal Sciences*, v. 4, n. 2, p. 107-114.
- Schultz, P.; Ferreira, O. P. (2004). *Estudo de viabilidade da utilização de poliuretana vegetal como aglomerantes de resíduos para a produção de componentes construtivos*. In: I conferência latino-americana de construção sustentável X encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. 2004: Anais... São Paulo.
- Silva, S.B. (1997). *Propriedades termofísicas de polpa de abacaxi*. 1997. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pela bolsa concedida, ao Laboratório de Materiais de Construção Civil – UFSM e ao Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) – UFSC, pelos ensaios efetuados, à Imperveg®, que forneceu a resina utilizada, pelo suporte a este trabalho.