

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**USO DE COMPÓSITOS À BASE DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS PARA ISOLAÇÃO
TÉRMICA EM REVESTIMENTO DE PAREDES DE ALVENARIA**

**USE OF WASTE-BASED AGRICULTURAL COMPOSITES FOR THERMAL
INSULATION IN MASONRY WALL CLADDING**

Fabio Severo Da Rosa e Minéia Johann Scherer

RESUMO

Essa pesquisa teve por objetivo avaliar o uso dos resíduos agrícolas casca de arroz e sabugo de milho, em compósitos, com fins de isolamento térmico para uso em paredes de alvenaria considerando as normas pertinentes para a região sul do Brasil. Foi simulada uma parede de alvenaria em blocos vazados de concreto simples, rebocada em ambas as faces com argamassa comum, considerando-se também o uso de uma camada de compósito sob a argamassa em uma das faces da parede. Os sistemas foram avaliados e comparados por meio dos valores de transmitância térmica. Os resultados obtidos comprovam a melhoria do desempenho das paredes com o uso dos compósitos considerados.

Palavras-chave: Resíduo agrícola, compósito, isolamento térmico.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the use of agricultural waste rice hull and corn cobs in composites for thermal insulation for use in masonry walls, considering the relevant norms for the southern region of Brazil. Was simulated a masonry wall in concrete hollow blocks, grouted on both sides with mortar joint, considering also the use of a composite layer under the mortar on one side of the wall. The systems were evaluated and compared with the values of thermal transmittance. The results obtained confirm the improving performance of the walls with the use of composites.

Keywords: Agricultural waste, composite, thermal insulation.

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios mais importantes nas edificações futuras é a redução do consumo de energia, da construção a demolição. As medidas adotadas para reduzir os gastos com energia em devem focar na melhoria das propriedades de elementos usados no isolamento térmico nas construções (ASDRUBALI; D’ALESSANDRO e SCHIAVONI, 2015).

Com a produção agrícola e seu processamento, grande parte dos resíduos gerados em não têm utilização adequada. Alguns pesquisadores têm concentrado esforços no sentido de estudar o potencial da aplicação de vários materiais orgânicos no âmbito da construção civil, encontrando soluções que contemplam qualidade técnica, custo e sustentabilidade (PINTO et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar através de simulação a utilização dos resíduos agrícolas, casca de arroz e sabugo de milho em compósitos, com fins de isolamento térmico, identificando o atendimento às normas pertinentes para edificações na região sul do Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A estimativa da geração de resíduos oriundos das agroindústrias associadas à agricultura para as culturas temporárias e permanentes mais representativas em termos de área cultivada no Brasil representa um total de 291 milhões de toneladas de resíduos (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012).

A estimativa da produção de arroz para 2016 alcança 12,2 milhões de toneladas (IBGE, 2015). O principal resíduo em seu processamento é a casca. Estima-se que para cada hectare de cultura de arroz sejam produzidas de 4,0 a 6,0 toneladas de casca. Boa parte desse resíduo é depositado no solo sem qualquer tratamento e parte é queimada ao ar livre, com emissão de monóxido e dióxido de carbono (DELLA, KUHN e HOTZA, 2001).

O milho é produzido, principalmente para a alimentação. Os resíduos dessa cultura são o sabugo, o colmo, folhas e palha. A produção de milho nos três estados da região sul na safra 2015/16 totalizou 23.089.700 toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016).

Pesquisas apontam o uso a casca de arroz, o sabugo de milho e uma série de outros materiais considerados resíduos, na formulação de compósitos testados para diversas finalidades (MISHRA, CHAKRAVERTY e BANERJEE, 1986; KORJENIC et al., 2011; PAIVA, et al., 2012; ROUT e SATAPATHY, 2012; ASDRUBALI, D’ALESSANDRO e SCHIAVONE, 2015; ROSA et al., 2015).

As exigências de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento do corpo humano. Partindo desse princípio, das condições climáticas e das características térmicas dos materiais usados na construção dos ambientes, se tem as condições necessárias para se projetar artefatos e ambientes que atendam essas exigências.

O território brasileiro foi dividido em oito zonas bioclimáticas. Para cada zona foram definidas recomendações técnico-constructivas para otimizar o desempenho térmico das edificações. A zona bioclimática 2 compreende boa parte dos estados do Rio Grande do Sul, S. Catarina, Paraná e alguns pontos do estado de S. Paulo e Minas Gerais (ABNT, 2005c).

A condutividade térmica (λ) é uma propriedade física de um material, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m^2 , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 K (Kelvin) por metro, expresso em $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (ABNT, 2005a).

A resistência térmica (R) de um material mede a sua capacidade de reduzir a troca de calor, sendo expressa em $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$. Em uma camada homogênea de material sólido é igual a e/λ onde “e” corresponde a espessura da camada do material (ABNT, 2005a). A resistência térmica total de ambiente a ambiente, é dada por $R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$. R_t corresponde à

resistência térmica total, de superfície à superfície, de um componente plano constituído por n camadas homogêneas, perpendiculares ao fluxo de calor, obtida pela soma das resistências térmicas de cada camada. R_{se} e R_{si} são as resistências superficiais externa e interna, tendo valores médios recomendados respectivamente de 0,04 e 0,13 ($m^2 \cdot K$)/W (ABNT, 2005b).

Transmitância térmica (U) ou coeficiente global de transferência de calor é o inverso da resistência térmica, expressa em W / ($m^2 \cdot K$). É uma propriedade dos componentes relacionada à permissão da passagem de energia térmica, estando relacionada à espessura do componente e à condutividade térmica dos seus materiais constituintes (ABNT, 2005b).

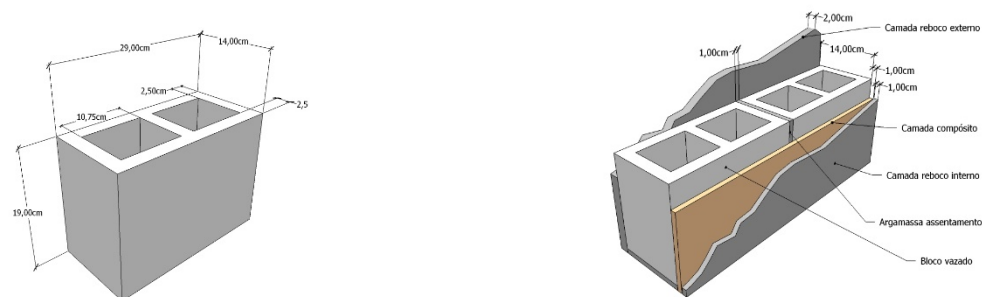
Os requisitos de desempenho térmico mínimo são estabelecidos no Brasil através da norma ABNT NBR 15575-4:2013, para sistemas de vedações verticais e ABNT NBR 15575-5:2013 para sistemas de cobertura. Um dos critérios adotados para avaliação do desempenho térmico desses sistemas é através da transmitância térmica (U) de paredes externas. Para paredes externas na zona bioclimática 2 o limite é $U \leq 2,5$ W / ($m^2 \cdot K$) (ABNT, 2013, p. 27).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi aplicada com uma abordagem qualitativa e quantitativa, apresenta caráter exploratório. Foram usados: pesquisa bibliográfica e simulação uma vez que alguns compósitos foram comparados quanto as suas propriedades isolantes em relação às exigências de desempenho térmico, tendo por base os dados apresentados nos artigos (GIL, 2010).

Foram definidas duas situações: uma parede de alvenaria em blocos vazados de concreto simples rebocada em ambas as faces com uma camada de reboco, usando argamassa comum (espessura – 2 cm); uma parede de alvenaria idêntica, com uma camada de argamassa comum (espessura – 1 cm) e uma camada de compósito (espessura – 1 cm) na face interna, e uma camada de reboco com argamassa comum (espessura – 2 cm) na face externa. Os blocos foram assentados com argamassa comum (espessura – 1 cm), compondo o sistema avaliado na simulação (figura 1).

Figura 1 – Bloco vazado com respectivas dimensões e detalhes da parede usada na simulação



Fonte: autores

Foram selecionados na pesquisa quatro experimentos. Mishra, Chakraverty e Banerjee (1986) avaliaram o desempenho térmico da casca de arroz inteira – 0,059 W/($m \cdot K$) e moída – 0,082 W/($m \cdot K$). Rout e Satapathy (2012) – compósitos com resina epóxi e adição de casca de arroz em diferentes proporções, obtendo para 6,5% de casca de arroz a condutividade térmica 0,28 W/($m \cdot K$). Paiva, et al. (2012) desenvolveram painéis de diferentes espessuras utilizando sabugo de milho moído, avaliando a condutividade térmica – 0,043 W/($m \cdot K$).

Os resultados conseguidos nesses experimentos foram usados para simular o desempenho térmico da parede com adoção da camada de compósito, seguindo os métodos de cálculo descritos na norma ABNT NBR 15220-2: 2005 (ABNT, 2005b). Os valores calculados das áreas (A1, A2 e A3) de cada seção, das resistências térmicas de superfície à superfície para

cada seção (R1, R2 e R3), das resistências térmicas da parede e total para cada um dos sistemas, estão representados no quadro 1.

Quadro 1 – Elementos componentes da resistência térmica total para a parede usada no estudo, sem e com o uso dos compósitos

SISTEMA AVALIADO	Áreas das seções (m ²)			Resistência térmica de superfície à superfície para cada seção (m ² ·K)/W			Resistência superficial externa e interna (m ² ·K)/W		Resistência térmica da parede (m ² ·K)/W	Resistência térmica total (m ² ·K)/W
	A1	A2	A3	R1	R2	R3	R _{se}	R _{si}	R _t	R _T
Parede de blocos vazados de concreto	0,005	0,005	0,020	0,157	0,115	0,233	0,04	0,13	0,182	0,352
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 1 (0,059 W/mK)	0,005	0,005	0,020	0,317	0,276	0,394	0,04	0,13	0,351	0,521
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 2 (0,082 W/mK)	0,005	0,005	0,020	0,270	0,228	0,347	0,04	0,13	0,302	0,472
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 3 (0,28 W/mK)	0,005	0,005	0,020	0,184	0,142	0,260	0,04	0,13	0,211	0,381
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 4 (0,043 W/mK)	0,005	0,005	0,020	0,380	0,339	0,457	0,04	0,13	0,416	0,586

Fonte: autores

As três seções (1, 2 e 3) correspondem respectivamente a: reboco interno, argamassa de assentamento e reboco externo; reboco interno, reforços transversais do bloco de concreto e reboco externo; reboco interno, duas laterais do bloco, espaço de ar interno ao bloco e reboco externo. Nos sistemas em que foram considerados os diferentes compósitos, a camada de reboco interno (1 cm) é sobreposta à camada de compósito (1 cm).

A condutividade térmica (λ) dos materiais componentes nos dois casos são: argamassa comum – 1,15 W/(m·K), concreto normal – 1,75 W/(m·K), resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas – 0,17 m²·K/W (ABNT, 2005b); camada interna de compósito – valores obtidos nos quatro experimentos. No cálculo da resistência térmica total de ambiente a ambiente adotou-se a resistência superficial interna R_{si} – 0,13 (m²·K)/W e externa R_{se} – 0,04 (m²·K)/W (ABNT, 2005b).

A avaliação dos resultados foi feita, comparando-se os valores de transmitância térmica (U) de paredes externas, considerando-se as situações: parede de blocos vazados de concreto,

rebocadas em ambas as faces com argamassa comum com e sem uma camada de compósito na face interna, observando os limites estabelecidos para a zona bioclimática 2.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos foram agrupados no quadro 2, onde constam os valores resultantes dos cálculos de resistência térmica total (R_T) de ambiente a ambiente e da transmitância térmica (U). Pode-se observar no mesmo que o melhor desempenho foi conseguido com compósito 4 obtido a partir do sabugo de milho moído, usando a cola de madeira como aglutinante na formulação desenvolvida por Paiva et al. (2012).

Quadro 2 – Valores comparativos entre os dois tipos de parede adotados no estudo, sem e com o uso dos compósitos adotados na pesquisa

SISTEMA AVALIADO	R_T ($m^2 \cdot K$)/W	U W / ($m^2 \cdot K$)	ATENDIMENTO DO PRÉ-REQUISITO - $U \leq 2,5$ W / ($m^2 \cdot K$)
Parede de blocos vazados de concreto	0,352	2,844	Não
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 1 (0,059 W/mK)	0,521	1,918	Sim
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 2 (0,082 W/mK)	0,472	2,117	Sim
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 3 (0,28 W/mK)	0,381	2,623	Não
Parede de blocos vazados de concreto – compósito 4 (0,043 W/mK)	0,586	1,707	Sim

Fonte: autores

5 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados sugerem que o uso da casca de arroz e do sabugo de milho, tem um papel importante no isolamento térmico. Além disso, estes resultados podem servir de orientação para o futuro das construções prediais no sentido de melhorar o desempenho térmico, assim como o aproveitamento de um resíduo agrícola.

Recomenda-se aprofundar essa pesquisa, desenvolvendo diferentes compósitos usando os resíduos casca de arroz e sabugos de milho, usando diferentes aglomerantes e determinando seu desempenho térmico, e avaliando compósitos elaborados com resíduos agrícolas de outras culturas de destaque no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-1: 2005**. Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005a.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-2: 2005**. Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3: 2005**. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4: 2013**. Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.
- ASDRUBALI, F., D’ALESSANDRO, F., SCHIAVONI, S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 4, p. 1-17, 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras: Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção, Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Grãos, 2001 a 2016 de Café, 2005/06 a 2016/17 de Cana-de-Açúcar**. Brasília: CONAB, 2016. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em 22 dez. 2016.
- DELLA, V. P., KUHN, I., HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 778-782, 2001.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>>. Acesso em: 11 jan. 2016.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília: IPEA, 2012.
- KORJENIC, A.; PETRÁNEK, V.; ZACH, J.; HROUDOVÁ, J. Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 9, p. 2518-2523, 2011.
- MISHRA, P.; CHAKRAVERTY, A.; BANERJEE, H. D. Studies on physical and thermal properties of rice husk related to its industrial application. **Journal of Materials Science**, v. 21, p. 2129-2132, 1986.
- PAIVA, A.; PEREIRA, S.; SÁ, A.; CRUZ, D.; VARUM, H.; PINTO, J. A contribution to the thermal insulation performance characterization of corn. **Energy and Buildings**, n. 45, p. 274-279, 2012.
- PINTO, J.; PEREIRA, H.; VILELA, P.; JACINTO, C.; VIEIRA, J.; PAIVA, A.; PEREIRA, S.; FERREIRA, J.; CUNHA, V. M. C. F.; VARUM, H. Camada de regularização com agregado de granulado de caroço da espiga de milho. In: 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS, 4, 2012, Coimbra. **Anais ...** Coimbra: APFAC, 2012.
- ROSA, L. C.; SANTOR, C. G.; LOVATO, A.; ROSA, C. S.; GÜTHS, S. 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, 2015.
- ROUT, A. K.; SATAPATHY, A. Computational and experimental investigation on thermal insulation capabilities of rice husk filled epoxy composites. **Computational Thermal Sciences**, v. 4, n. 2, p. 107-114, 2012.