

Compósitos laminados de gesso com reforço de polpa celulósica e manta de juta

Plaster composites laminated reinforced with cellulosic pulp and jute blanket

Ana Carolina Corrêa Furtini ^{1*}, Carolina Aparecida dos Santos ¹, Hellen Mara Alves Chaves Rodrigues ¹, Bruna Resende Fagundes Pereira ¹, Thalita Paula dos Santos ¹, Lourival Marin Mendes¹, José Benedito Guimarães Júnior¹

RESUMO

O objetivo deste estudo foi produzir compósitos laminados com matriz de gesso, faces de manta de juta com a incorporação dos teores de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% de polpa celulósica ao miolo. A incorporação da polpa celulósica e da manta de juta visa substituir parcialmente o gesso por fibras vegetais que são de caráter não tóxico. Os compósitos foram avaliados por meio de testes físicos e mecânicos. Diante os resultados, a umidade do compósito aumentou com o acréscimo do teor de polpa celulósica adicionado. Para a absorção de água (AA) os compósitos com adição de 5% de polpa apresentaram o menor teor. Enquanto o teste de inchamento de espessura (IE), o tratamento de 7,5% apresentou menor inchamento. Em relação ao MOR, todos os tratamentos obtiveram o mínimo exigido por norma. E os demais tratamentos como flexão e compressão não houve diferença estatística. Isso implica em uma oportunidade promissora para a fabricação e comercialização de placas com gesso com polpa celulósica e manta de juta para diversos produtos, como forros, revestimentos, blocos etc., além de reduzir a utilização de gesso, potencializa o uso dos resíduos gerados pela agroindústria brasileira.

Palavras-chave: Compósito de gesso; Fibras vegetais; Propriedades físicas; Propriedades mecânicas.

ABSTRACT

The objective of this study was to produce laminated composites with plaster matrix, faces of jute mat with the incorporation of 0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10% of cellulosic pulp contents. The incorporation of cellulosic pulp and jute blanket aims to partially replace the plaster with vegetable fibers that are non-toxic. The composites were evaluated through physical and mechanical tests. In view of the results, the moisture of the composite increased with the addition of the cellulosic pulp content added. For water absorption (AA) the composites with the addition of 5% of pulp had the lowest content. While the thickness swelling test (IE), the 7.5% treatment showed less swelling. In relation to MOR, all treatments obtained the minimum required by norm. And the other treatments such as flexion and compression there was no statistical difference. This implies a promising opportunity for the manufacture and commercialization of plasterboards with cellulosic pulp and jute blanket for various products, such as ceilings, coatings, blocks etc., in addition to reducing the use of plaster, it enhances the use of waste generated Brazilian agribusiness.

Keywords: Plaster composite; Vegetable fibers; Physical properties; Mechanical properties.

¹ Universidade Federal de Lavras
*carol.furtini@gmail.com

INTRODUÇÃO

O gesso também conhecido como gipsita, é um dos materiais de construção mais antigos, amplamente utilizado até hoje. Este material é encontrado em abundância na natureza, por ser uma rocha sedimentar formada pela precipitação de sulfatos de cálcio presentes em águas marinhas sob processo de evaporação (OLIVEIRA, 2009; OLIVEIRA, 2012). O interesse do uso deste material pela área de construção civil se deve às suas propriedades como excelente desempenho térmico, acústico e boa resistência ao fogo (OLIVEIRA et al., 2012).

O conforto térmico está diretamente relacionado à saúde e bem-estar, pois é responsável por causar um impacto benéfico quando a umidade relativa e temperatura no interior do ambiente estão adequadas. Além disso, está totalmente relacionado à redução do consumo de energia, e conseqüente economia com estes gastos, uma vez que o uso de materiais de controle térmico, como o gesso, em construções, gera a redução do uso de equipamentos de aquecimento, refrigeração e controle de umidade (JIANG et al., 2019).

O desempenho acústico é uma propriedade desejada, principalmente, em ambientes e espaço de trabalho e aprendizagem. Nesses espaços fechados, onde ocorrem trocas de informações orais intensivas, a aplicação de materiais que possibilitem isolar essas trocas verbais de uma sala para outra é de extrema necessidade para garantir maior produtividade e conforto para as pessoas que estão no ambiente (GRAMEZ e BOUBENIDER, 2017).

Nos últimos anos, pesquisas relacionadas à utilização do gesso como matrizes cerâmicas na produção de compósitos vêm sendo realizadas. Estas pesquisas utilizam uma variedade de materiais de reforço, como fibras de vidro, fibras de sisal, partículas de madeira, polpa de celulose, cortiça, resíduos industriais, entre outros (OLIVEIRA et al., 2012). O estudo com reforços de fibras vegetais em matrizes de gesso apresentam maiores vantagens, uma vez que essas fibras possuem baixo custo, baixa massa específica, são recicláveis, não tóxicas, biodegradáveis, proveniente de recursos de origem renovável e possuem baixo consumo de energia durante sua produção (LEVY NETO e PARDINI 2006; ARAUJO et al., 2016; ADHIKARI et al., 2011; HOSSAIN e ABDULLA , 2015; ISLAM e AHMED, 2018).

A juta é a segunda fibra têxtil mais produzida no mundo, ficando atrás apenas do algodão. As fibras de juta são compostas, principalmente, por celulose e lignina e

possuem muitas propriedades atrativas ao seu uso em materiais compósitos de uso na construção civil, como alta resistência à tração, resistência ao fogo moderado, biodegradabilidade, entre outras vantagens pertencentes às fibras vegetais, no geral (ISLAM e AHMED, 2018).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de polpa celulósica de todos os tipos, atrás somente dos Estados Unidos (CUNICIO et al., 2021). Sua aplicação em compósitos é de grande interesse, pois além de sua grande produção, a polpação de fibras vegetais possibilita a remoção de impurezas não celulósicas, como a hemicelulose e lignina, reduzindo o ataque às fibras. Além disso, o processo de polpação é capaz de remover toda lignina da fibra vegetal, melhorando o desempenho dos compósitos em que há inclusão da mesma (ANJOS, 2003; SMOOK, 1989).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do compósito laminado, foi utilizado gesso como matriz, polpa celulósica e fibras de juta (*Corchorus capsularis*) na forma de manta como reforço do compósito. O gesso e a polpa celulósica foram fornecidos pela Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM) e a manta de juta foi fornecida pela agência Inova Café, ambas localizadas na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG.

A polpa celulósica não passou por nenhum tipo de tratamento químico ou físico, foi apenas deixada de molho por 24 horas em uma bandeja contendo água, sendo fragmentada em seguida em pequenos pedaços e seca em estufa a 50°C por 12 horas (Figura 1a). Posteriormente, foi misturada ao gesso e a água para fabricação do miolo do compósito (Figura 1b).

Figura 1 – Polpa celulósica (a) e mistura de gesso, polpa celulósica e água (b).



Fonte: Autores (2022)

Para cada composição, dos compósitos laminados, foram moldados três corpos-de-prova na forma de placas retangulares de dimensões 15x15x1,5 cm (Figura 2), de acordo com a NBR 14715, 2010, sendo o miolo formado por gesso, com substituição parcial de polpa celulósica nas concentrações de 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10% e as faces compostas por fibras de juta com orientação bidimensional provenientes de embalagens de café, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1– Composições dos compósitos fabricados.

TRATAMENTO	MIOLO	FACES
T1	Gesso	Juta
T2	Gesso com 2,5% de polpa celulósica	Juta
T3	Gesso com 5% de polpa celulósica	Juta
T4	Gesso com 7,5% de polpa celulósica	Juta
T5	Gesso com 10% de polpa celulósica	Juta

Fonte: Autores (2022)

A massa unitária do gesso foi calculada conforme a NBR 12127 (ABNT, 1991) e NBR 13207 (ABNT, 1994). Já a relação água/gesso utilizada para a produção dos compósitos foi de 0,6 sendo escolhida através da observação de uma melhor maleabilidade da mistura com o acréscimo de polpa, conforme Veloso (2021). Após mistura do gesso, água e polpa celulósica, a mistura foi rapidamente depositada sobre a manta de juta nos moldes de madeira e uma segunda camada de manta de juta foi colocada sobre o gesso depositado, a fim de garantir total fixação entre camadas e miolo (Figura 2).

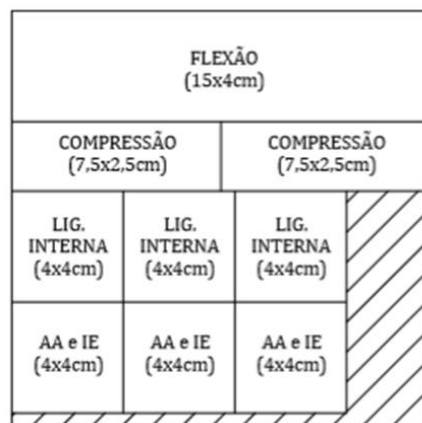
Figura 2 – Compósito laminado de gesso reforçado com polpa celulósica e manta de juta



Fonte: Autores (2022)

Após a confecção dos corpos-de-prova, os mesmos ficaram curando por 24 horas, sendo posteriormente desmoldados e mantidos em sala de climatização a uma temperatura aproximada de 20 °C e umidade relativa de 65%, até apresentarem massa constante. Posteriormente, foram cortados (Figura 3) para a determinação das propriedades físicas de densidade aparente, umidade, absorção de água, inchamento em espessura, e também, das propriedades mecânicas na flexão e compressão e desempenho acústico e térmico.

Figura 3 – Corpos-de-prova para ensaios físicos e mecânicos do compósito laminado



Fonte: Autores (2022)

Os ensaios de flexão e compressão foram executados em uma Máquina Universal de Ensaio, da marca Arotec, com aplicação de carga progressiva no centro do vão até a ruptura e velocidade de 2 mm/min, sendo o vão de 10 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados adquiridos da densidade aparente dos compósitos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Densidade aparente dos compósitos.

TRATAMENTO (%)	DENSIDADE (G/CM ³)
T1	1,00± 0,02 A
T2	1,01± 0,04 A
T3	1,00± 0,03 A
T4	0,95± 0,04 A
T5	0,95± 0,06 A

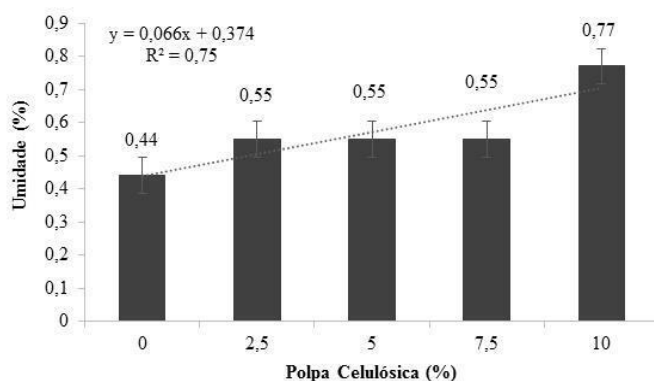
* Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de significância de 5%

Fonte: Autores (2022)

Observa-se que os valores obtidos para a densidade aparente dos compósitos não diferiram estatisticamente, indicando que a inserção da polpa celulósica não afetou essa propriedade.

Os valores médios de umidade dos compósitos estão apresentados na Figura 4. Observa-se que o 1% de polpa celulósica provocou aumento nos valores de umidade de 0,06%.

Figura 4 – Umidade dos compósitos. R² = Coeficiente de determinação.



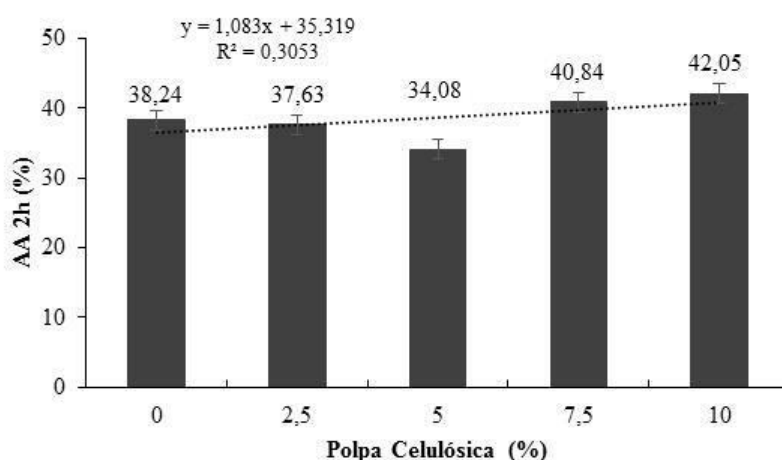
Fonte: Autores (2022)

Esse aumento ocorreu devido à natureza higroscópica da polpa celulósica. No

entanto, a umidade não aumentou mais de 2%, o que, segundo Chinta, Katikar e Jafer (2013)] pode ser considerado como controlado. Os valores encontrados estão próximos aos encontrados por Chinta, Katikar e Jafer (2013) que encontraram valores de umidade variando entre 0,48% e 1,46% para compósitos de gesso reforçados com fibras vegetais de coco, juta, algodão, lã e banana.

Na Figura 5 pode-se observar os valores médios da absorção de água dos compósitos, obtidos em função da adição de diferentes teores de massa de polpa celulósica.

Figura 5 – Absorção de água dos compósitos. R^2 = Coeficiente de determinação.

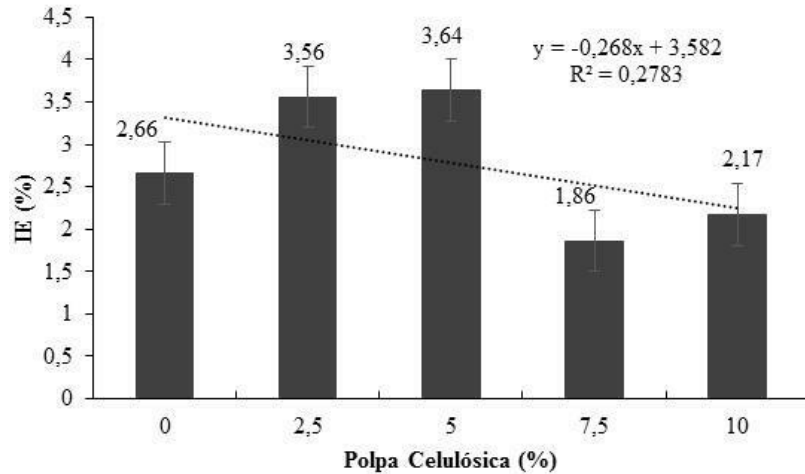


Fonte: Autores (2022)

Observa-se que a adição de 5% de polpa celulósica ocasionou a menor redução na absorção de água dos compósitos, já com adição de 7,5% e 10% houve um aumento. Esse aumento se deve provavelmente, ao aumento da porosidade dos mesmos devido à maior inserção de porcentagem do material lignocelulósico. Fato semelhante ao encontrado por Villela et al. (2018) que ao acrescentar embalagem de multicamada ao gesso ocasionou um aumento na absorção de água, variando de 31,67% à 56,37%, revelando no entanto que a face de juta não interferiu neste aspecto em relação a literatura.

Na Figura 6, pode-se observar os valores médios do inchamento em espessura dos compósitos, obtidos em função da adição de diferentes teores de massa de polpa celulósica.

Figura 6 – Inchamento em espessura dos compósitos. R^2 = Coeficiente de determinação.

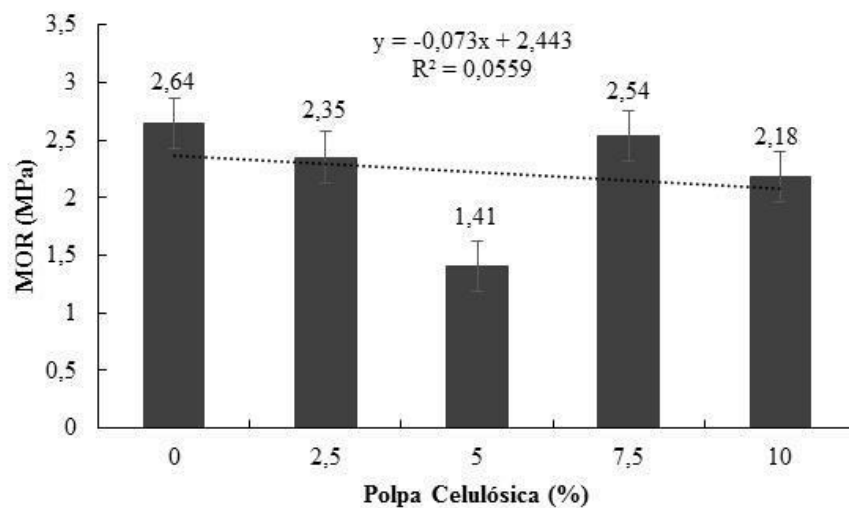


Fonte: Autores (2022)

Observa-se que o aumento da porcentagem de adição da polpa celulósica ocasionou um aumento no IE dos compósitos com 2,5% e 5% respectivamente, e ocasionou uma redução no IE dos compósitos com adição de 7,5% e 10%, não havendo, assim, uma relação linear com a adição de polpa celulósica.

Na Figura 7, estão ilustrados de forma gráfica os valores médios do módulo de ruptura (MOR), obtidos através do ensaio de resistência à flexão, para os compósitos em função da adição de diferentes teores de massa de polpa celulósica.

Figura 7 – Módulo de ruptura dos compósitos. R^2 = Coeficiente de determinação.



Fonte: Autores (2022)

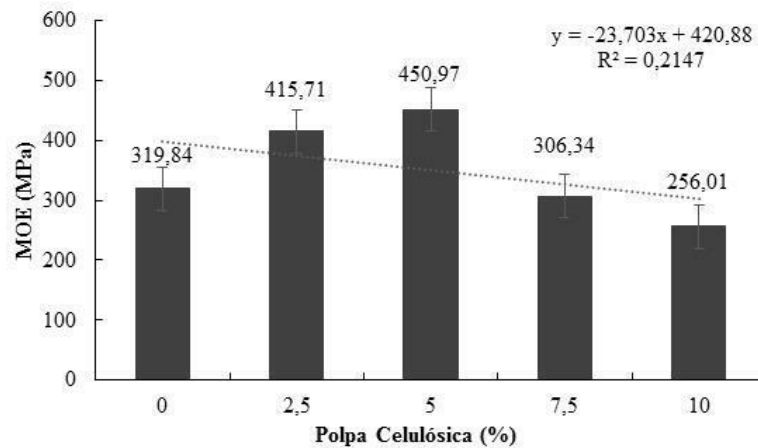
Os resultados para resistência à flexão dos compósitos mostram que o tratamento sem adição de reforços apresentou maior resistência à flexão, enquanto os

demais tratamentos houve uma diminuição. Esta redução é crescente até a adição de 5% m/m de polpa celulósica, porém há um aumento do módulo de ruptura significativo no tratamento com adição de 7,5% m/m, seguido pela redução de MOR no tratamento T5 (10% m/m). Esta diminuição, pode ter ocorrido devido à densidade da polpa celulósica por ser um material lignocelulósico. Segundo Markwardt e Wilson [27] também pode ser altamente correlatado com sua resistência mecânica. A norma EN 13279-2 preconiza valor de 1 MPa para a resistência de ruptura à flexão, sendo assim, todos os tratamentos atendem ao valor mínimo exigido pela norma .

Um estudo realizado por Oliveira (2009) mostra que o aumento do teor de adição de EVA em compósitos de gesso decorre a diminuição das propriedades mecânicas de resistência flexão, fato semelhante ao observado no presente estudo. O autor relata que a redução da resistência à flexão com o aumento do porcentual de EVA, pode ser explicada por uma aderência não muito boa entre a partícula de EVA e a matriz de gesso. Silva et al. (2014) em seu estudo de adição de fibras naturais e sintéticas à uma matriz cerâmica de gesso, encontraram resultados do módulo de ruptura variando entre 2,4 a 5,1 MPa, sendo que os tratamentos com fibras de têxtil, banana e sisal mostraram próximas ao presente estudo. Enquanto Rivero, Báez e Navarro (2014) e Nindiyasari et al. (2016) encontraram valores superiores de MOR de 5,11 MPa e 5,65 MPa, lembrando que no presente estudo as faces foram confeccionadas com jutas o qual podem ter interferido a baixa resistência à flexão.

A Figura 8 exibe os resultados, ilustrados de forma gráfica, dos valores médios do módulo de elasticidade (MOE) na flexão obtidos para os compósitos, em função da adição de diferentes teores de massa de polpa celulósica.

Figura 8 – Módulo de elasticidade dos compósitos. R^2 = Coeficiente de determinação

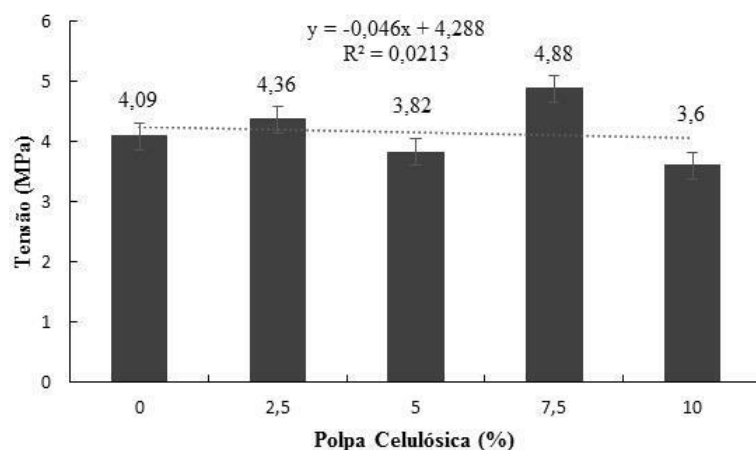


Fonte: Autores (2022)

Observa-se que não houve diferença estatística ao acrescentar polpa celulósica. Na literatura Pinto e Carvalho (2018) encontraram resultados de MOE na flexão próximos aos tratamentos T2 e T3 deste estudo ao adicionarem aproximadamente 20% de manta de sisal em compósito laminado de gesso, encontrando 471,79 e 421,61MPa para um compósito laminado de quatro camadas, sendo as faces de gesso e duas camadas de manta de sisal no miolo e compósito de seis camadas sendo de gesso nas faces, intercalando manta e gesso no miolo, respectivamente. Já Villela et al., (2020) ao aumentar o teor de porcentagem de embalagem de multicamada ao compósito de gesso, levou à diminuição do módulo de elasticidade dos compósitos, os autores justificam que pode ter ocorrido devido as embalagens multicamadas apresentarem baixo módulo de elasticidade, o que contribui para trabalharem no estágio pós-fissurado com grande absorção de energia e resistência à esforços dinâmicos.

A Figura 9 exibe os resultados, ilustrados de forma gráfica, dos valores médios da resistência na força máxima à compressão obtida para os compósitos, em função da adição de diferentes teores de massa de polpa celulósica.

Figura 9 – Tensões de compressão dos compósitos. R^2 = Coeficiente de determinação.



Fonte: Autores (2022)

De acordo com os resultados ilustrados na Figura 9 observa-se que não houve variação significativa em nenhuma porcentagem de inserção da polpa celulósica à matriz de gesso, ou seja, a tensão na força máxima não obteve influência. A norma EN 13279-2 (2014), define como valor mínimo de resistência à compressão 2 MPa, logo todos os tratamentos se enquadrariam nesta norma.

Oliveira et al. (2012), em seu trabalho de compósitos à base de gesso com resíduos de EVA e vermiculita, com percentual de adição de 0%, 5%, 10%, 20% e 25%, observou que a inserção de porcentagens dos resíduos, não teve influência positiva nem negativa, enquanto a relação água/gesso interferiu bem mais na tensão de compressão dos compósitos.

CONCLUSÕES

Para os ensaios físicos, a densidade aparente dos compósitos não diferiu estatisticamente, indicando que a inserção da polpa celulósica não afetou essa propriedade, já para a umidade o acréscimo de 1% de polpa celulósica, provocou aumento nos valores de umidade de 0,06. Os resultados de AA para os compósitos com adição de 5% de polpa celulósica apresentaram menor absorção, do que os demais tratamentos. Enquanto o teste de IE, o tratamento de 7,5% apresentou menor inchamento. Em relação ao MOR, todos os tratamentos obtiveram o mínimo exigido por norma. E os demais tratamentos como flexão e compressão não houve diferença estatística ao acrescentar polpa celulósica. Isso implica em uma oportunidade promissora para a fabricação e comercialização de placas com gesso com polpa

celulósica e manta de juta para diversos produtos, como forros, revestimentos, blocos, molduras, faixas, placas decorativas e florões, dentre outros que, além de reduzir a utilização de gesso, potencializa o uso dos resíduos gerados pela agroindústria brasileira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Lavras - UFLA, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior - CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, que colaboraram para a realização deste estudo

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI B., MAJUMDER, B.S., SEM R., et al., **Development of jute fiber reinforced cement concrete composites**. Technical Project, Project No: JMDC/JTM/MM-IV/7.1/2008, 2011, Materials Science Centre, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India.
- ANJOS, M. A. S., GHAVAMI, K., BARBOSA, N.P., “Compósitos à base de cimento reforçado com polpa celulósica de bambu. Parte II: Uso de resíduos cerâmicos na matriz”, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, pp. 346-349, Ago. 2003.
- ARAUJO, S. K. C., OLIVEIRA, D.R., SILVA, T.J., et al., “Desempenho acústico de painéis de gesso incorporados com fibras de celulose”, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n.1, pp. 450-455, Fev. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127**, Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas do pó, Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207**. Gesso para construção civil – Requisitos, Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715**, Chapas de gesso para drywall – Parte 1: Requisitos, Rio de Janeiro, 2021.
- CHINTA, S. K., KATKAR, P. M., JAFER, M. M., “Natural fibres reinforced plaster composites”, **International Journal of Engineering and Management Sciences**, v. 4, n. 3, pp. 318-325, 2013.
- CUNICO, N, R., OLÍMPIO, A.C.S., QUEIROZ, G.T., et al., “Fibras vegetais para produção de polpa celulósica”, **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.11, pp. 101930-101941, Nov. 2021.
- EUROPEAN COMMITTEE OF STANDARDIZATION, CEN, **EN 13279-1**, Gypsum binders and gypsum plasters. Part 1: Definitions and requirements, Bruxelas, 2008.

EUROPEAN COMITTE OF STANDARDIZATION, CEN, **EN 13279-2**, Gypsum binders and gypsum plasters; Part 2: Test methods, Bruxelles, 2014.

GRAMEZ, A., BOUBENIDER, F., “Acoustic comfort evaluation for a conference room: A case study”, **Applied Acoustics**, v. 118, pp. 39-49, Mar.2017.

HOSSAIN, M.M., ABDULLA, F., “Jute production in Bangladesh: A time series analysis”, **Journal of Mathematics and Statistic**, v. 11, n. 3, pp. 93-98, Nov. 2015.

ISLAM, M. S., AHMED, S. J., “Influence of jute fiber on concrete properties”, **Construction and Building Materials**, v. 189, n. 20, pp. 768-776, Nov. 2018.

JIANG, J., ZHONGYUAN, L., LI, J., et al., “Preparation and hardened properties of lightweight plaster based on pre-swelled bentonite”, **Construction and Building Materials**, v. 215, n.10, pp. 360-370, Ago. 2019.

LEVY NETO, F. PARDINI, L. C., **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**, 1 ed, São Paulo, Edgard Blücher, 2006.

MARWARDT, L. J., WILSON, T. R. C., **Strength and related properties of woods grown in the United States**, Government Printing Office, Washington, 1935.

NINDIYASARI, F., ERIKA, G., ZIMMERMANN, T., “Characterization and mechanical properties investigation of the cellulose/plaster composite”, **Journal of Composite Materials**, v. 50, n. 5, pp. 657-672, Mai. 2016.

OLIVEIRA, M. P. “**Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (Etileno Acetato de Vinila) e Vermiculita: Otimização de misturas e propriedades termomecânicas**”, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, UFP, João Pessoa, PR, Brasil, 2009.

OLIVEIRA, M. P., BARBOSA, N.P., TORRES, S.M., et al., “Compósitos à base de gesso com resíduos de EVA e vermiculita”, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, pp. 684-689, Jun. 2012.

PINTO, C. C., CARVALHO, R. F., “Estudo das propriedades de flexão em compósitos de matriz de gesso e manta de sisal”, **In: XXIII CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, Nov. 2018.

RIVERO, A. J., GUZMÁN BÁEZ, A. de, NAVARRO, J. G., “New composite plaster plaster-ground waste rubber coming from pipefoam insulation”, **Construction and Building Materials**, v. 55, pp. 146-152, Mar. 2014.

SILVA, L., CAMÕES, A., VASCONCELOS, G., “**Material compósito à base de gesso reforçado com fibras: caracterização mecânica**”, Engenharia Civil, n.49, p. 5-14, Mai. 2014.

SMOOK, G. A. Overview of the pulp and paper industry from a chemical industry perspective. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 45, n. 1, pp. 15-27, Aug. 1989

VELOSO, M. C. R. D. A., VILLELA, L. S., MESQUITA JÚNIOR, L., et al., “Produção e caracterização de compósitos à base de gesso reforçado com partículas de resíduo da agroindústria do cacau”, **Revista Matéria**, v.26, n.1, pp. 1-16, Set. 2021.

VILLELA, L. S., CASTRO, E. D. D., MESQUITA JÚNIOR, L., et al., “Desempenho físico-mecânico de compósitos à base de gesso reforçados com embalagens multicamadas trituradas”, **Revista Matéria**, v.25, n.3, pp. 1-11, Jan. 2020.

Recebido em: 10/07/2022

Aprovado em: 12/08/2022

Publicado em: 17/08/2022