

COMPÓSITOS À BASE DE GESSO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum*)

CARLOS EDUARDO ALVES OLIVEIRA¹, MARIA DA CONCEIÇÃO TRINDADE BEZERRA E OLIVEIRA², VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA³, JOFRAN LUIZ DE OLIVEIRA⁴, FLÁVIO ALVES DAMASCENO⁵

¹ Graduando em Eng. Agrícola, DEG/UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, carlos.oliveira@engagricola.ufla.br

² Eng. Agrícola, Prof.^a MSc., ICAT/UFMT/Rondonópolis-MT, (66) 3410.4063, conceicao.ufmt@gmail.com

³ Graduando em Eng. Agrícola, DEG/ UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, oliveiracrespovictor@gmail.com

⁴ Eng. Agrícola, Prof.^a MSc., ICAT/UFMT/Rondonópolis-MT, (66) 3410.4063, jofranluz@gmail.com

⁵ Eng. Agrícola, Prof. DSc., DEG/UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, flavio.damasceno@deg.ufla.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Nos últimos anos, a crescente demanda por combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis elevou significativamente a área cultivada de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), matéria-prima para a produção de etanol, combustível com grande utilização na frota automotiva brasileira. Por outro lado, elevou também a quantidade de rejeitos produzidos a partir da produção do biocombustível, como o bagaço da cana-de-açúcar. Como forma de utilizar esses resíduos e desenvolver novas tecnologias voltadas à área de construção, objetivou-se com este trabalho avaliar as características físico-mecânicas de compósitos de gesso com a incorporação de bagaço de cana-de-açúcar, visando a sua utilização em pequenas obras rurais e peças artesanais. Para determinar a influência da proporção de resíduo adicionada e da relação água/gesso nas propriedades da matriz de gesso, foram confeccionados compósitos de gesso com adição de diferentes teores do bagaço de cana-de-açúcar triturado (0,0%; 1,5%; 3,0%; 4,5% e 6,0%), combinados a cinco fatores água/gesso (0,65; 0,70; 0,75; 0,80 e 0,85). A análise dos resultados possibilitou verificar que o aumento no teor de resíduo adicionado influencia negativamente na tensão normal à compressão dos compósitos, ao passo que também interfere na massa específica aparente dos compósitos.

PALAVRAS-CHAVE: reutilização de resíduos, materiais alternativos, caracterização físico-mecânica

GYPSUM-BASED COMPOSITES WITH ADDITION OF WASTE BAGASSE OF SUGARCANE (*Saccharum Officinarum*)

ABSTRACT: In recent years, the increasing demand for fuel produced from renewable sources increased significantly the acreage of sugarcane (*Saccharum officinarum*), raw material for the production of ethanol fuel, with high use in Brazilian automotive fleet. On the other hand, raised also the amount of waste produced from biofuel production, such as sugarcane residue. In order to use these wastes and develop new technologies aimed at construction area. It aims with this work to evaluate the physical-mechanical properties of composite cast with the incorporation of residue of bagasse-sugar, with a view to use it in small rural works and handcrafted. To determine the influence of the ratio of added residue and water/plaster ratio on the properties of gypsum, were made gypsum-based composites with adding different contents of bagasse of sugarcane milled (0,0%; 1,5%; 3,0%; 4,5%; and 6,0%), combined with five factors water/plaster (0,65; 0,70; 0,75; 0,80; and 0,85). The

analysis of the results made it possible to note that the increase in content added negatively influence on normal tension to compression of composites, which also interferes with the apparent density of composites.

KEYWORDS: reuse of waste, alternative materials, physical and mechanical properties

INTRODUÇÃO: Conforme Battistelle et al. (2008), uma das mais importantes questões a serem discutidas nos âmbitos ambiental e social é a quantidade de rejeitos produzidos nos processos industriais e a sua inadequada disposição. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2016), o Brasil produziu na safra 2015/2016 cerca de 665,6 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, com uma perspectiva de chegar a 691 milhões de toneladas na safra 2016/2017. De acordo com Paula et al. (2009), durante a extração do caldo da cana-de-açúcar são geradas grandes quantidades de bagaço, correspondendo a cerca de 30% da cana moída. As informações com relação a utilização do bagaço de cana-de-açúcar para os mais diversos fins ainda são escassas, não obstante que seja expressiva a quantidade deste produzida no país. Uma das possíveis aplicações que vem ganhando destaque nos últimos anos é o reaproveitamento desses resíduos na área de construção civil, sendo esta vantajosa principalmente pela destinação dos resíduos e pela substituição de outras matérias-primas não renováveis, que tornam-se escassas. Ante o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o reaproveitamento do resíduo de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de compósitos de gesso, buscando a obtenção de matrizes que mantenham ou agreguem as suas características físico-mecânicas, e almejar a sua utilização em pequenas construções como forma de minimizar custos de obras e reduzir o descarte de resíduos.

MATERIAL E MÉTODOS: O bagaço de cana-de-açúcar foi coletado em um ponto comercial do ramo alimentício, localizado no centro de Rondonópolis-MT. Após realizada a coleta, foram realizados processos de preparo dos resíduos. Inicialmente, os mesmos permaneceram imersos em água por 32 horas, com trocas de água a cada 8 horas, visando a retirada de resíduos de açúcar ainda presentes no bagaço. Na sequência, o resíduo foi colocado em estufa com livre circulação de ar e temperatura de 80°C, onde permaneceu por 24 horas, de acordo com metodologia utilizada por Ferreira & Oliveira (2007). Consequente, o bagaço de cana-de-açúcar foi triturado utilizando um moinho de rotor com facas móveis e fixas, com peneira nº 4 (abertura de malha de 4,76 mm). Por fim, o material triturado foi submetido a processo de peneiramento, utilizando peneira nº 10 (abertura de malha de 2,00 mm), sendo o material passante utilizado para a confecção das matrizes (ABNT, 1991).

Para a confecção das matrizes de gesso, foram preparados moldes com dimensões de altura e diâmetro iguais a 100 mm e 50 mm, respectivamente, conforme a NBR 12129 (ABNT, 1991). Na etapa inicial da confecção, foram realizados testes preliminares, buscando determinar os limites mínimo e máximo de adição do resíduo, bem como relações água/gesso com melhor trabalhabilidade. Com base nos resultados de tais testes, optou-se pela utilização de um esquema em arranjo fatorial, com dois fatores: teor de adição do resíduo de bagaço de cana-de-açúcar, com cinco níveis (0,0%, 1,5%, 3,0%, 4,5% e 6,0%) e fator água/gesso, igualmente com cinco níveis (0,65, 0,70, 0,75, 0,80 e 0,85). Para cada tratamento foram confeccionadas séries com cinco corpos de prova, permanecendo estes acondicionados nos moldes por cerca de 30 minutos, conforme especificação de cura do gesso. Após desmolde, as amostras permaneceram dispostas em bancadas a temperatura ambiente, por aproximadamente sete dias. Para conclusão do processo de secagem, as mesmas foram levadas à estufa com temperatura de 40±5°C, permanecendo até atingida massa constante, conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2012). Por fim, as amostras tiveram suas faces inferior e posterior lixadas, afim de deixá-las regulares e aptas à realização dos ensaios.

A massa específica aparente dos compósitos foi obtida pelo método gravimétrico. As

amostras tiveram suas massas e dimensões tomadas utilizando uma balança eletrônica (precisão de 0,01 g) e um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm), respectivamente. A resistência à compressão dos compósitos foi determinada conforme as NBR's 12129 (ABNT, 1991) e 7215 (ABNT, 1996). Os ensaios foram executados no Laboratório de Materiais e Eletrotécnica, utilizando a Máquina de Ensaio Universal *WDW 100-E III*. A partir dos dados de carga máxima suportada e área de aplicação da carga, calculou-se a resistência à compressão para os tratamentos estudados. Os resultados foram analisados através da análise de variância, aplicando-se em seguida o teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software *SisVar 5.5 Build 82* (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de resistência à compressão (MPa), para os tratamentos analisados.

Tabela 1: Valores médios de resistência à compressão dos corpos de prova com adição de bagaço de cana-de-açúcar (\pm desvio-padrão), em MPa.

Fator A/G	Resistência à compressão (MPa)									
	Teor de adição de resíduo do bagaço de cana-de-açúcar (%)									
	0,0		1,5		3,0		4,5		6,0	
0,65	9,40 \pm 1,24	Aa	9,18 \pm 1,01	Aa	9,80 \pm 0,87	Aa	9,36 \pm 0,64	Aa	9,17 \pm 0,63	Aa
0,70	8,96 \pm 0,41	Aa	8,71 \pm 1,33	Aa	7,79 \pm 0,37	Ab	8,29 \pm 0,29	Aab	8,04 \pm 0,32	Aab
0,75	8,23 \pm 1,55	Aa	7,37 \pm 0,65	Ab	7,47 \pm 0,61	Ab	7,24 \pm 0,42	Ab	7,25 \pm 0,51	Ab
0,80	6,27 \pm 1,14	Ab	6,68 \pm 0,59	Ab	6,72 \pm 0,29	Ab	5,88 \pm 0,49	Ac	5,89 \pm 0,29	Ac
0,85	6,26 \pm 0,51	Ab	5,37 \pm 0,46	Ac	5,35 \pm 0,45	Ac	5,25 \pm 0,24	Ac	5,15 \pm 0,18	Ac

Fator A/G – Fator água/gesso. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas em linha e minúsculas em coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 9,68%.

Os resultados encontrados para a resistência à compressão dos compósitos foram verificados tomando como base a NBR 12129 (ABNT, 1991), que estabelece 8,40 MPa de resistência à compressão para o gesso destinado à construção civil. Conforme pode-se verificar na Tabela 1, o aumento tanto da proporção de adição do resíduo quanto da relação água/gesso ocasionaram redução na resistência à compressão dos compósitos. Tal redução possivelmente foi ocasionada pela não aderência satisfatória entre as partícula de gesso e as partículas do resíduo. Verifica-se que para os compósitos confeccionados com relações água/gesso iguais ou superiores a 0,70, agrupadas às proporções de adição do resíduo de 3,0%, 4,5% e 6,0 apresentaram valores médios de tensão normal à compressão inferiores aos estabelecidos pela norma supracitada.

Conforme Bernhoeft et al. (2011), a relação água/gesso e a presença de elementos alheios ao gesso são fatores com maior influência nas reações de hidratação do mesmo. O primeiro retarda a formação de cristais de di-hidrato, enquanto o segundo acelera o tempo de pega. O aumento da relação água/gesso ocasiona a redução da resistência, por retardar a formação de cristais de gesso. Conforme Oliveira et al. (2012), a redução na resistência à compressão em compósitos de gesso pode ser ocasionada pelo aumento dos percentuais de adição do resíduo, assim como pela relação água/gesso. Neste trabalho, em virtude da granulometria do resíduo de bagaço de cana-de-açúcar adicionado ser próxima a das partículas de gesso, o fator predominante para redução da resistência à compressão foi a relação água/gesso.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de massa específica aparente (Kg.m^{-3}), para os tratamentos analisados. De acordo com a mesma, a massa específica aparente dos compósitos foi influenciada tanto pela proporção de adição do resíduo quanto pelo fator água/gesso. Para todos as relações água/gesso, com exceção do fator 0,85, porcentagens de adição de resíduo superiores a 3,0% apresentaram diferença significativa em relação a testemunha, bem como houve diferença significativa para todas as proporções de adição do resíduo, variando-se a relação água/gesso.

Tabela 2: Valores médios de massa específica aparente dos corpos de prova com adição de bagaço de cana-de-açúcar (\pm desvio-padrão), em Kg.m^{-3} .

Massa Específica Aparente (Kg.m^{-3})										
Fator A/G	Teor de adição de resíduo do bagaço de cana-de-açúcar (%)									
	0,0	1,5	3,0	4,5	6,0					
0,65	1373,7 \pm 25,6	Aa	1328,9 \pm 11,4	Ba	1295,7 \pm 14,5	BCa	1292,4 \pm 16,6	Ca	1272,3 \pm 22,8	Ca
0,70	1279,0 \pm 30,6	Ab	1273,6 \pm 21,7	Ab	1252,7 \pm 27,6	ABb	1247,1 \pm 19,7	Bb	1235,1 \pm 13,8	Bb
0,75	1232,4 \pm 15,8	Ac	1226,3 \pm 16,1	Ac	1190,9 \pm 33,7	Bc	1189,2 \pm 04,9	Bc	1184,7 \pm 18,4	Bc
0,80	1169,5 \pm 16,1	Ad	1177,6 \pm 11,7	ABd	1155,0 \pm 14,9	BCd	1143,2 \pm 13,4	BCd	1131,1 \pm 23,3	Cd
0,85	1107,8 \pm 21,1	Ae	1111,1 \pm 11,0	Ae	1111,2 \pm 26,4	Ae	1107,0 \pm 13,2	Ae	1094,9 \pm 13,4	Ae

Fator A/G – Fator água/gesso. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas em linha e minúsculas em coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 1,62%.

De acordo com Oliveira et al. (2012), a massa específica aparente é mais influenciado pelo aumento do fator água/gesso. Neste trabalho, pode-se verificar tal fato, uma vez que observou-se a redução da massa específica aparente com o aumento da relação água/gesso.

CONCLUSÕES: Os resultados apresentados possibilitam concluir que todos os percentuais de adição do resíduo de bagaço de cana-de-açúcar podem ser utilizados, quando agrupados a baixas relações água/gesso. Os melhores resultados foram encontrados para o tratamento com adição de 1,5% do resíduo e relação água/gesso de 0,70, apresentando resistência à compressão superior ao requerido, bem como massa específica aparente inferior aos tratamentos com fatores água/gesso inferiores a 0,70, evidenciando o potencial de utilização de tais resíduos no setor de construção civil.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à CAPES, CNPq, UFMT e FAPEMIG pelo suporte financeiro ao projeto, bem como a SESu/MEC pela bolsa PET.

REFERÊNCIAS:

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**, Rio de Janeiro, 1996, 8p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12129: Gesso para construção - Determinação das propriedades mecânicas**, Rio de Janeiro, 1991.
- BATTISTELLE, R. A. G., et. al. **Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (Saccharum officinarum) e das folhas caulinares do bambu da espécie Dendrocalamus giganteus na produção de chapas de partículas**. Revista Minerva, v. 5, n. 3, p. 297-305, 2008.
- BERNHOFET, L. F., GUSMÃO, A. D., TAVARES, Y. V. P. **Influência da adição de resíduo de gesso no calor de hidratação da argamassa de revestimento interno**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 189-199, 2011.
- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, v. 2, n. 4, 76 p., 2016.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, R. C., OLIVEIRA, M. F. **Incorporação de resíduos vegetais e seus efeitos sobre as características físico-mecânicas de misturas de solo-cimento para fins de construção rural**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 37, n. 4, 204–213, 2007.
- OLIVEIRA, M. P., 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.
- PAULA, M. O., et al. **Potencial da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial do cimento Portland**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, p. 353-357, 2009.