



## IV WORKSHOP DE TECNOLOGIAS LIMPAS (WTL – 2021)

### EFEITOS DA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR (CBCA) DA CACHAÇA ARTESANAL SOBRE AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

MOURÃO, A.B.<sup>1</sup>, DE PAULA, J.N.<sup>1</sup> e BEZERRA, A.C.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)  
E-mail para contato do autor apresentador: andrebmourao@hotmail.com

#### RESUMO EXPANDIDO

A indústria do cimento corresponde a 7% das emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> globais devido, principalmente, ao grande consumo de energia e volume de emissões decorrido da produção do clínquer, principal constituinte do cimento Portland (SNIC, 2019; FAIRBAIRN *et al.*, 2010). Materiais cimentícios suplementares (MCS) são alternativas para redução desses impactos, pois melhoram propriedades de argamassas e concretos, bem como substituem parcialmente o cimento, reduzindo assim o consumo de clínquer (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018). A cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) é uma opção de MCS, pois é um material rico em sílica amorfa, o que pode melhorar algumas propriedades de materiais cimentícios (PAYÁ *et al.*, 2002; BEZERRA *et al.*, 2017; CORDEIRO *et al.*, 2017). A reutilização da CBCA como MCS consiste em dois ganhos ambientais: a redução da pegada de carbono da indústria cimenteira, devido à redução do consumo do clínquer, e o reaproveitamento de um resíduo da atividade sucroalcooleira.

O presente estudo avaliou os efeitos da substituição parcial do cimento pela CBCA nas propriedades mecânicas e físicas das argamassas. As cinzas foram coletadas na Decisão, fabricante de cachaça artesanal, localizada em Sabinópolis, Minas Gerais. Usou-se duas amostras: CBCA-M, moída, e CBCA-MR, moída e requeimada a 600°C. A caracterização das amostras se deu pelos ensaios de composição de óxidos, perda ao fogo e distribuição granulométrica. A atividade pozolânica das cinzas foi determinada por meio dos métodos de condutividade (Luxán *et al.*, 1989) e Índice de Atividade Pozolânica (IAP), conforme NBR 5752 (ABNT, 2014). Foram produzidas argamassas com 0% (referência), 10% e 20% de substituição, em volume, do cimento CP V ARI por CBCA-M e CBCA-MR para os ensaios de compressão (7, 28, 91 dias), tração (28 dias) e índice de absorção (91 dias).

A composição de óxidos evidenciou que as cinzas apresentaram, predominantemente, SiO<sub>2</sub> sendo que a CBCA-M e a CBCA-MR obtiveram, respectivamente, 36,43% e 39,81%. As amostras registraram altos teores de K<sub>2</sub>O (27,11% para CBCA-M e 25,87% para CBCA-MR), fato que merece atenção com relação ao estudo das reações álcali-agregados (RAAs). A requeima a 600°C contribuiu para a eliminação de uma parcela significativa da matéria orgânica, pois a perda ao fogo registrada pela CBCA-MR foi 43,02% inferior à perda ao fogo obtida por CBCA-M. O cimento CP V ARI apresentou diâmetro médio de 14,28µm, a CBCA-MR obteve um valor 83,05% superior ao cimento

(26,14 $\mu$ m) e a CBCA-M apresentou um valor 138,72% superior em relação ao cimento (34,09 $\mu$ m).

O ensaio de condutividade e o IAP indicaram que ambas as cinzas são não materiais não pozolânicos, entretanto, o método IAP evidenciou que a requeima contribuiu para o aumento da pozolanicidade da CBCA, uma vez que a CBCA-MR obteve IAP 12,88% superior à CBCA-M.

Os resultados das argamassas foram classificados da seguinte maneira: referência (REF), amostras com 10% e 20% de CBCA-M (CM 10 e CM 20), argamassas com 10% e 20% de CBCA-MR (CMR 10 e CMR 20). Para os resultados de índice de absorção por imersão, foi observado que o aumento do percentual de CBCA elevou o índice de absorção das amostras, pois REF obteve índice de absorção de 5,61%, ao tempo que CM 10, CM 20, CMR 10 e CMR 20 apresentaram índices de 6,42%, 7,44%, 7,14% e 7,54%, respectivamente. Paula *et al* (2009) verificaram que a adição de CBCA moída e requeimada contribuiu para a elevação do índice de absorção das argamassas e, assim como no presente estudo, as cinzas continham maior diâmetro médio do que o cimento utilizado. Este fato indica que a incorporação de CBCA com granulometria mais grossa do que o cimento tende a produzir argamassas com maior porosidade aberta à água.

A Figura 1 e a Figura 2 exibem as médias dos resultados mecânicos (MPa).

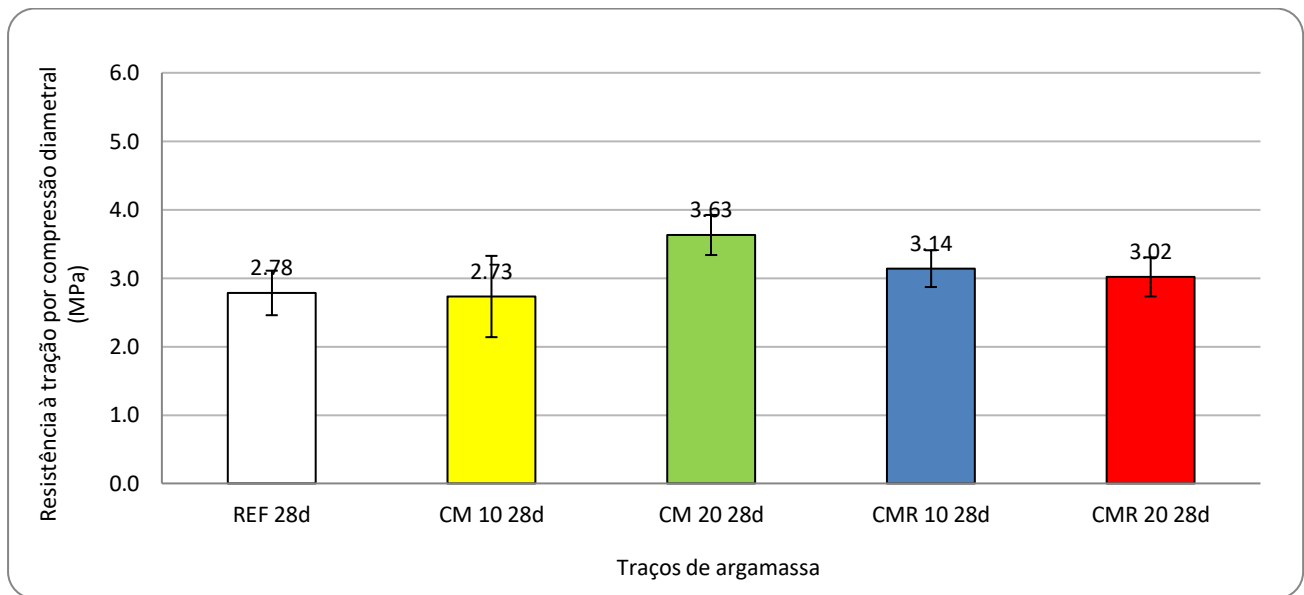


Figura 1 – Resultados das argamassas para ensaio de tração por compressão diametral

A Figura 1 evidencia que as argamassas CM-20, CMR 10 e CMR 20 obtiveram, respectivamente, resistência à tração por compressão diametral 30,42%, 12,75% e 8,42% superiores à argamassa referência. A dosagem CM 10 apresentou resistência à tração muito semelhante à referência. Os resultados indicam que introdução das cinzas foi favorável para o aumento da resistência à tração das argamassas. Resultados semelhantes foram identificados por Berenguer *et al.* (2020), que por sua vez identificaram que a introdução de até 15% de CBCA não prejudica essa propriedade mecânica das argamassas.

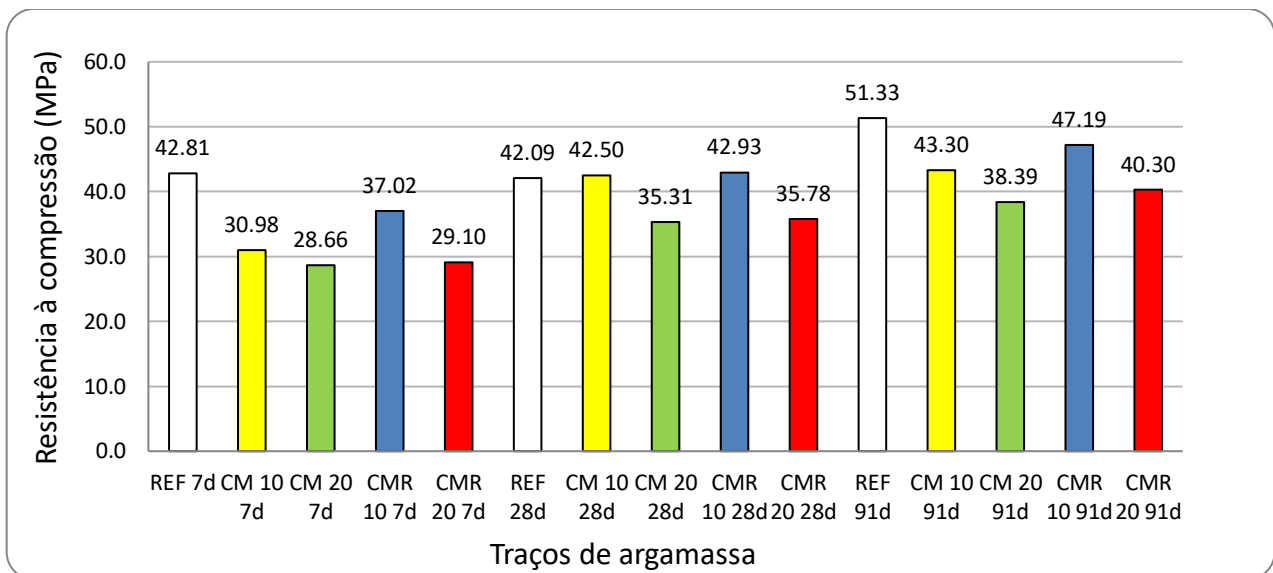


Figura 2 – Resultados das argamassas para ensaio de compressão

A partir dos resultados da Figura 2, nota-se que dentre as argamassas com adição da cinza, a dosagem com 10% de CBCA moída e requeimada (CMR 10) apresentou os melhores resultados de resistência à compressão para todas as idades. Além disso, para as idades de 28 e 91 dias, o traço CMR 10 apresentou resistência similar à argamassa de referência. Resultados semelhantes já haviam sido identificados nos estudos de Ganesan, Rajagopal e Thangavel (2007), Ribeiro e Morelli (2014) e Jagadesh *et al* (2019), nos quais argamassas com 10% de introdução de CBCA obtiveram comportamento mecânico satisfatório.

Embora a CBCA-MR tenha exibido uma distribuição granulométrica mais fina do que o a CBCA-M, essa maior finura não foi suficiente para gerar um melhor empacotamento das argamassas produzidas com CBCA-MR em relação às argamassas com CBCA-M, tendo em vista que ambas apresentaram índices de absorção semelhantes. Esta constatação indica que a melhor resistência à compressão para longas idades obtida pelas argamassas com CBCA-MR em relação às amostras com CBCA-M se deve, principalmente, ao menor teor de carbono presente na cinza requeimada, o que favoreceu o processo de hidratação do material e a ocorrência, mesmo que em pequena escala, de reações pozolânicas ao longo prazo.

Portanto, diante da perspectiva do desempenho mecânico, a pesquisa indicou que a CBCA-MR, proveniente da Cachaçaria “Decisão”, de Sabinópolis-MG, no teor de 10% (em volume) é adequada para a substituição ao cimento em argamassas. Para pesquisas futuras, sugere-se o estudo das RAAs para materiais com cinzas oriundas da produção de cachaça artesanal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade; Cinza de bagaço de cana-de-açúcar; Argamassa.

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, A. C. S. *et al*. Effect of partial replacement with thermally processed sugar cane bagasse

on the properties of mortars. *Revista Materia*, v. 22, 2017.

CORDEIRO, G. C.; BARROSO, T. R.; TOLEDO FILHO, R. D. Enhancement of the Properties of Sugar Cane Bagasse Ash with High Carbon Content by a Controlled Re-calcination Process. *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 22, p. 1250-1257, 2018.

FAIRBAIRN, E. M. R. *et al.* Numerical simulation of dam construction using low-CO<sub>2</sub>-emission concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, v. 43, p. 1061–1074, 2010.

GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K. Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material. *Cement and Concrete Composites*, v. 29, p. 515–524, 2007.