



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO QUANTO À RESISTÊNCIA MECÂNICA DE PAVERS FABRICADOS COM CINZA DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR COMO AGREGADO MIÚDO

Silvia Paula Sossai Altoé¹, Aline Dalosse Francisco², Carlos Humberto Martins³

RESUMO: A crescente preocupação mundial com a grande quantidade de resíduos gerados nos processos produtivos destinados de forma inadequada no ambiente faz com que estes resíduos se tornem alvo de diversas pesquisas que visam o seu reaproveitamento e reciclagem. Um dos setores que apresentam grande potencial de aproveitamento de resíduos de diversas origens é o setor da construção civil. Visando o aproveitamento da cinza do bagaço de cana de açúcar, resíduo amplamente gerado na produção de álcool e açúcar. O presente trabalho teve como objetivo a possibilidade da utilização deste resíduo na fabricação de blocos de pavimentação intertravados, *pavers*, em substituição parcial do agregado miúdo (areia natural) utilizado em sua composição. Inicialmente foram realizados ensaios de caracterização das cinzas de cana-de-açúcar para avaliar o seu potencial como agregado miúdo. Após as cinzas serem caracterizadas foram produzidos *Pavers* onde o agregado miúdo (areia) foi substituído por porcentagens de CBC. Esses *pavers* foram produzidos, objetivando-se comparar a resistência à compressão dos *Pavers* moldados com cinzas e os moldados com agregado natural (areia) sendo substituído parcialmente pela CBC. Para os *pavers* o aumento na resistência mecânica à compressão ocorreu, quando a areia foi substituída pela CBC, na faixa de 15%, acarretando em um aumento de resistência aos 28 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Cinza do bagaço de cana-de-açúcar, concretos, *pavers*, resistência à compressão.

1 INTRODUÇÃO

A crise energética mundial tem estimulado a busca de fontes alternativas de energia, entre elas desponta cada vez a utilização do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar. O Brasil possui tradição no cultivo da cana de açúcar desde o século XVIII, sendo o açúcar nesta época o maior produto para exportação brasileira. Hoje, o Brasil, é responsável por 60 % da produção mundial de álcool etílico consumido no planeta, além de ser o maior produtor mundial de açúcar. Estima-se que ao longo do território nacional existam cerca de 3 milhões de hectares plantados com cana de açúcar (MAPA, 2008; ÚNICA, 2009).

No processo de beneficiamento da cana-de-açúcar o maior subproduto gerado é o bagaço da cana-de-açúcar, utilizado em larga escala como combustível para as caldeiras

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná. email: silviasossai@hotmail.com.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná. Bolsista do Programa de Iniciação Científica da UEM (PIC/UEM), email: aline_francisco@hotmail.com

³ Orientador, Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e do Curso de Engenharia Civil, da Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná. email: chmartins@uem.

para geração de energia. Esta queima ocorrer normalmente a 1000°C, e resulta em uma cinza pesada e volante, que normalmente é descartada de forma inadequada.

A produção da safra 2009/2010 foi de 612 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, cada uma destas toneladas geram em torno de 6 quilos de cinza durante a queima do bagaço. Assim sendo, considerando a queima de todo bagaço produzido, teríamos cerca de 3,7 milhões de toneladas de cinza gerados durante o processo de produção do vapor.

Normalmente, esta cinza era lançada novamente ao solo como fertilizante, porém pesquisas desenvolvidas por Souza et al (2007) chegou a conclusão que estas cinzas lançadas como adubo não tinham nutrientes minerais adequados para esta finalidade, já que na sua composição temos quase que 80% de SiO₂ em forma de sílica cristalina (quartzo), podendo ser definida como praticamente uma areia, Nunes (2009).

Com base nestas características vários pesquisadores têm desenvolvido pesquisas sobre a aplicação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar em substituição da areia em concretos. A maioria das pesquisas aponta para um acréscimo da resistência a compressão, diminuição do índice de vazios e da absorção de água.

Uma das possíveis soluções para essa questão é a incorporação da cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo (areia) utilizado na fabricação de argamassa, pavers, blocos e concreto de cimento Portland. Com a reciclagem dessa cinza, pretende-se reduzir o volume de resíduos destinados a aterros sanitários e conseqüentemente as usinas de cana-de-açúcar ao fornecer as cinzas, além de resolver parte de seu problema como a estocagem desse resíduo que ocupa grande espaço no pátio e despesas com transporte para descarte em aterros, dará um destino racional a esse subproduto.

Dessa forma, torna-se fundamental realizar estudos que busquem avaliar as potencialidades da cinza da cana-de-açúcar como agregado miúdo com objetivo de verificar a possibilidade futura da utilização desse material como suplemento na fabricação de pavers, concretos e argamassas.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a potencialidade do uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) na substituição parcial do agregado miúdo em *pavers* de cimento Portland. Visando assim contribuir na diminuição do volume desse subproduto destinado a aterros e, conseqüentemente, na diminuição da contaminação ambiental e na redução da extração de matéria prima como areia retirada dos rios para a produção de argamassas, concretos e seus derivados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram: cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC); areia; pedrisco; e cimento Portland composto com pozolana - CPII-Z32.

1. Método da análise granulométrica dos materiais

O ensaio granulométrico foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção Civil, localizado na Universidade Estadual de Maringá, no bloco P02. O ensaio da composição granulométrica do agregado miúdo foi realizado conforme a NBR 7217 (1987).

Foram coletadas amostras de areia, CBC e pedriscos utilizados para fabricação dos corpos de prova e dos pavers, depois peneiradas e classificadas quando a sua composição granulométrica, sendo a proporção dos diferentes grãos que constituem o material, dado em porcentagem.

2. Método da moldagem dos pavers de concreto com a substituição de uma porcentagem do agregado miúdo por bagaço da cana-de-açúcar

Os ensaios de moldagem e cura dos pavers foram realizados segundo a norma NBR 5738 (1994).

Foram fabricados pavers com um traço, em massa, 1:2,40:1,3:0,65 (cimento : areia/cinza : pedrisco : água/cimento), utilizando a vibro prensa da figura acima de dimensões 8 x 19 x 9 x 8 = 10944 cm³. Optou-se pela substituição da areia pela cinza nas proporções, em massa, de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% do total do agregado miúdo utilizado. Com as proporções citadas foram moldados seis pavers para cada traço, sendo todos destinados para o ensaio de determinação da resistência à compressão simples, conforme a NBR 5739 (2007).

Os agregados utilizados foram previamente peneirados, sendo assim separados conforme granulométrica desejada, sendo estes os mesmos já relatados na moldagem dos corpos-de-prova.

A mistura dos materiais foi realizada utilizando-se da betoneira e em seguida os pavers foram moldados. Completado um período de 24h, de secagem foram levados a câmara úmida no bloco P02, permanecendo, até o dia de seu rompimento, sendo este de 3, 7 e 28 dias, após a moldagem.

A Tabela 1 apresenta as quantidades de materiais (kg) necessários para a moldagem dos 6 corpos-de-prova para cada traço com suas respectivas substituições de cinza.

Tabela 1: Quantidade de materiais (kg) para moldagem de 6 pavers.

Traço	% de cinza	Cimento (kg)	Areia (kg)	Pedrisco (kg)	Cinza (kg)	Água (ml)
T – 0	0%	6	15	8	-	1000
T – 5	5%	6	14,25	8	0,75	1000
T – 10	10%	6	13,50	8	1,5	1100
T – 15	15%	6	12,75	8	2,25	1200
T – 20	20%	6	12,00	8	3	1300
T – 25	25%	6	11,25	8	3,75	1400
T – 30	30%	6	10,50	8	4,5	1500

Os ensaios de moldagem e cura dos pavers foram realizados segundo a norma NBR 5738 (2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos-de-prova foram ensaiados em laboratório e apresentaram as seguintes cargas de ruptura nas idades 3, 7 e 28 dias após a moldagem para cada traço, como mostram as figuras 1 e 2.

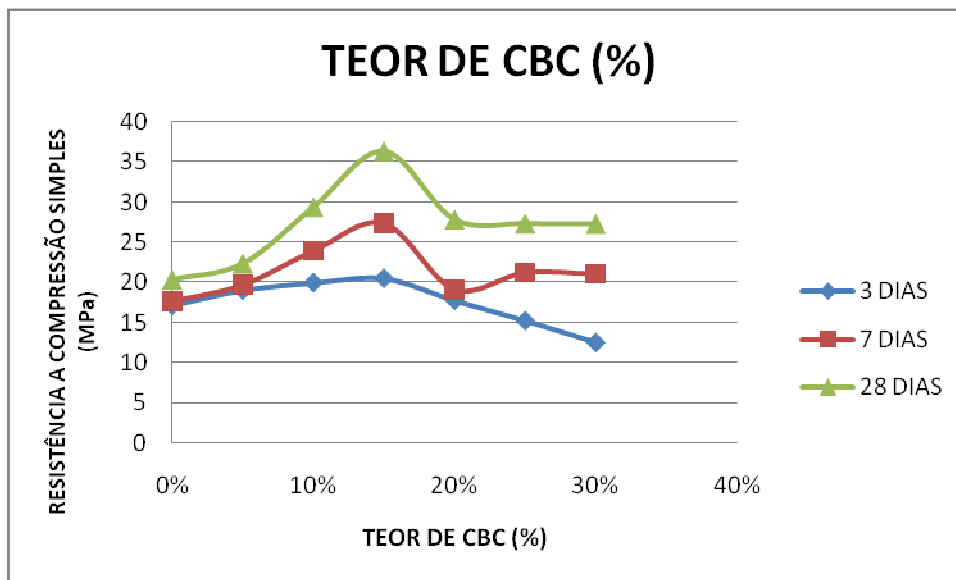


Figura 1: Valores médios de resistência à compressão simples dos Pavers

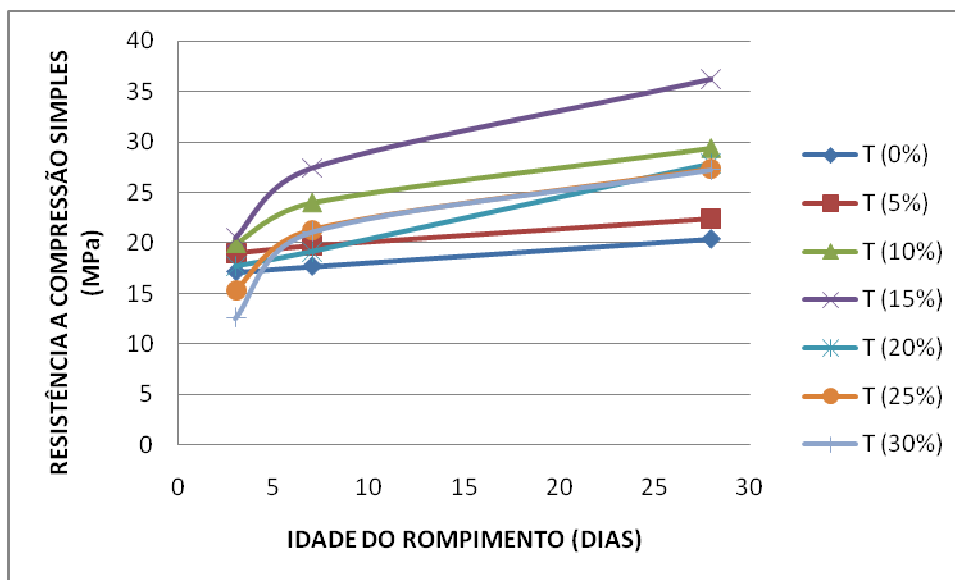


Figura 2: Valores médios de resistência à compressão simples dos Pavers

4 CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios a compressão dos pavers mostram um aumento na resistência mecânica à compressão quando da areia foi substituída pela CBC, na faixa de 15%, acarretando em um aumento de resistência de aproximadamente 78%, aos 28 dias, como mostra a figura 1. O resultado pode ser explicado pelo efeito *filler*, ou seja, quando há um melhor empacotamento entre as partículas, uma vez que as partículas de CBC são menores que as partículas da areia utilizada.

Ainda referente a figura 1, é possível observar que a resistência acima dos 15% de substituição de areia por CBC tende a diminuir e passar a ficar constante, sendo seus resultados de resistência maiores que do paver padrão, ou seja, sem substituição de areia por CBC.

É importante ressaltar que os dados obtidos aqui, são somente válidos para a cinza de bagaço de cana-de-açúcar da Usina Santa Terezinha. Diferentes resultados podem ser obtidos para CBC de outra usina, ou com granulometria diferente desta, assim como caso

de moldagem de maneira diferente da descrita anteriormente. No entanto mais ensaios devem ser realizados para confirmar os resultados aqui apresentados.

Finalmente, conclui-se que as CBC devidamente tratadas, podem ser utilizadas na fabricação de pavers para serem utilizados em calçamentos. Destaca-se, no entanto, desse estudo que o maior ganho foi o ganho ambiental uma vez que está se dando um destino para essas CBC que não utilizadas pelas usinas e são descartadas em local que não se sabe se é adequado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro ,1994. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**, Rio de Janeiro, 2007. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro ,1983. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro ,1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro ,1987. 3 p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2008). Disponível na internet:<<http://www.agricultura.gov.br>>.

NUNES, I.H.S. **Estudos das caracterisiticas físicas e químicas da cinza do bagaço da cana-de-açúcar para uso na construção**. 2009. 67 f. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

SOUZA, G.N.; FORMAGINI, S; CUSTODIO, F.O; SILVEIRA, M.M. Desenvolvimento de argamassas com substituição parcial do cimento portland por cinzas residuais do bagaço de cana-de-açúcar. 2007. In: 49° Congresso Brasileiro do Concreto. **INBRACON Anais...**, Bento Gonçalves.

ÚNICA - União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (2009) Disponível na internet:<<http://www.unica.com.br>>.