colloquium exactarum

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTO INTERTRAVADO PRODUZIDO COM CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF CONCRETE BLOCKS FOR INTERLOCKING PAVEMENT PRODUCED WITH ASHES FROM SUGAR CANE BAGASSE

Yann Carvalho Bonilha$_1$; Guilherme Souza Rodrigues[1]; Isabela A. Mendes Martins[1]; Beatriz de Mello Massimino[1]; Daniele Araujo Altran[2]; Filipe Bittencourt Figueiredo[2]

[1]**Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Curso de Engenharia Civil, Presidente Prudente, SP**
E-mail: yanncbonilha@gmail.com

[3]**Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Departamento de Engenharia Civil, Dourados, MS**

RESUMO – O trabalho proposto neste artigo teve como objetivo estudar a substituição parcial do agregado miúdo natural (areia) por cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC), em massa, nas proporções de 10% e 20% para a confecção de peças de concreto para pavimento intertravado. Primeiramente, foi desenvolvido o traço piloto, este ainda sem a adição de CBC, o qual serviu de parâmetro para comparações. Foram analisadas as propriedades dos agregados e do concreto através dos ensaios normatizados de: granulometria, massa específica, slump test, resistência à compressão e absorção de água. Quanto aos valores de resistência à compressão o traço de 10% de substituição apresentou o melhor resultado de resistência a compressão, sendo 15% superior ao traço piloto. Quanto à absorção foi observado um crescimento da permeabilidade conforme o aumento da adição de CBC. Após as análises de cada traço, verificou-se que o teor de 10% de substituição apresentou o resultado mais satisfatório.
Palavras-chave: Cinza do Bagaço de Cana-de-Açúcar; Pavimento; Blocos de Concreto; Concreto; Engenharia Civil.

ABSTRACT – The objective of this work was to study the partial substitution of the natural (sand) aggregate by ash from sugarcane bagasse (CBC), by mass, in the proportions of 10% and 20% for the preparation of pieces of concrete for interlocking pavement. Firstly, the pilot trait was developed, this one still without the addition of CBC, which served as parameter for comparisons. The properties of the aggregates and the concrete were analyzed through standardized tests of granulometry, specific mass, slump test, compressive strength and water absorption. As for the values of compressive strength, the 10% substitution trait presented the best result of compressive strength, being 15% superior to the pilot trace. As for absorption, an increase in permeability was observed as the addition of CBC increased. Finally, it was concluded that the satisfactory trait in relation to the properties analyzed was the 10% substitution trait.
Keywords: Ashes From Sugar Cane Bagasse; Pavement; Concrete Blocks; Concrete; Civil Engineering.

Recebido em: 08/08/2018
Revisado em: 31/08/2018
Aprovado em: 11/09/2018

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil é notável a utilização de estruturas de concreto, principalmente no Brasil. Sendo a qualidade da massa de concreto diretamente proporcional a qualidade do agregado empregado, visto que pelo menos 3/4 do volume de concreto é composto pelos agregados. Então, a utilização de agregado com propriedades indesejáveis pode comprometer a resistência e durabilidade do concreto (NEVILLE, 2016).

Um dos resíduos gerado pela cadeia da produção de álcool pela cana-de-açúcar são as cinzas, originada da queima do bagaço. Por não ter um local adequado para o descarte as usinas utilizam as cinzas como adubo nas lavouras, no entanto pesquisas apontam que essa ação pode trazer possíveis impactos ambientais, pois as cinzas não apresentam nutrientes minerais adequado para essa finalidade (SOUZA, 2007). Em decorrência da ampliação do setor de álcool e cogeração de energia renovável, a tendência é que a produção da Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar (CBC) aumente significativamente nos próximos anos (CASTRO; MARTINS, 2016).

A utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como componente direto do concreto para pavimentação está ligada com a busca por novos materiais para substituição de matéria natural e com o reaproveitamento de elementos que seriam descartados na natureza sem nenhuma utilidade.

O bloco de concreto para pavimentação apresenta vantagens sobre os pavimentos tradicionais, pois o mesmo não exige mão de obra altamente qualificada para execução e em casos de manutenção de infraestrutura como em redes de esgoto pode ser feita apenas retirando os blocos assentados, e logo após o reparo pode colocar os blocos novamente conferindo praticidade, segurança e economia de instalação (ALMEIDA; COSTA 2009).

A Lei Federal aprovada em 2010, nº 12.305, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que incentiva pesquisas de aproveitamento sustentável que gerencia resíduos como a CBC na substituição parcial da areia na fabricação de concreto.

O objetivo desta pesquisa é verificar a viabilidade técnica da substituição parcial da areia que compõe o concreto por resíduos da queima da cana-de-açúcar na fabricação de peças pré-moldadas de concreto aplicadas em pavimentação intertravada. De acordo com a ABNT NBR 9781:2013 esse tipo de bloco deve ter uma resistência mínima a compreensão de 35 MPa e sua absorção média menor ou igual a 6%.

2. METODOLOGIA

Com o intuito de analisar a influência que a cinza do bagaço da cana-de-açucar causaria no traço para a produção de blocos concreto para pavimentação, foram realizados os procedimentos e os seguintes ensaios: ABNT NBR NM 248:2003, ABNT NBR 7211:2009, ABNT NBR 9776:1987, NBR NM 52:2009, ABNT NBR 9781:2013, visando justificar o estudo proposto. Para a elaboração dessas análises, foi utilizado o Laboratório de Construção Civil da Universidade do Oeste Paulista em Presidente Prudente.

3. ADAPTAÇÃO DO TRAÇO

Os blocos de concreto foram fabricados através da adaptação de um traço desenvolvido por Simiele (2010) formulado pelo método IPT/EPUSP. Sendo chamado de traço piloto (T0) e os teores de substituição (T1 e T2) conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Traços e teores de substituição.

Traços (%)	
Traço	**CBC**
T0	0%
T1	10%
T2	20%

Fonte: (Os Autores, 2017).

O traço piloto adaptado (Tabela 2) procurou estabelecer um fator água/cimento que fosse executável para todos os traços.

Tabela 2. Traços

Traço 1:m		T0 - Piloto	T1 (10%)	T2 (20%)
Dados da Dosagem	Cimento (kg/m³)	469,5	469,5	469,5
	Água (kg/m³)	244	244	244
	Areia (kg/m³)	904	813,6	723,2
	CBC (kg/m³)	0	90,4	180,8
	Brita (kg/m³)	1218	1218	1218
	Relação a/c	0,52	0,52	0,52
	Aditivo	0,40%	0,40%	0,50%
Slump (cm)		16,50	9,00	6,00

Fonte: (Os Autores, 2017).

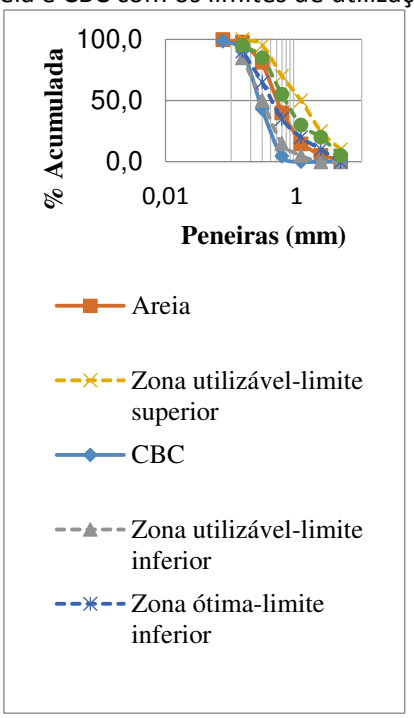
Na execução do traço com substituição de 10% (T1), notou-se elevada perda de consistência, mantendo os mesmos dados da dosagem do traço piloto. Foi necessário estudar uma possível modificação na execução do traço T2, para evitar uma massa extremamente seca, optou-se por aumentar a quantidade de aditivo.

4. RESULTADOS

4.1. Granulometria

Os resultados obtidos no ensaio de granulometria (ABNT NBR NM 248:2003), realizado com o agregado miúdo natural e a cinza do bagaço da cana-de-açúcar, são mostrados através de curvas, no gráfico da Figura 1. Também é mostrado no gráfico, a análise conforme ABNT NBR 7211:2009 das zonas de classificação dos agregados.

Figura 1. Curva granulométrica da areia e CBC com os limites de utilização.

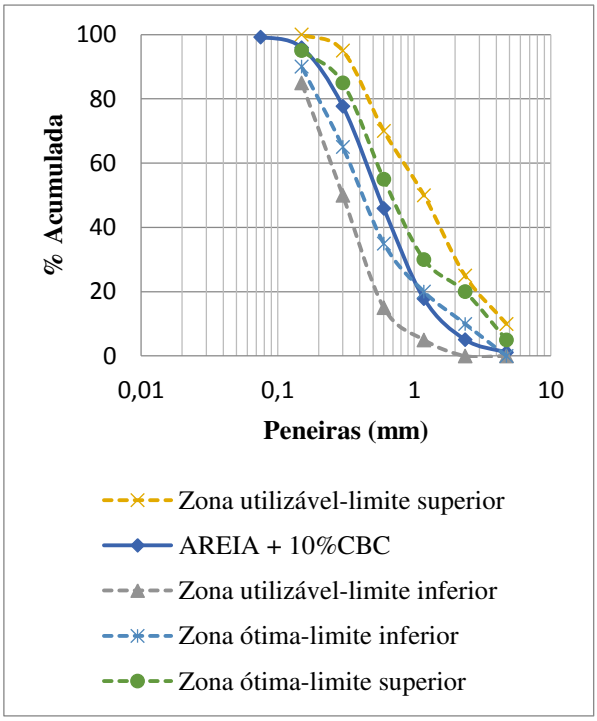


Fonte: (Os Autores, 2017).

Na análise feita na curva da CBC, apenas dois pontos ficam dentro da zona ótima, enquanto três ficaram na zona utilizável, entretanto, como maior parte do material se encontra fora da zona utilizável, não foi possível classificá-lo de acordo com a ABNT NBR 7211:2009. Através da curva granulométrica da areia foi possível classifica-la como utilizável.

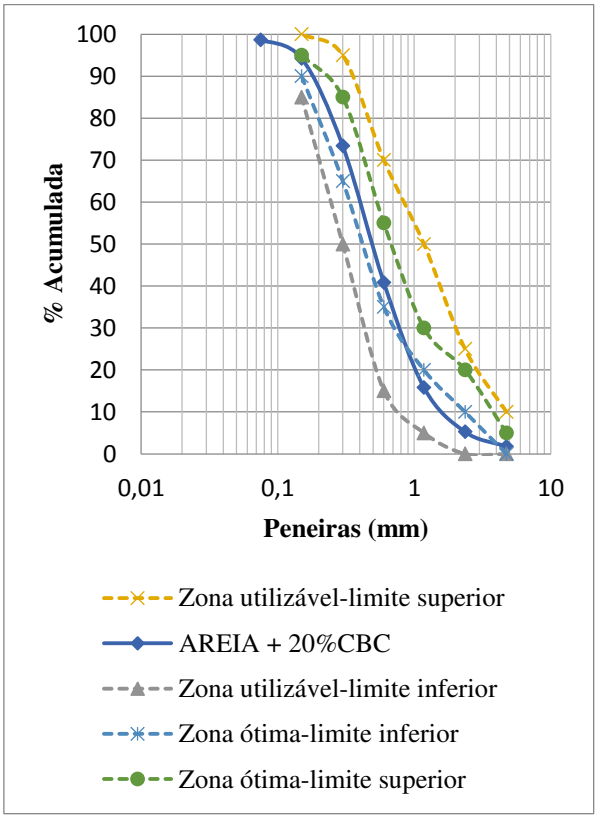
Deste modo, optou-se no presente trabalho a retirada das peneiras número 4, 8, 16, 200 e fundo, mediante a grande quantidade de materiais finos presentes nas peneiras 200 e fundo, como também a inviabilidade de se utilizar as peneiras 4, 8 e 16, por apresentar em materiais com características muito distintas da areia. Após a realização dos ajustes necessários para aplicação da CBC, foi realizado ensaios de granulometria do agregado natural com os traços de substituição observados nos gráficos da Figura 2 e 3.

Figura 2. Curva granulométrica areia + 10% de CBC.



Fonte: (Os Autores, 2017).

Figura 3. Curva granulométrica areia + 20% de CBC.



Fonte: (Os Autores, 2017).

Ao analisar os resultados, nota-se que a maior parte dos pontos se encontra dentro da zona ótima de utilização, e os pontos que não se encontram na mesma, estão bem próximos, estando assim de acordo com a ABNT NBR 7211:2009, portanto o agregado é classificado na zona ótima.

4.2. Massa Específica

O valor de massa específica da areia utilizada foi de 2,78 g/cm³ conforme ensaio da ABNT NBR 9776:1987. Para a CBC o valor encontrado foi de 1,47 g/cm³, conforme NBR NM 52:2009 onde é possível observar que a mesma possui um valor inferior ao da areia, pois possui um alto teor de matéria leve.

4.3. Resistência

Com a realização do ensaio de resistência à compressão, foi possível determinar os valores médios de resistência para cada traço executado, obteve-se os resultados demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3. Média da resistência à compressão aos 28 dias.

Média da Resistência à Compressão aos 28 dias			
Traço	**T0 - Piloto**	**T1 - 10%**	**T2 - 20%**
Média(MPa)	55,35	63,57	52,08

Fonte: (Os Autores, 2017).

Analisando os resultados, percebe-se que o traço de substituição que apresenta o melhor resultado foi o de 10% de CBC, com um acréscimo de resistência em relação ao traço piloto, em contrapartida, o valor de 20% ficou abaixo do piloto, porém atendendo ao mínimo estabelecido pela norma ABNT NBR 9781:2013 (≥35 Mpa), sendo assim, resultados aceitáveis para o quesito resistência.

4.4. Absorção de Água

Os resultados do ensaio de absorção de água dos blocos de concreto são demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados do ensaio de absorção de água.

Resultados do Ensaio de Absorção de água			
Traço	**T0 - Piloto**	**T1 - 10%**	**T2 - 20%**
Bloco 1	3,22%	4,63%	5,37%
Bloco 2	3,64%	4,73%	2,93%
Bloco 3	3,57%	2,64%	5,96%
Média	3,48%	4,00%	4,76%

Fonte: (Os Autores, 2017).

Analisando os resultados, todos os valores apresentaram absorção de água admissível pela ABNT NBR 9781:2013 que é de no máximo 6%.

5. DISCUSSÕES

Partindo do pressuposto que os resultados obtidos nas análises granulométricas em que foi incorporado CBC apresentou melhor desempenho que o agregado natural, classificando-se na zona ótima de utilização. Fica evidente que a utilização da CBC se torna viável, desde que sejam retiradas as peneiras que retêm as maiores quantidades de matéria bruta e filler.

Na análise dos resultados de resistência foi observado que todos os traços de substituição se mantiveram dentro do parâmetro estabelecido pela NBR 9781:2013, o traço T1 destacou-se entre os demais por apresentar uma média de resistência 8,22 MPa maior que a do traço piloto, e de acordo com a NBR 9781:2013 esses blocos de concreto para pavimento poderia ser utilizado até mesmo para “tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados”,

Nos resultados de absorção, todos os traços de substituição se mantiveram abaixo

de 6% determinado pela ABNT NBR 9781:2013.

6. CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho foi possível determinar a viabilidade da substituição do agregado natural areia pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

De acordo com os resultados analisados, conclui-se que é promissor o emprego da CBC em blocos de concreto para pavimentação. Sendo o traço T2 enquadrado pela norma como utilizável para tráfego de pedestre e veículos leves (resistência ≥ 35 MPa).

O traço obtido como mais satisfatório em relação a resistência à compressão, consistência, granulometria e absorção de água foi o traço T1, que apresentou resultados superiores em todos requisitos em relação ao traço piloto.

Todavia fica perceptível que o uso da CBC no concreto é um campo de estudo que vale a pena ser devidamente aprofundado em publicações futuras, onde deverá ser analisada a influência da cinza em maiores substituições de agregado natural.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S.; COSTA, J. S. da. Caracterização de blocos intertravados confeccionados com rejeitos de piso cerâmico aplicados em calçamento urbano. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 53., 2009, Guarujá. **Anais** [...] Guarujá, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Peças de concreto para pavimentação- Especificação e métodos de ensaio**. NBR 9781. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. NBR NM 248. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto – Especificação:** NBR 7211. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland de Alta Resistência Inicial:** NBR 5733. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. NBR 9776. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente:** NBR NM 52:2009. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**: NBR NM 67: 1998. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 de Ago 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 27 abr. 2017.

CASTRO, T. R.; MARTINS, C. H. Caracterização das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material alternativo para redução de impactos ambientais. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 12–19, 2016. https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2016.v2.n1.12-19

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista espaço da Sophia**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2007.

SIMIELE, D. **Aproveitamento de resíduos de concreto na confecção de peças para pavimento intertravado de concreto**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira,2010.

SOUZA G. N.; FORMAGINI, S.; CUSTÓDIO, F. O.; SILVEIRA, M. M. Desenvolvimento de

argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinzas residuais do bagaço de cana-de-açúcar. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 49., 2007. Bento Gonçalves. **Anais [...].** São Paulo: IBRACON, 2007.