

VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CONCRETO COM AREIA DE PET E SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO POR CINZA DA CASCA DO ARROZ

SÍLVIA SANTOS^{1*}, ANA CLÁUDIA BORBA²,
GABRIELLA CONTESINI PEDRONI³, VALKÍRIA ZUCCHETTO PADILHA⁴

¹ Dr.^a Professora Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 3341-7829, ssantos@univali.br

² Engenheira Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 3341-7829, engborba@yahoo.com.br

³ Acadêmica Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 3341-7829, gabriellapedroni@edu.univali.br

⁴ Acadêmica Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 3341-7829, valkiria@edu.univali.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estudar e avaliar, por meio de ensaios de resistência à compressão axial e módulo de elasticidade estático, concretos produzidos com areia de PET e cinza de casca de arroz. Esses resíduos sólidos, Polietileno Tereftalato (PET), e cinza de casca de arroz (CCA), são amplamente encontrados no meio ambiente, sendo eles descartados de forma incorreta e não apresentando uso considerável. Foram produzidos quatro traços e em todos a areia de PET foi usada em substituição de 5% na massa de areia natural; já o cimento foi substituído por cinza da casca de arroz nos teores de 2,5%, 5%, 7,5% e 10%. O concreto produzido que melhor atendeu aos critérios estabelecidos no estudo foi aquele com 5% de areia de PET e 10% de cinza de casca de arroz, sendo também o mais sustentável em relação à quantidade de resíduo imposta.

PALAVRAS-CHAVE: Areia de PET, cinza de casca de arroz, concreto com resíduo.

CONCRETE PRODUCTION FEASIBILITY WITH PET SAND AND PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT BY RICE HUSK ASH

ABSTRACT: This work aimed to study and evaluate, through the axial compressive strength tests and static modulus of elasticity, concrete produced with PET sand and rice husk ash. These solid waste, Polyethylene Terephthalate (PET), and rice husk ash (RHA), are widely found in the environment, when they disposed of incorrectly or without considerable use. Four dashes were produced. For all of them, PET sand was used in substitution of 5% in the mass of natural sand; the cement was substituted for rice hull ash in the contents of 2.5%, 5%, 7.5% and 10%. The concrete produced which best met the criteria established in the study was 5% of PET sand and 10% of rice husk ash, being also more sustainable with respect to the amount of waste imposed.

KEYWORDS: PET sand, rice husk ash, concrete with waste.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da construção civil é possível observar o crescente impacto ambiental que o setor causa no país. Todavia, assim como esta área tem o grande potencial gerador de resíduos, ela também tem a capacidade de absorver e reciclar seus próprios resíduos, bem como resíduos de outros setores da indústria. A partir desse potencial é que se iniciaram muitas pesquisas com o intuito aproveitar ao máximo o que os materiais residuais podem oferecer com o incentivo ao reuso e à reciclagem. (CALMON, 2007).

Segundo Santos (2006), a casca de arroz é considerada o resíduo vegetal agroindustrial que mais produz cinzas ao ser queimado. Suas cinzas vêm se mostrando uma matéria-prima com alto

potencial em estudos que buscam o reaproveitamento de resíduos na construção, especialmente por suas propriedades aglomerantes.

Outro resíduo sólido urbano amplamente encontrado e descartado de forma incorreta na natureza é a garrafa de Polietileno Tereftalato (PET). Na construção civil este material pode ser utilizado em diversas aplicações, entre elas como agregado miúdo para a produção de concreto, quando suas fibras são misturadas à areia. (BORBA, 2014).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar as propriedades de um concreto produzido com substituição de uma parcela de areia natural por areia de polietileno tereftalato (PET) e substituição de uma parcela da massa de cimento por cinza da casca do arroz (CCA).

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos para elaboração da pesquisa partiram da definição dos teores de areia de PET e CCA que seriam utilizados nos concretos, sendo que o traço 1 : 1,46 : 1,19 : 2,96 : 0,61 foi disponibilizado por uma central dosadora de concreto da cidade de Camboriú- SC, corresponde a uma resistência de dosagem (f_{cj}) de 35MPa. Para todos os concretos produzidos, a areia de PET foi usada em substituição de 5% na massa de areia natural; já o cimento foi substituído por cinza da casca do arroz nos teores de 2,5% (T5P2,5C ERKA), 5% (T5P5C ERKA e T5P5C TM), 7,5% (T5P7,5C TM) e 10% (T5P10C TM). Além disso, é necessário ressaltar que foi preciso substituir o aditivo ERKA C405 pelo TEC-MULT 40 a partir da produção do traço T5P5C, pois com o emprego do primeiro aditivo citado, o traço não atingiu a trabalhabilidade requerida de (10 ± 2) cm.

Na sequência os materiais da pesquisa foram coletados, secos, armazenados e caracterizados de acordo com as respectivas normas técnicas vigentes. O cimento utilizado na produção dos concretos foi CP V-ARI, com massa específica de $3,12 \text{ g/cm}^3$, superfície específica de $3.996 \text{ cm}^2/\text{g}$ e resistência à compressão aos 28 dias de $51,6 \text{ MPa}$. A cinza da casca de arroz foi utilizada *in natura*, sendo sua massa específica de $1,79 \text{ g/cm}^3$. Em relação aos agregados, foi utilizada brita (BR) do tipo granítica e 3 tipos de areia, sendo duas naturais (AN) e a areia de PET (AP). Suas características estão presentes na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Caracterização dos agregados

CARACTERÍSTICA	AN A	AN B	AP	BR
Massa Específica (g/cm^3)	1,51	1,68	1,43	1,45
Módulo de Finura	1,26	2,79	2,67	5,96
Diâmetro Máximo (mm)	1,2	4,8	2,4	19

Com o material pronto para ser utilizado iniciou-se a produção dos concretos. O primeiro traço executado foi o referência (REF) e após este se produziu as misturas com resíduos. No estado fresco foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone para verificar a trabalhabilidade dos concretos (NBR-NM 67:1998). Para cada traço moldou-se 48 corpos de prova cilíndricos, de dimensões (10×20) cm de acordo com a NBR 5738:2015. A cura foi realizada imersa em água saturada de cal. Nas idades especificadas (1, 7, 28 e 63 dias), foram feitos ensaios no estado endurecido de resistência a compressão axial (NBR 5739:2007) e módulo de elasticidade estático (ME) (NBR 8522:2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As normas técnicas vigentes estabelecem como idade obrigatória de ensaio de resistência a compressão axial os 28 dias, sendo que os resultados nesta idade classificam o concreto quanto a sua aplicação como concreto de baixa, moderada ou alta resistência. (MEHTA e MONTEIRO, 2014). Porém, como os concretos produzidos neste trabalho são concretos não convencionais, com uso de resíduos em sua constituição, com destaque para a pozolana, cuja colaboração nas propriedades do concreto é percebida além dos 28 dias, torna-se importante a análise destes concretos em idades avançadas.

A Tabela 2 traz o resumo do desempenho dos concretos produzidos.

Tabela 2. Desempenho dos concretos

Traço	Aditivo (g)	Slump Test (cm)	Resistência média à compressão (MPa)				ME (GPa)	
			1 dia	7 dias	28 dias	63 dias	28 dias	63 dias
REF	76,80	9,2	4,90	29,19	37,58	43,53	38,85	40,75
T5P2,5C EKA	66,70	8,3	5,19	22,09	31,14	35,48	37,37	34,85
T5P5C EKA	190,00	9,1	11,43	26,11	29,41	36,61	40,73	35,80
T5P5C TM	84,00	11,2	8,88	23,45	27,85	32,13	30,03	20,55
T5P7,5C TM	89,50	11,5	10,79	23,57	25,10	28,10	42,18	29,85
T5P10C TM	94,00	10,8	7,96	28,97	37,45	37,65	24,83	35,83

No estado fresco todos os concretos se mostraram bem argamassados, uniformes, coesos, sem verificação de desagregação ou exsudação. Porém, como já mencionado, o traço T5P5C ERKA não atingiu a trabalhabilidade adequada com a quantidade limite de aditivo recomendada, inviabilizando a produção desse concreto com o mesmo. Quando o traço T5P5C foi refeito com o aditivo TEC-MULT 40 atingiu os limites estabelecidos, comportando-se dentro do esperado.

Em relação ao estado endurecido, o traço referência (REF) superou, aos 28 dias, o f_{cj} de 35 MPa, atingindo o valor de 37,58 MPa. Isso indica que a concreteira (que pratica o REF com f_{cj} 35 MPa), poderia rever esse traço e alcançar maior economia com ele.

Em todas as idades houve um ganho de resistência. Nota-se, principalmente, o grande crescimento da resistência à compressão de 1 para 7 dias, o que pode ser explicado pela utilização do cimento CPV-ARI, que tem a propriedade de atingir altas resistências já nas primeiras idades.

Todos os concretos produzidos superaram os 20 MPa, enquadrando-os em concretos de resistência moderada (valor mínimo para concretos estruturais – NBR 6118:2014).

Em todas as misturas, à exceção do concreto referência, há o mesmo teor de areia de PET (5%), podendo-se notar que a CCA exige mais água e aditivo da mistura, pois com o aumento dos teores de cinza, aumentou-se a quantidade de aditivo para alcançar a trabalhabilidade desejada. É notável, também, a queda de resistência em relação ao REF, observada para os concretos T5P2,5C ERKA, T5P5C ERKA, T5P5C TM, e T5P7,5C TM. Isso deve-se, principalmente, ao aumento do teor de substituição de cimento por CCA.

Já o concreto produzido com o traço T5P10C TM, aos 28 dias, comportou-se de forma semelhante ao concreto referência, chegando a valores de resistência próximos e superando os 35 MPa, mesmo tendo sido este o concreto com maior adição de CCA. Com isso pode-se constatar que, com este teor de substituição, as propriedades pozolânicas da CCA começam a contribuir e a recuperar a perda de resistência que acontece na mistura pela adição da areia de PET e a retirada de massa de cimento da mistura.

A maioria dos concretos produzidos tiveram um crescimento no valor do módulo de elasticidade dos 28 para os 63 dias, com exceção dos concretos produzidos com os traços T5P5C TM e T5P7,5C TM, que tiveram uma redução de 46% e 41% respectivamente.

CONCLUSÕES

Foram analisadas as propriedades dos concretos produzidos no estado fresco e no estado endurecido. No estado fresco todos os concretos obtiveram bons resultados, com exceção do traço T5P5C ERKA, que não atingiu a trabalhabilidade estabelecida de (10 ± 2) cm. Pode-se constatar também, que com o aumento de adição de CCA inserida em substituição ao cimento, a mistura solicitou uma quantidade maior de aditivo.

Ao analisar os concretos no estado endurecido, concluiu-se que o traço T5P10C TM foi o que apresentou os melhores resultados de resistência à compressão axial, sem superar os valores do traço referência. Observou-se um ganho de resistência nos primeiros dias em todos os concretos, que foi explicado pelo emprego de um cimento de alta resistência inicial. Além disso, percebe-se uma diminuição na taxa de crescimento entre os 7 e os 28 dias. Tal fato pode ser explicado pela ação da pozolana: para pequenos teores de substituição sua contribuição é modesta (vide resultado aos 28 dias); quando se atinge teores que podem levar ao equilíbrio entre CCA e hidróxido de cálcio

(Ca(OH)₂) disponível no concreto, percebe-se a maior contribuição desse material nas misturas, evidenciado aqui no comportamento do concreto T5P10C TM aos 28 e aos 63 dias.

Portanto, pode-se observar que a CCA começa a se mostrar eficiente na mistura, compensando as propriedades perdidas com a adição da areia de PET e a retirada da massa de cimento, com o teor de inserção de 10%, reforçando que existe um teor ótimo a ser encontrado para que se possa tirar maior proveito das propriedades desse material em misturas com cimento.

Neste caso, quando do uso combinado com areia de PET, considerando os teores aqui avaliados, o teor de 10% de CCA em substituição ao cimento foi o que se mostrou mais adequado para recuperar o ganho de resistência da mistura com a redução de consumo de cimento, mostrando que é viável o uso de resíduos para obtenção de concretos estruturais. Cabe, por fim, enfatizar a necessidade de maiores avaliações de concretos dessa natureza, especialmente com relação a aspectos de durabilidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738 : Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5739 : Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8522: Concreto - determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2003.
- BORBA, Ana Claudia. Viabilidade da produção de concreto com areia de pet e substituição parcial de cimento por cinza da casca do arroz. 2014. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2014.
- CALMON, J. L. Resíduos Industriais e Agrícolas para a Construção Civil. In: ISAIA, G. C. (Editor). Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007; v. 2; cap. 48, p. 1591-1628.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. 1. ed. São Paulo: Pini, 2014.
- SANTOS, Sílvia. Produção e Avaliação do Uso de Pozolana com Baixo Teor de Carbono Obtida da Cinza de Casca de Arroz Residual para Concreto de Alto Desempenho. 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.