

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADO GRAÚDO NA CONFEÇÃO DE CONCRETO

SÍLVIA SANTOS^{1*}, EVALDO CAVALLI FILHO², JEAN DUVAL DORNELLES³,
GABRIELLA CONTESINI PEDRONI⁴, VALKÍRIA ZUCCHETTO PADILHA⁵

¹ Dr.^a. Professora Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 33417829, ssantos@univali.br

² Engenheiro Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 33417829, e.cavalli@hotmail.com

³ Engenheiro Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 33417829, jddornelles@gmail.com

⁴ Acadêmica Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 33417829, gabriellapedroni@edu.univali.br

⁵ Acadêmica Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 33417829, 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 foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a utilização de agregados reciclados de resíduos da construção civil para a produção de concretos. Para tanto, foram coletados resíduos de construção e demolição da classe A de uma usina recicladora na região de Camboriú – SC, produzindo-se três traços com diferentes teores de substituição do agregado graúdo (10%, 20% e 50%) e um traço apenas com agregados naturais como referência. A influência dos agregados reciclados na confecção dos concretos foi avaliada sobre propriedades no estado fresco (trabalhabilidade) e no estado endurecido (resistência à compressão e módulo de elasticidade). A partir dos resultados, avaliou-se as propriedades supracitadas e constatou-se que se pode produzir concretos com agregado reciclado para fins estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos da construção civil, agregados reciclados, concreto com resíduo.

USE OF SOLID WASTE OF CONSTRUCTION AS HOUSEHOLD GROWN IN CONCRETE MAKING

ABSTRACT: This work was to evaluate the use of recycled aggregates from construction waste for the production of concrete. Therefore, they collected construction waste and demolition of the class A of a recycling plant in the region of Camboriú – SC, producing three lines with different coarse aggregate replacement levels (10%, 20% and 50%) and a dash only with natural aggregates by reference. The influence of recycled aggregates in the manufacture of concrete was evaluated on properties in the fresh state (workability) and in the hardened state (compressive strength and modulus of elasticity). From the results, the above properties were evaluated and it was found that can be produced with recycled concrete aggregate for structural purposes.

KEYWORDS: construction waste, recycled aggregates, concrete with waste.

INTRODUÇÃO

As enormes quantidades de entulhos geradas pela construção civil (chegando, em alguns casos, a 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos) são um problema cada vez maior às cidades, devido à dificuldade da aquisição de áreas para disposição, aos impactos ambientais causados por eles, tanto aos recursos hídricos quanto aos solos, e também à saúde da população. (BOURSCHEID; SOUZA, 2010).

Pesquisas sobre o tema realizadas no Brasil, revelam um grande potencial redutor de perdas, sem grandes mudanças no processo tecnológico. Pode-se estimar que se fossem reduzidas para 6%, seria possível aumentar a produção de edifícios em cerca de 25%. (BUTLER, 2003).

A utilização destes resíduos na construção civil brasileira está atualmente restrita ao uso em concretos magros (sem fins estruturais) e blocos de concreto. Deste modo, avaliou-se a viabilidade da

utilização de resíduos da construção civil (RCC) como agregado graúdo em concretos estruturais, verificando sua eficácia e possíveis aplicações, procurando estimular o seu emprego.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram caracterizados de acordo com as respectivas normas técnicas vigentes. O aglomerante utilizado foi o Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V); uma composição entre duas areias, uma natural, com módulo de finura de 2,05 e outra artificial, com módulo de finura de 3,59, na proporção de 55% e 45% respectivamente, foi utilizada para formação do agregado miúdo final; e o agregado graúdo utilizado foi a brita granítica com diâmetro máximo entre 12,5 mm e 19,0 mm.

Os RCC utilizados possuem classificação A, o que significa que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados na confecção de concretos. Foram coletadas seis amostras de duas pilhas diferentes, em uma usina de reciclagem de RCC localizada na cidade de Camboriú-SC, que posteriormente foram divididas em função de sua granulometria (NBR NM 248:2003) e classificadas em agregados de resíduo misto (ARM) e agregado de resíduo de concreto (ARC), de acordo com a NBR 15116:2004. Os resíduos foram peneirados resultando em diâmetros máximos entre 19,0 mm e 25,0 mm para o ARM, e entre 12,5 mm e 19,0 mm para o ARC.

O aditivo utilizado tem como fabricante a GRACE® *Construction Products* e é denominado Mira 7-321, possuindo função plastificante.

PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

Três traços de concreto foram produzidos partindo de um traço comercial, produzido e fornecido por uma central dosadora de médio porte da cidade de Camboriú-SC, aqui denominado traço referência (CREF).

O traço CREF (Tabela 1) tem resistência característica (f_{ck}) de 30,0 MPa, possui um consumo de cimento de 320,0 kg/m³ e resistência de dosagem (f_{cj}) de 35,0 MPa. O valor de abatimento de tronco de cone (*slump test*) foi fixado em (10±2) cm.

Com base no traço do concreto referência, foram realizadas substituições parciais do agregado graúdo (brita granítica) pelo agregado reciclado ARC, em teores de 5%, 10% e 25% e pelo agregado ARM em teores de 5%, 10% e 25%, totalizando três traços de concretos com teores de 10%, 20% e 50%, aqui denominados CR10, CR20 e CR50 respectivamente.

Tabela 1. Traço do CREF e quantidade de material para confecção de 1 m³ de cada concreto

Material	Cimento	Areia Natural	Areia Artificial	Brita	Água	ARC	ARM
Traço	1	1,46	1,19	2,6	0,61	-	-
Quantidade para 1 m³ (kg) CREF	320,00	467,00	382,00	947,00	195,00	-	-
Quantidade para 1 m³ (kg) CR10	320,00	467,00	382,00	852,30	195,00	47,35	47,35
Quantidade para 1 m³ (kg) CR20	320,00	467,00	382,00	757,60	195,00	94,70	94,70
Quantidade para 1 m³ (kg) CR50	320,00	467,00	382,00	473,50	195,00	236,75	236,75

Foram moldados 20 corpos-de-prova cilíndricos de dimensões (10x20)cm, por traço de concreto. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados em cinco idades: 1, 7, 14, 28 e 63 dias, sendo 4 corpos-de-prova por idade. Para determinação do módulo de elasticidade, foram destinados também 4 corpos-de-prova por concreto. Este ensaio foi realizado apenas para idade de 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para todos os concretos produzidos estão resumidos na Tabela 2.

A substituição do agregado graúdo natural pelos agregados reciclados teve um efeito significativo sobre a consistência do concreto, sendo que, quanto maior o teor de substituição, menor o

abatimento do tronco de cone alcançado, apesar da menor superfície específica dos agregados reciclados.

Aos 28 dias de idade, o CREF ultrapassou o *fcj* esperado de 35,0 MPa, indicando que a central dosadora de concreto submeter a dosagem deste traço a uma revisão, a fim de gerar maior economia.

Ainda aos 28 dias, o CR10 ultrapassou o *fcj* esperado em 22%, salientando o desperdício no consumo de cimento do traço referência. Segundo Leite (2001), a maior resistência à compressão do concreto CR10 em relação ao CREF, pode ser explicada devido aos agregados reciclados absorverem mais água, reduzindo assim a relação *a/c* efetiva da mistura. Outro fator contribuinte pode ser a penetração da pasta nos poros do agregado reciclado, gerando uma maior aderência entre matriz e agregado.

Ao realizar o comparativo entre as resistências do CR20 e do CREF na idade de 28 dias, o concreto com agregado reciclado apresentou uma resistência média inferior ao concreto referência, porém, deve-se considerar que o *fcj* desejado era de 35,0 MPa, sendo o CR20 o concreto que mais se aproxima deste valor, tornando-o mais próximo da dosagem ideal aqui proposta.

Quando comparada a resistência à compressão do CR10, o resultado aos 28 dias é ainda menor, o que indica que, com o aumento do teor de substituição do agregado gráudo por RCC, houve uma queda significativa na resistência à compressão do concreto. Grande parte desta queda se deve ao agregado reciclado misto (ARM) que apresenta cerâmica vermelha em sua composição, e esta, por sua vez, possuir baixa resistência mecânica.

O concreto CR50, em relação ao CREF, também sofreu queda na resistência à compressão aos 28 dias de idade, sendo essa diferença igual a 21,57%, o que confirma que, conforme os teores de substituição do agregado gráudo pelo RCC aumentaram, ocorre queda de resistência do concreto.

Referente ao módulo de elasticidade, todos os concretos apresentam, aos 28 dias, valores medidos superiores ao módulo de elasticidade teórico (calculado). Dentre os concretos produzidos, destacam-se o CR10, por apresentar o maior módulo de elasticidade em relação ao CREF (30%), e o CR20, por apresentar a menor diferença em relação ao CREF (14%).

Tabela 2. Resultados médios de todas as propriedades ensaiadas

Traço	<i>Slump test</i> (cm)	Dosagem de aditivo (ml)	Resistência à compressão axial - MPa (idade em dias)					Módulo de elasticidade medido - GPa 28 dias	Módulo de elasticidade teórico - GPa
			1	7	14	28	63		
CREF	11,86	64,30	14,25	31,28	-	38,25	-	32,00	30,7
CR10	8,56	64,30	4,77	35,37	38,80	42,73	47,00	41,70	
CR20	9,60	64,30	10,30	31,57	32,77	34,37	38,23	36,50	
CR50	8,64	42,00	9,03	27,70	28,97	30,00	35,13	37,70	

*Os resultados de resistência à compressão axial aos 14 e 63, para o CREF foram desconsiderados em função de um problema no equipamento de ensaio.

VIABILIDADE ECONÔMICA

O concreto CR20 se mostrou como o traço de melhor rendimento, se aproximando mais dos resultados esperados (resistência aos 28 dias). Com base nesta análise, a Tabela 3 apresenta um comparativo de custos para produção de 400 m³ dos concretos CREF e CR20. (volume de concreto produzido pela central dosadora para o traço referência adotado no estudo, no período de um mês).

Tabela 3. Custo para produção de 400 m³ dos concretos CREF e CR20

Material	Preço*	CREF	CR20
Agregado gráudo natural	R\$ 39,00/m ³	R\$ 6.272,00	R\$ 5.016,00
Resíduo ARC	R\$ 25,00/m ³	-	R\$ 452,00
Resíduo ARM	R\$ 12,00/m ³	-	R\$ 224,00
Total		R\$ 6.272,00	R\$ 5.692,00

*Valores referentes a dezembro 2013.

É possível observar que, somente para confecção do concreto CREF, a central dosadora de concreto desembolsa, mensalmente, mais de R\$ 6.272,00 em agregados gráudos naturais. Com a utilização de agregados reciclados (Classe A) do tipo ARC e ARM, esta central dosadora

economizaria 9,25% ao mês, correspondente à R\$ 6.960,00 ao ano, apenas com a substituição parcial do agregado graúdo natural por RCC em um único traço – fck 30 MPa.

CONCLUSÕES

É importante salientar que as análises aqui realizadas, dizem respeito aos resíduos da construção civil coletados na cidade de Camboriú – SC, logo, as características dos RCC podem diferir de resíduos coletados em outros locais, bem como cada lote analisado pode apresentar diferentes parcelas dos materiais constituintes do agregado reciclado.

Devido à maior absorção de água pelos agregados reciclados, o que reduz, por consequência, a relação a/c efetiva dos concretos em estudo, haveria a necessidade do aumento da quantidade de água ou aditivo utilizado na mistura do CR50 para que fosse obtido o mesmo abatimento do CREF. Este aumento não fez-se necessário pela margem de 2 cm para mais ou para menos, no abatimento previamente fixado no trabalho.

A maior resistência à compressão axial aos 28 dias foi obtida pelo CR10, superando inclusive o resultado do CREF na mesma idade. Apesar disto, observou-se que quanto maior o teor de substituição do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado, maior foi o decréscimo da resistência à compressão dos concretos, fato que pode ser explicado pela maior porosidade e menor resistência dos agregados reciclados em relação aos naturais.

Todos os concretos tiveram seus módulos de elasticidade medidos superiores ao módulo de elasticidade teórico, e o maior valor alcançado foi também do concreto CR10. Em geral, os concretos com RCC apresentaram maiores valores de módulo de elasticidade do que o CREF, o que era esperado, já que a porosidade dos agregados influencia na deformabilidade do concreto, ou seja, concretos com substituição de agregados naturais por agregados reciclados se deformariam mais.

Os concretos que obtiveram melhor desempenho, englobando todas as propriedades estudadas e avaliadas na pesquisa foram o CR10 e o CR20. Como o objetivo principal era buscar a produção de um concreto para fins estruturais utilizando resíduos da construção civil, o concreto escolhido como o que melhor se adequou aos parâmetros estabelecidos pela pesquisa foi o CR20, por mais ter se aproximado do fcj esperado de 35 MPa.

Por fim, conclui-se que é possível produzir concretos com agregados reciclados com custos menores que os produzidos com agregados naturais, contribuindo assim para a sustentabilidade na construção civil, com desempenho satisfatório para aplicações estruturais. Porém, recomenda-se um maior controle tecnológico do material empregado, desde os processos de britagem como também triagem dos agregados reciclados. Além disso, aspectos relativos à durabilidade de concretos com RCC devem ser igualmente avaliados.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR NM 248:2003. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concretos sem função estrutural – Requisitos. NBR 15116, 2004. Rio de Janeiro.
- Bourscheid, J. A.; Souza, R. L. Resíduos de Construção e Demolição como material alternativo. 1 ed. Florianópolis: Publicações do IFSC, 2010.
- Butler, A. M. Concreto com agregado graúdo reciclado: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Volume único. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. EESC/USP. São Carlos: 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia).
- Filho, E. C.; Dornelles, J. D. Utilização de resíduos sólidos da construção civil como agregados graúdo na confecção de concreto. 2013. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2013.
- Leite, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.