

O USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DE AREIA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL *

Niander Aguiar Cerqueira¹
Victor Barbosa de Souza²
Afonso Garcez de Azevedo³
Sergio Neves Monteiro⁴
Jheison Lopes dos Santos⁵

Resumo

A construção civil é um setor de extremo impacto na economia brasileira, tanto em termos de empregos quanto no consumo de matérias-primas e geração de resíduos. Resíduos de Construção Civil (RCC) representam uma grande parte da massa total de rejeitos sólidos em médias e grandes cidades. Neste trabalho, um estudo foi realizado para produzir concreto com substituição de areia por RCC, em diferentes porcentagens, a fim de reduzir, reciclar e reutilizar esta grande quantidade de rejeitos da indústria da construção civil. Este trabalho teve como objetivo estudar as propriedades mecânicas de concreto estrutural com substituição total e parcial (25%, 50%, 75% e 100% de substituição de areia). Os resultados do teste de compressão indicaram boa qualidade para os concretos com substituição em massa de até 75% de RCC.

Palavras-chave: RCC; Reuso; Construção Civil.

THE USE OF RESIDUE OF CIVIL CONSTRUCTION IN PARTIAL AND TOTAL SUBSTITUTION OF SAND IN THE PRODUCTION OF STRUCTURAL CONCRETE Abstract

Civil construction is a sector of extreme impact on the Brazilian economy, both in terms of jobs and consumption of raw material and waste generation. Civil Construction waste (RCC) represents a large part of the total mass of municipal solid waste in a medium and large city. In this work a study was carried out to produce concrete with sand substitution by RCC, in different percentages, in order to reduce, recycle and reuse this large amount of waste from the civil construction industry. This work aimed to study the mechanical properties of structural concrete with total and partial replacement (25%, 50%, 75% and 100% replacing sand). The results of the compression test indicate good quality for concretes with mass substitution of up to 75% by RCC..

Keywords: RCC; Reuse; Civil Buildings

¹ *Doutor em Engenharia Civil, Professor, Laboratório de Engenharia Civil, Sociedade Universitária Redentor, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Doutorando em Engenharia Mecânica, Professor, Laboratório de Engenharia Civil, Sociedade Universitária Redentor, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

³ *Doutorando em Engenharia Civil, Professor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

⁴ *Ph.D. em Engenharia de Materiais, Professor, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

⁵ *Doutor em Ciência dos Materiais, Pós-Doutorando, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil tem experimentado um grande crescimento nos últimos anos, particularmente devido à demanda reprimida de habitação e à escassez de investimentos em infraestrutura. Essa demanda também foi aumentada pelos grandes trabalhos realizados no Brasil durante os últimos anos para a Copa do Mundo, os Jogos Olímpicos, etc.

A Tabela 1 abaixo ilustra a quantidade de resíduos gerados em alguns países [1].

Tabela 1. Geração de RCC estimada em alguns países de densificação obtidos [1].

Região	Em milhões (kg/ano)	Em kg/morador/ano
Suécia	12.800 – 20.200	820 – 1.300
Holanda	136.000 – 171.000	463 – 584
Estados Unidos	50.000 – 70.000	880 – 1.120
Reino Unido	7.500 – 34.700	735 – 3.359
Bélgica	2.300 – 10.700	440 – 2.010
Dinamarca	35000 – 40000	600 – 690
Itália	79.000 – 300.000	963 – 3.658
Alemanha	99.000	785
Japão	3.200 – 4.400	325 – 447
Portugal	31.000	230 – 760
Brasil	12.800 – 20.200	820 – 1.300

De acordo com Callister [2], um compósito é um material multifásico que apresenta propriedades combinadas das partes que o constituem, para a obtenção de uma melhor combinação de propriedades. O concreto é um compósito e pode ser classificado como um dos elementos mais importantes na construção. Trata-se do resultado da combinação de ligante, agregado fino (areia), agregado grosseiro (pedras quebradas) e água, e ainda pode receber alguns aditivos ou adições.

O concreto pode ser usado na fabricação de elementos estruturais (vigas, pilares, lajes, sapatas, etc.), como piso, encanamento, etc. [3]. As propriedades do concreto são variadas, no entanto, sua principal vantagem é a excelente resistência à compressão, e uma de suas principais desvantagens é o fraco comportamento à tração [4]. A resistência mecânica do concreto é influenciada por diversos fatores, tais como: tempo de cura e o fator água/cimento [5]. Quanto à idade do concreto, isto é, seu tempo de cura, há uma proporção crescente, então as normas de teste indicam realizar o ensaio com tempos de 7, 14 e 28 dias, por exemplo. Em relação ao fator água/cimento, há uma quantidade mínima de água que deve ser usada devido às reações químicas que precisam ocorrer através da hidratação do cimento. Contudo, quanto maior a quantidade de água, menor a resistência mecânica do concreto.

Em se tratando de RCC, Levy [6] definiu que o resíduo de construção como a porção geral de rejeitos das atividades de construção e demolição. Zordan [7] acrescenta que os rejeitos devem estar não contaminados para reuso. Considera-se inclusive o desperdício de RCC da construção e demolição de estradas, incluindo encanamentos, pavimentos de asfalto, entre outros [8]. De acordo com as resoluções 307 [9] e 308 [10] do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA),

os resíduos podem ser divididos em quatro classes, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação de RCC de acordo com as resoluções 307 e 308 do CONAMA.

Classificação	Tipologia
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) obras de construção, demolição, renovação e pavimentação, e outros trabalhos de infraestrutura, incluindo o solo proveniente de escavações; b) obras de construção, demolição, renovação e reparação de edifícios: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, ladrilhos, tábuas, etc.), argamassa e concreto; c) processo de fabricação e/ou demolição de peças de concreto pré-moldado (blocos, tubos, bordos, etc.) produzidos em locais de construção;
Classe B	Resíduos recicláveis para outras utilizações, como: plásticos, papel, metal, vidro, madeira e outros;
Classe C	Resíduos para os quais as tecnologias ou aplicações economicamente viáveis não são projetadas para permitir sua reciclagem/recuperação, como produtos a partir do gesso;
Classe D	Resíduos perigosos do processo de construção, como amianto, tintas, solventes, óleos e outros contaminados, ou aqueles provenientes de demolições, renovações e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros;

Neste trabalho um estudo foi realizado para produzir concreto com substituição de areia por RCC classe A, em diferentes porcentagens, buscando reduzir, reciclar e reutilizar a grande quantidade de rejeitos da indústria da construção civil. Este trabalho objetivou estudar as propriedades mecânicas de concreto estrutural, substituindo total e parcialmente (25%, 50%, 75%) a areia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras a serem ensaiadas foram preparadas de acordo com normas brasileiras (NBR 5378, NBR 5379, NBR 6150, NBR 7680, NBR 9479) [11-15], utilizando cinco traços diferentes de concreto, adotando a razão 3x2x1 (três de areia, dois de brita zero e um de cimento), variando com diferentes porcentagens de RCC em substituição à areia para a sua composição (Tabela 3).

Tabela 3. Razão em massa dos traços.

Traços	Areia (kg)	Cascalho (kg)	Cimento (kg)	RCC (kg)
1º Traço – 0R	57,5	34,8	14,9	0,0
2º Traço – 25R	43,2	34,8	14,9	14,4
3º Traço – 50R	28,8	34,8	14,9	28,8
4º Traço – 75R	14,4	34,8	14,9	43,2
5º Traço – 100R	0,0	34,8	14,9	57,5

Na produção das amostras, foi utilizado cimento CP III – 32 e o método de cura foi a cura por via úmida com o uso de lona para manter a umidade. Tanto a areia quanto

o RCC utilizados na preparação das amostras foram peneiradas com peneira de 4 mesh (4,76 mm). Todas as amostras foram obtidas a partir de um molde 100 mm x 200 mm (Figura 1), de acordo com as normas técnicas já mencionadas.



Figura 1. Corpos de prova confeccionados para os ensaios.

Os ensaios de compressão foram realizados com tempos de cura de 7 e 28 dias, em 10 corpos de prova de cada traço. Utilizou-se uma máquina de compressão Soloteste (Figura 2), no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Redentor, Itaperuna – RJ, com velocidade de compressão de 5 mm/min.

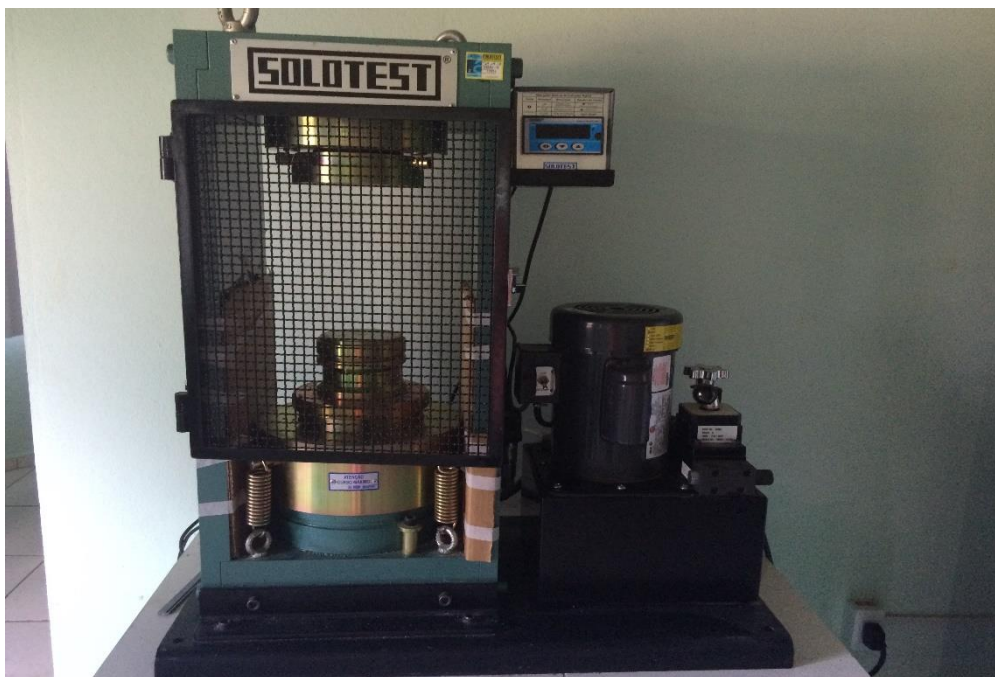


Figura 2. Equipamento utilizado para o teste de compressão.

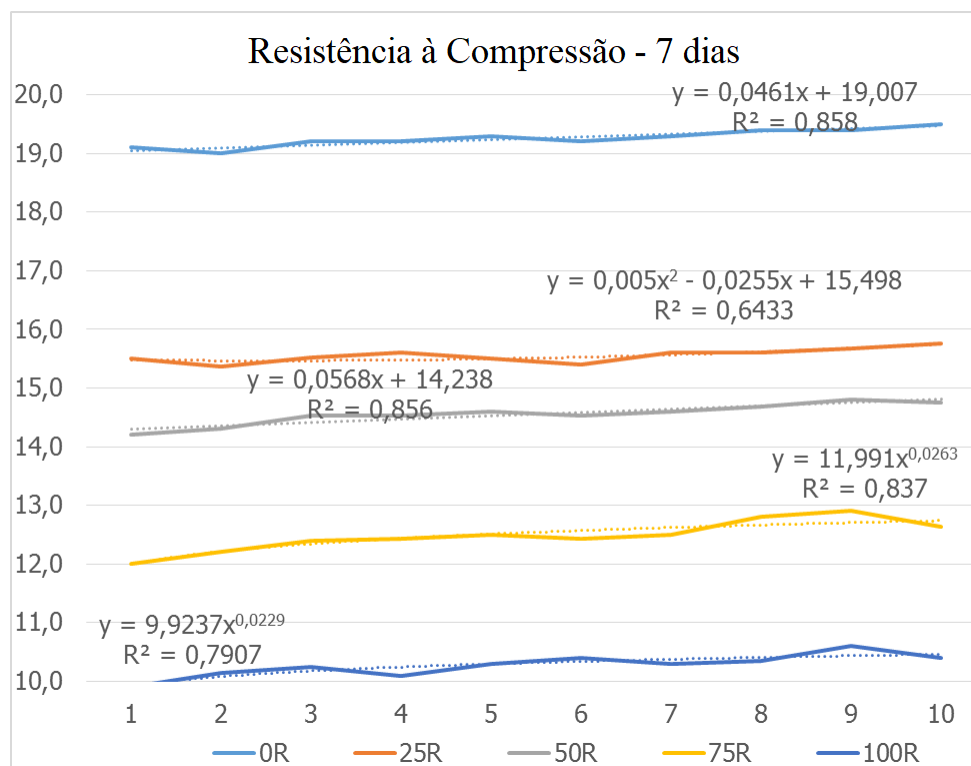
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram satisfatórios, com os valores médios da resistência mecânica à compressão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados de resistência à compressão.

Traço	Tempo de cura (dias)	Resistência à Compressão (MPa)
0R	7	19,300 ± 0,151
	28	21,500 ± 0,278
25R	7	15,600 ± 0,122
	28	18,300 ± 0,287
50R	7	14,600 ± 0,186
	28	17,900 ± 0,320
75R	7	12,500 ± 0,263
	28	16,400 ± 0,307
100R	7	10,300 ± 0,193
	28	13,600 ± 0,186

Os resultados obtidos para cada traço e as linhas estão indicados nos gráficos das Figuras 3 e 4, apontando a linha de tendência para cada curva, bem como a equação que melhor define cada modelo.

**Figura 3.** Resultados para o tempo de cura de 7 dias.

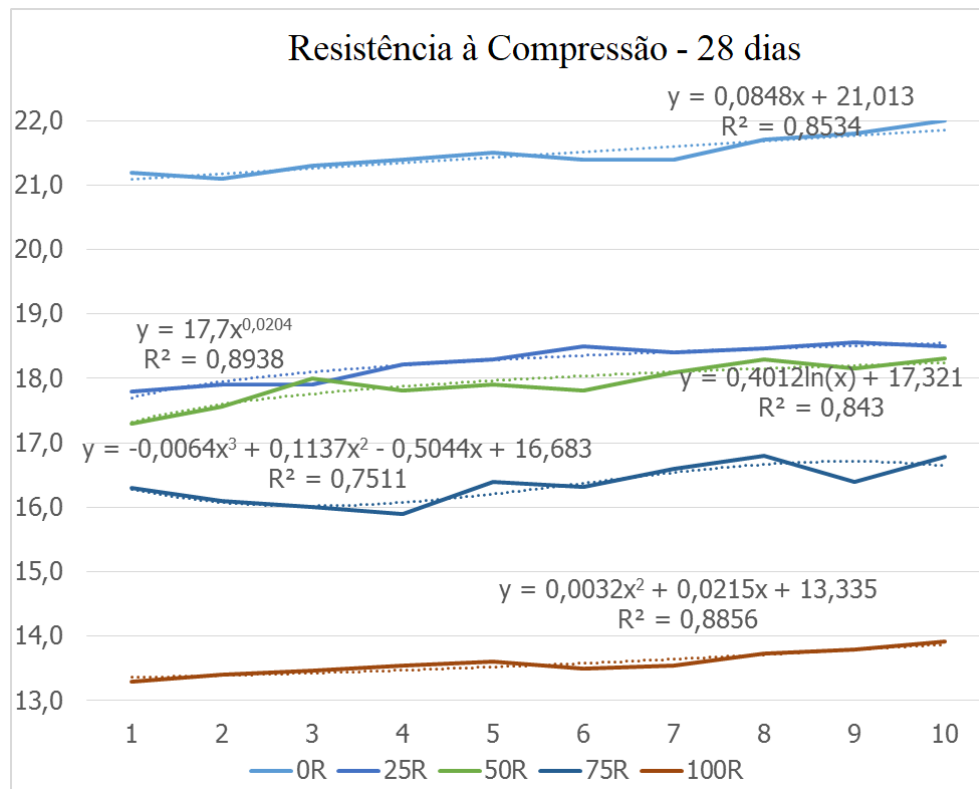


Figura 4. Resultados para o tempo de cura de 28 dias.

Os resultados obtidos apontam para uma excelente performance considerando a substituição parcial de areia por RCC no concreto, nas frações mássicas de 25, 50 e 75%. Os resultados para a substituição total de areia por RCC indica um comportamento razoável e pode ser utilizado para uma menor demanda de resistência mecânica à compressão.

4 CONCLUSÕES

Dada a imensa produção de RCC que vem sendo depositada à cada ano de maneira ambientalmente adequada, ou sendo usada em serviços de má qualidade, o problema é grande e sério, e iniciativas governamentais e públicas para o uso deste resíduo devem ser implementadas

O presente trabalho contribui para a solução deste problema ao apresentar uma excelente utilização de RCC. Outros testes devem ser realizados para corroborar esta tese, mas podem ser indicados princípios, como a produção de blocos de alvenaria estruturais, blocos de bloqueio para pavimentos, construção de subpisos, concreto para sapatas, etc.

REFERÊNCIAS

- 1 Pimentel UHO. Análise da Geração de Resíduos da Construção Civil da Cidade de João Pessoa/PB. Tese de Doutorado – UFBA. Bahia. 2013.
- 2 Callister Jr W. Ciência e Engenharia de Materiais. Rio de Janeiro: 5ª Ed. LTC. 1999.
- 3 Mehta PK, Monteiro PJM. Concrete – Structure, properties and materials. São Paulo: Ed. Pini. 1994.
- 4 Bauer LAF. Construction Materials. Vol. 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1993.

- 5 Petrucci EGR. Concrete Portland Cement. São Paulo: Ed. Globo. 14ª Edição. 2005.
- 6 Levy SM. Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos. Dissertação de Mestrado – USP. São Paulo. 1997.
- 7 Zordan SE. A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.
- 8 Ponnada MR, Kamewwar P. Construction and Demolition Waste Management – A Review. International Journal of Advanced Science and Technology. 2015;84:19-47.
- 9 Conselho Nacional do Meio Ambiente–CONAMA. Resolução 307: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília. 2002.
- 10 Conselho Nacional do Meio Ambiente–CONAMA. Resolução 308: Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte. Brasília. 2002.
- 11 ABNT NBR 5378. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. 2008.
- 12 ABNT NBR 5379. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 1994.
- 13 ABNT NBR 6150. Eletroduto de PVC Rígido. 2007.
- 14 ABNT NBR 7680. Concreto – Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto. 2015.
- 15 ABNT NBR 9479. Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova. 2006.