

INCORPORAÇÃO DE MATERIAL RECICLADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA PREPARAÇÃO DE CONCRETO NÃO ARMADO

Thiago de Freitas Almeida*, Fernando Dias dos Anjos, Douglas de Souza Contildes, Andréia Boechat Delatorre, Geórgia Peixoto Bechara Mothé

*Universidade Estácio de Sá-Campus Macaé. E-mail: almeida.thiago@estacio.br.

RESUMO

A geração de resíduos representa um dos maiores desafios para as sociedades contemporâneas. A crescente busca por melhorias e desenvolvimento de novas tecnologias dos materiais de construção civil tem sido alvo de diversas pesquisas. O presente trabalho de pesquisa investigou a viabilidade da utilização de areia reciclada, proveniente de Resíduos da Construção Civil como matéria-prima para a produção de concreto não armado, comparando-o com uma amostra de concreto produzido com materiais comerciais. Foram estudadas um total de vinte e quatro amostras de concreto, seis para cada traço e três para cada ruptura, a 14 e 28 dias, os traços apresentaram substituição da areia comercial por areia reciclada na proporção de 0 %, 30 %, 60 % e 100 % em peso. Os corpos de prova foram moldados e submetidos ao ensaio de compressão axial no concreto endurecido. De acordo com os resultados obtidos, as amostras de concreto com substituição de areia apresentaram um ganho médio de FKC aproximado de 5,80 %. Todos os concretos com tempo de cura de 28 dias apresentaram valores superiores ao mínimo estabelecido pela norma.

PALAVRAS-CHAVE: Areia reciclada, Concreto, Resíduos da Construção Civil.

ABSTRACT

Waste generation represents one of the greatest challenges for contemporary societies. The growing search for improvements and development of new technologies of civil construction materials has been the subject of several researches. The present work investigated the feasibility of using recycled sand from Civil Construction Waste as raw material for the production of non-reinforced concrete, comparing it with a sample of concrete produced with commercial materials. A total of twenty-four concrete samples were studied, six for each trait and three for each rupture, at 14 and 28 days, the traces showed substitution of commercial sand for recycled sand in the proportion of 0%, 30%, 60% and 100% by weight. The specimens were cast and subjected to the axial compression test on the hardened concrete. According to the results, the samples of concrete with sand substitution showed an average gain of FKC of 5.80%. All concrete with curing time of 28 days presented values higher than the minimum established by the standard

KEY WORDS: Recycled Sand, Concrete, Construction Waste.

INTRODUÇÃO

Um dos vários problemas enfrentados pela humanidade desde o início do século XXI é a geração e o gerenciamento dos resíduos (DEBAPRIYA *et al.*, 1999).

Neste sentido, a indústria da construção civil tem se destacado devido à enorme quantidade de resíduos produzidos e despejados na natureza. Estes resíduos possuem uma variedade enorme de constituintes, e não possuem uma aplicação definida (JOHN, 2000).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), os resíduos de construção civil (RCC) no Brasil são compostos principalmente de: argamassa, concreto, blocos de vedação, ferragens e orgânicos (ABRELPE, 2017).

Segundo Pinto (1999), nas cidades brasileiras o RCC representa de 41 a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU). Para Cabral *et al.*, (2009) o RCC constitui uma importante parcela do RSU, correspondendo em torno de 50%, enquanto que para Silva e Fernandes (2014), representam cerca de 60% do montante de RSU.

A reciclagem vem sendo empregada como forma de destinação correta do RCC. Ela inicia-se com a separação dos materiais cerâmicos, metais e orgânicos. Após essa separação, os materiais cerâmicos são triturados em forma de agregados com diferentes granulometrias. A contribuição desta reciclagem para o meio ambiente é grande, pois reduz o montante de RCC despejados indevidamente no meio ambiente. Porém ainda há um impasse em onde aplicar esses agregados gerados da reciclagem do RCC.

Visando a melhor utilização dos agregados reciclados como material de construção e conseqüentemente a possibilidade em adquirir produtos no qual os agregados possam ser incluídos na composição, muitas pesquisas vem sendo



elaboradas. Podemos citar o caso de grandes rodovias americanas, no qual seu histórico deixa claro que durante o processo construtivo a utilização de agregado reciclado foi de suma importância, tornando assim a primeira utilização deste resíduo (MEHTA, 1994).

No caso de argamassas, Levy (1997) cita que deve haver um tratamento adequado dos agregados uma vez que podem constar no seu produto final características indesejáveis que aparentemente são apresentadas devido à má propriedade do agregado reciclado. Ângulo (2000), afirma em sua pesquisa que a argamassa com produtos reciclados foram testadas nas obras e testes avaliaram de forma positiva o material produzido com RCC.

Embora as pesquisas realizadas até agora indiquem um bom potencial para utilizar agregados reciclados, o seu emprego ainda é relativamente pequeno. Uma das maiores dificuldades para a aplicação de agregados reciclados é a sua grande variabilidade. Neste contexto, esses resíduos poderão se tornar de grande auxílio na produção de materiais alternativos de menor custo, substituindo parte dos agregados naturais empregados, como por exemplo, em concretos.

O concreto é o compósito mais utilizado no setor da construção civil por apresentar excelente resistência à água, resistência ao fogo e durabilidade (JOHN, 2000).

Reciclar o resíduo proveniente da construção civil e reutilizá-lo na confecção de outros materiais para a própria construção é um bom exemplo do novo caminho que deve ser seguido, pois além de dar utilidade a um material que normalmente é descartado, é base para um estudo que pode ajudar a aprimorar as características do concreto.

Pesquisas nacionais que tratam de assunto têm chegado a conclusões promissoras, pois os concretos com esse tipo de agregado têm alcançado bons desempenhos em relação à avaliação mecânica e à durabilidade (CHEN, 2011; SILVA, 2009; ZORDAN, 1997).

Este trabalho justifica-se em complementar os estudos existentes sobre o concreto com a adição de agregados, descartados de forma inadequada. Visando apresentar um destino adequado a estes rejeitos, desenvolvendo um novo produto que pode ser usado diretamente no ramo da construção civil.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar a resistência do concreto não armado incorporado com agregado, chamado a partir de agora de “areia reciclada”, substituído a areia comercial e comparar os resultados obtidos com as propriedades de resistência do concreto convencional, conforme as exigências da Associação Brasileira de Normas Técnicas, verificando se o produto desenvolvido atende as suas regulamentações.

- Realizar a caracterização física da areia comercial, areia reciclada.
- Substituir a areia comercial por 0%, 30%, 60% e 100% de areia reciclada.
- Realizar a caracterização do concreto fresco.
- Comparar a resistência à compressão dos corpos de prova produzidos com concreto convencional e os produzidos com concretos incorporados com diferentes porcentagens de areia reciclada.

METODOLOGIA

O procedimento experimental desse trabalho foi constituído das etapas de obtenção do agregado reciclado (areia reciclada), dosagem experimental dos concretos, caracterização física da areia comercial e reciclada, caracterização dos concretos frescos e avaliação da resistência à compressão há 28 dias.

O agregado reciclado utilizado neste trabalho foi cedido pela construtora JM, situada no bairro Campo Redondo no município de São Pedro da Aldeia-RJ. O resíduo cedido possuía granulometria compatível com a areia comercial. As demais matérias primas utilizadas: cimento, pedra brita e areia comercial, foram adquiridos em loja de material de construção presente no município de Macaé-RJ. Foi utilizada também água potável, fornecida pela empresa de abastecimento de água do município de Macaé-RJ.

A areia comercial e reciclada foram caracterizadas quanto à granulometria, determinada através de peneiramento, seguindo a norma ABNT NBR 7217:1987. Foi determinado também o teor de umidade das amostras. Essa análise seguiu os procedimentos regidos pela norma ABNT NBR 9939:2011. E foi calculada pela Equação 1:

$$TU = [(Mu - Ms) / Ms] \times 100$$

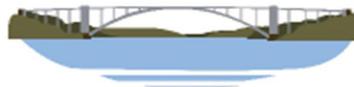
Equação 1

Onde:

TU= Teor de Umidade

Mu = Massa úmida da amostra.

Ms = Massa seca em estufa por no mínimo 24 h a 110 °C.



A determinação do traço de referência adotado no método experimental foi definida para o concreto C20, determinado pela norma ABNT NBR 8953:2015. Esse traço deve atingir um FCK (do inglês, *Feature Compression Know*), traduzida para o português como Resistência Característica do Concreto, mínimo de 20 MPa, segundo a norma citada. Com o intuito de aumentar a plasticidade e a trabalhabilidade foi adotado o uso de pó de calcário, que possui um papel lubrificante pelas suas partículas finas (RIBEIRO *et al.*, 2013). Com isso a partir da definição da dosagem do traço e do teor de areia reciclada a ser incorporada, partiu-se para o processo de execução. Essa mistura foi realizada mecanicamente com o auxílio de uma betoneira de queda livre que produz um movimento onde as pás internas da cuba levam o material até a parte superior e de lá estes caem por gravidade ou queda livre, os materiais são misturados aos poucos, garantindo uma homogeneidade. A quantificação de cada material utilizado para confeccionar os traços de concretos encontra-se conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de materiais utilizados nos traços. Fonte: Autor do Trabalho

Traço	Cimento	Areia Comercial	Pó de Calcário	Brita 0	Brita 1	Água	Areia Reciclada
0%	1	2,0	1	0,5	2,5	2,5	0,0
30%	1	1,4	1	0,5	2,5	2,5	0,6
60%	1	0,8	1	0,5	2,5	2,5	1,2
100%	1	0,0	1	0,5	2,5	2,5	2,0

Na produção dos concretos a relação água/cimento foi mantida em aproximadamente 0,4. O concreto fresco foi caracterizado através do *Slump Test*, realizado de acordo com a norma ABNT NBR NM 67:1998.

O Teste de Slump tem por objetivo determinar o grau de plasticidade do concreto fresco, o que será capaz de influenciar de maneira direta em suas propriedades físicas e mecânicas. O grau de plasticidade varia em função do abatimento do tronco de cone, determinando o processo de adensamento que será empregado na moldagem dos corpos-de-prova, como mostrado na Tabela 2:

Tabela 2: Processo de adensamento. Fonte: Ribeiro *et al.*, (2011).

Abatimento (mm)	Processo de Adensamento
$X \leq 20$	Vibração
$20 < X \leq 60$	Vibração ou Manual
$X > 60$	Manual

A determinação do abatimento foi realizada a partir da amostra de concreto fresco sendo inserida no molde, sobre uma placa metálica de base. Em seguida, o adensamento compor-se-á em 3 camadas com 25 golpes cada e então o molde foi retirado para a medição do abatimento, em milímetros.

A moldagem dos corpos de prova foi executada seguindo as diretrizes da NBR 5738:2016. A mistura foi adensada nos moldes cilíndricos, com dimensões de 10cm de diâmetro por 20 cm de altura. Os moldes foram untados previamente com óleo mineral, no intuito de facilitar a retirada do corpo-de-prova após a sua secagem. Foram produzidos 4 corpos de prova para cada traço descrito na Tabela 1. No processo de cura dos corpos de prova de concreto, foi utilizado o método de imersão. Este modelo de cura mantém os corpos de prova hidratados e assim obtém o melhor resultado possível, o tempo de imersão varia de acordo com as datas previstas para o rompimento, neste estudo foram adotados dois tempos de cura de 14 e 28 dias.

O ensaio de compressão axial foi realizado de acordo com a ABNT NBR 5739:2018. Os corpos de prova foram colocados com o eixo na vertical no meio dos pratos da prensa, nesse ponto uma carga axial contínua foi aplicada com velocidade controlada atuando até seu rompimento. Os ensaios foram realizados nos Laboratórios da Universidade Estácio de Sá, Campus Macaé.

RESULTADOS

A Figura 1 mostra a curva obtida pela análise granulométrica da areia comercial e areia reciclada. Na Figura 1a observamos que aproximadamente 81 % das partículas possuem diâmetro entre 0,2 mm e 0,6 mm sendo classificada como areia média. Para a areia reciclada apresentada na Figura 1b, observamos que aproximadamente 72% das partículas possuem grãos com diâmetro entre 0,2 mm e 0,6 mm sendo também classificada como areia média. Do ponto de vista granulométrico podemos observar um comportamento similar entre os diâmetros das partículas das duas amostras. Isso indica que a incorporação e/ou substituição da areia comercial por areia reciclada não apresentará alterações, a nível granulométrico, no concreto produzido. Dados similares foram encontrados por Santos *et al.*, (2017) em sua pesquisa.

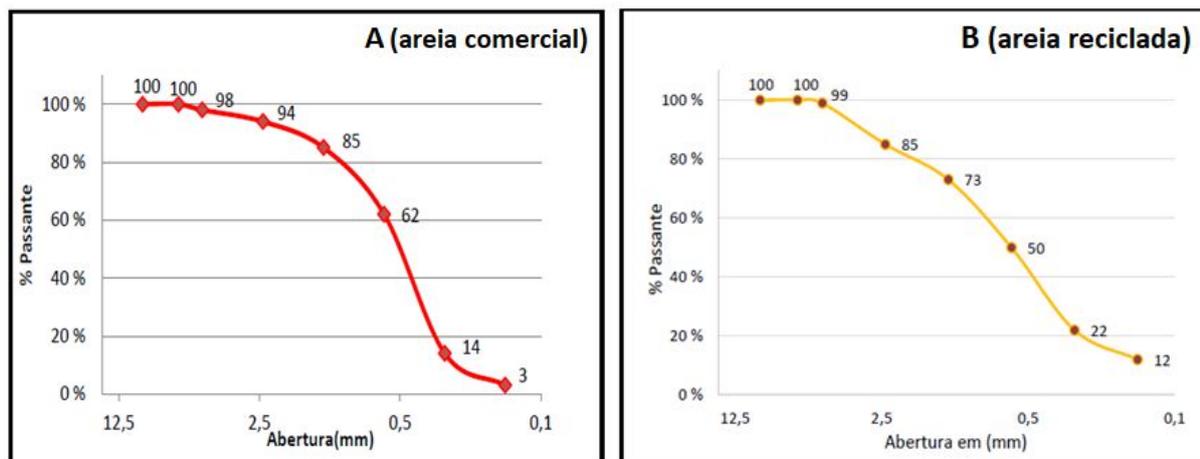
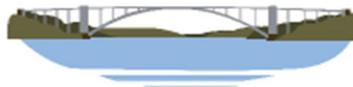


Figura 1: Curva granulométrica das areias – A: Areia Comercial; B: Areia Reciclada. Fonte: Autor do Trabalho.

O teor de umidade presentes nas amostras de areia comercial e areia reciclada que foram utilizadas na confecção dos corpos de prova são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Teor de umidade da areia comercial e reciclada. Fonte: Autor do Trabalho.

Teor de umidade (%)	
Areia Comercial	1,81
Areia Reciclada	0,84

Observamos que a areia comercial apresentou um valor de umidade mais elevado que a areia reciclada, este fato pode estar relacionado ao processo de extração da areia comercial que tem de origem fluvial. Porém os resultados indicados para as duas amostras são baixos, o que segundo Carasek *et al.*, (2018) não irá interferir na relação água/cimento durante a preparação dos traços de concreto.

A Tabela 4 mostra um comparativo entre os valores obtidos para o *Slump Test* realizado nas massas de concreto fresco produzido.

Tabela 4: Resultado comparativo com os valores do *Slump Test*. Fonte: Autor do Trabalho.

Traço	Abatimento (mm)
0%	120
30%	130
60%	140
100%	145

Como podem ser observados, todos os traços de concreto estudados apresentaram valores de abatimento superior à 60 mm. Assim, definiu-se o processo de adensamento manual para os todos os tipos de concreto produzidos.

Os resultados obtidos com o ensaio de compressão são mostrados na Figura 2. A partir dos resultados obtidos no ensaio realizado aos 14 dias de idade, pode-se observar que somente o concreto sem adição de areia reciclada atingiu o FCK mínimo de 20 MPa. Porém com a cura de 28 dias todas as composições apresentaram valores superiores ao FCK mínimo estabelecido. Comparando os resultados de compressão a 14 e 28 dias pode-se notar que o concreto produzido com materiais comerciais, apresentou FCK em torno de 8,02 %. O concreto com substituição de 30% e 60% de areia comercial por areia reciclada obteve um ganho de FCK de 4,22 % e 5,37 % respectivamente. E o concreto com 100% de substituição apresentou 5,40 % de aumento em seu FCK. Nota-se ainda que a substituição parcial da areia comercial por areia reciclada influenciou nos valores FCK dos concretos porém todos permaneceram acima do mínimo proposto.

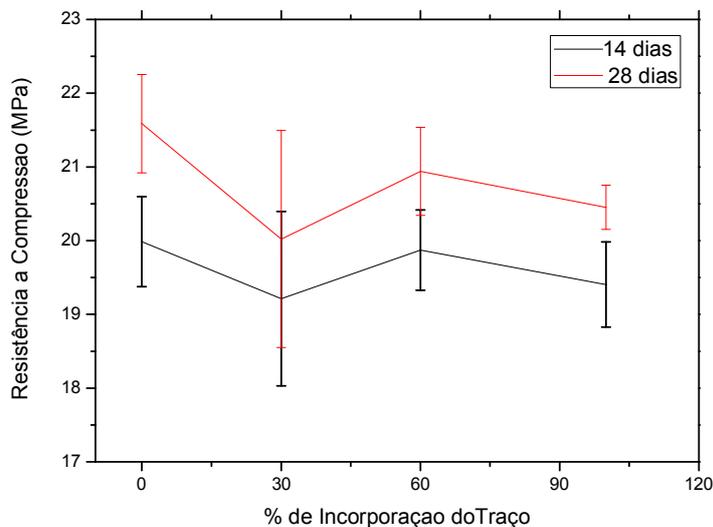
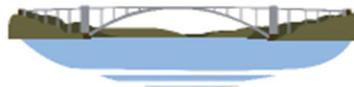


Figura 2: Gráfico de resistência a compressão axial. Fonte: Autor do Trabalho.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados experimentais obtidos foi possível obter as seguintes conclusões:

-Com relação a granulometria, a areia comercial e a areia reciclada não apresentaram diferenças significativas que impediriam a substituição.

-A substituição de areia não influenciou no adensamento do concreto.

-Quando curados por 14 dias, todas as composições apresentaram FCK abaixo da norma ABNT NBR 8953:2015. Porém elevando o período de cura a 28 dias todas as composições mostram-se superiores aos valores mínimos estipulados.

Com isso conclui-se que é possível fazer a substituição da areia comercial por areia reciclada e ainda manter os valores mínimos de FCK para os concretos. Ambientalmente seria dado um destino aceitável para o resíduo da construção civil estudado neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 1772. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro. 2015.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9939. **Agregados - Determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 2011.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8953. **Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro. 2015.
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR NM 67. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro. 1998.
5. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5738. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro. 2016.
6. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5739. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 2018.
7. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo. Grappa, 2017.
8. Ângulo, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 155p. São Paulo, 2000.
9. Cabral, A. E. B., Schalch, V., Dal Molin, D. C. C., Ribeiro, J. L. D., Ravindrarajah, R. S. **Cerâmica** 55, 336 448. 2009.
10. Carasek, H., Girardi, A. C. C., Araújo, R. C., Angelim, R. O. **Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento**. **Cerâmica** 64. 2018.



11. Chen, M., Lin, J., Wu, S. **Const. Building Mater.** 25, 10. 2011.
12. Debapriya, D., Sukumar, M., Adhikari, B. **Reclaiming of rubber by a renewable resource material (RRM).** Journal of Applied Polymer Science, v. 73, n. 14, p. 2951-2958, 1999.
13. Levy, S. M. **Reciclagem de entulho da construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
14. John, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000.
15. Naumoff, A. F., Peres, C. S. **Reciclagem de matéria orgânica, Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas.** São Paulo: IPT, 2000.
16. Pinto, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1999.
17. Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais.** São Paulo, Ed. PINI, 1994.
18. Ribeiro, C. C., Pinto, J. D. S., Starling, T. **Materias de Construção Civil.** 4. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.
19. Santos, D. O. J., Fontes, C. M. A., Lima, P. R. L. **Uso de agregado miúdo reciclado em matrizes cimentícias para compósitos reforçados com fibras de sisal.** Revista Matéria, v.22, n.1, 2017.
20. Silva, C. A. R. **Estudo do agregado reciclado de construção civil em misturas betuminosas para vias urbanas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, MG (2009).
21. Zordan, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (1997)