

## **ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DE 30% DE RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA NA FABRICAÇÃO DE TRAÇOS DE CONCRETO EM SUBSTITUIÇÃO A AREIA LAVADA**

Ornelas, M.G.(1); Loesch, T.A.S. (1); Rocha, A.M. (1); Cabral, S.C. (1); Skury, A.L. (2); Monteiro, S.N. (3)

(1) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM;

(2) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF;

(3) Instituto Militar de Engenharia – IME

Campus do Mucuri - Teófilo Otoni/MG, Rua do Cruzeiro, nº 01 - Jardim São Paulo - CEP 39803-371, Telefone:+55(33) 3522-6037 / 3522 4873 / 3522 3523

[matheusgodinhoornelas@yahoo.com.br](mailto:matheusgodinhoornelas@yahoo.com.br)

### **1 - RESUMO**

*Em meio ao crescimento habitacional, observa-se que os canteiros de obras não apresentam um reaproveitamento dos resíduos gerados, fazendo com que haja um descarte irregular do mesmo, tornando as construções contrárias ao desenvolvimento sustentável. Para reverter essa situação, uma estratégia seria fazer uso dos resíduos que apresentam propriedades similares dos materiais obtidos na natureza. Desta forma o trabalho propõe arrecadar certa quantidade de resíduos de construção e de demolição, em particular os blocos cerâmicos, para a confecção de traços de concreto. A partir da metodologia aplicada um traço estrutural foi confeccionado com 30%, de RCC (cerâmica vermelha). O presente trabalho apresentou excelentes resultados, onde o traço confeccionado com 30% RCC obteve uma resistência semelhante a do traço padrão comparando a margem de erro padrão. Sendo viável a utilização deste resíduo para a confecção de traços de concreto desde que seguindo todas as normas para sua confecção.*

*Palavras-Chave: RCC; cerâmica vermelha; traços de concreto.*

## 2 - INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor da construção civil demonstra uma grande quantidade de desperdício de matéria prima que é descartada em forma de entulho. Este entulho resultado de perdas durante todos os processos de execução do projeto acarreta em prejuízo financeiro e também em danos ao meio ambiente. Além dos gastos com o material que será descartado, existe ainda os gastos com a remoção do entulho para um local adequado.

Segundo Marinho (1991), demolições, obras em processo de renovação, geram os resíduos da construção civil, por conta da característica artesanal da produção que gera um desperdício de material.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em sua Resolução Nº 307, de 5 de Julho de 2002, a definição de resíduo da construção civil é dada por aqueles: “[...]provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos [...]”.

Gonçalves (2001) destaca que na indústria da construção civil, o índice de desperdício é muito grande, chegando a 33%. Dessa maneira a quantidade de resíduos gerados e que são descartados de maneira imprópria é preocupante. Um outro problema que surge no entulho, é a variedade de materiais que o compõe, sendo necessária uma separação dos materiais, o que torna limitada a reutilização do mesmo.

Apesar de não existirem estatísticas que englobem todo o território nacional, em média, o entulho proveniente dos canteiros de obra em nosso país é composto segundo Camargo (1995), por:

- 64% de argamassa;
- 30% de componentes de vedação (tijolos e blocos);
- 6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos).

De acordo com os autores, os principais motivos para que os RCC's sejam gerados e com um índice de desperdício tão grande, são a baixa qualidade de materiais que são utilizados nas edificações, problemas iniciais relacionados ao projeto (como a falta de detalhamento e de definições), uma mão de obra desqualificada, a maneira como são transportados e armazenados os materiais a

falta ou até mesmo a presença de mecanismos de controle ineficientes no momento de execução da obra, a ausência de processos de reciclagem no canteiro de obras.

No Japão, em 1988, realizou-se o II Simpósio Internacional em Demolição e Reutilização de Concreto e Alvenaria, que estabeleceu as seguintes diretrizes, de acordo com Kasai (1989):

- O concreto de origem dos agregados reciclados deve estar isento de solo e grandes quantidades de impurezas;
- A forma e o tamanho do agregado reciclado podem ser controlados pelo processo de britagem;
- Agregados graúdos são adequados para reutilização, enquanto a qualidade dos concretos reciclados geralmente se torna inferior se o agregado reciclado miúdo é utilizado;
- É necessário estabelecer normas de qualidade para agregados reciclados e concretos reciclados;
- Especificações e recomendações devem ser desenvolvidas de maneira a encorajar o uso de concreto reciclado, em conformidade com códigos e normas de cada país.

A Resolução CONAMA 307 de 5 de julho de 2002 além de classificar os diversos tipos de resíduos da construção civil (RCC), estabelece diretrizes, procedimentos e critérios para a gestão dos mesmos, também chamados de entulhos.

O intuito deste trabalho é o estudo da viabilidade da aplicação de 30% da cerâmica vermelha na fabricação de traços de concreto em substituição a areia lavada. Espera-se que as propriedades do concreto permaneçam próximas as do concreto formal, sendo assim, durabilidade e resistência à tensões, tornando-se viável a aplicação do material, tendo em vista a redução do custo do traço por conta do uso de RCC (cerâmica vermelha), diminuição da extração de recursos naturais e também do acúmulo dos resíduos em áreas urbanas, reduzindo assim os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil.

### **3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

Tendo em vista a indisponibilidade da utilização dos laboratórios da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, os experimentos

realizados necessários para esta pesquisa foram transferidos e executados no Laboratório Interdisciplinar da Universidade Presidente Antônio Carlos – Unipac *Campus* Teófilo Otoni, com a supervisão do técnico e do professor orientador.

O primeiro passo do trabalho foi a revisão bibliográfica, seguida da coleta do material utilizado, feita em canteiros de obra na cidade de Teófilo Otoni – MG. O material coletado foi triturado manualmente com o auxílio de uma marreta. O processo foi realizado até que o mesmo tivesse um aspecto próximo ao da areia e posteriormente foi peneirado. Assim este material foi levado para o laboratório para a confecção dos traços com 30% de resíduo em substituição a areia lavada. Em seqüência os materiais foram misturados em betoneira elétrica, tirado o slump teste e feitos os corpos de prova, após 07 e 28 dias, período no qual o concreto atinge a sua resistência máxima, os mesmos foram rompidos e suas devidas resistências comparadas a um traço padrão também confeccionado.

O trabalho teve como intuito inicial avaliar as propriedades do traço de concreto feito com 30% de cerâmica vermelha triturada substituindo a areia lavada, para identificar o desempenho mecânico: resistência à compressão e durabilidade.

Quantidade de água: Foi definido que o teste de slump seria o mesmo que o resultado obtido com o traço comum, para que as variações apresentadas pelos materiais fossem mais perceptíveis.

Foram realizadas as dosagens do concreto padrão e com adição da cerâmica vermelha, cada uma com sua respectiva relação água/cimento definida anteriormente. Assim foram confeccionados 24 corpos de prova com um total de duas dosagens realizadas.

Primeiramente foram definidas as características e variáveis que por ventura interfeririam no experimento, posteriormente os fatores que deveriam ser mantidos uniformes durante o processo de execução do procedimento. Sendo assim, fixaram-se os fatores:

Idade do concreto: Para atender as normas e aproximar da literatura, foram utilizadas para os traços de concreto substituindo a areia pela cerâmica vermelha triturada a idade de 7, 28 dias, que são as mais usadas.

Tipo de cura: Foi estabelecido que os corpos de prova obtivessem um tempo de cura natural, por um prazo de 24 horas. Período esse estabelecido pelas normas da ABNT NBR 5738: 2003, onde define a duração na qual o corpo de prova cilíndrico realiza a cura em condições ambientes. Após esse processo os corpos-de-

prova foram direcionados a uma câmara úmida á temperatura de  $(23 \pm 2) ^\circ \text{C}$  e umidade relativa do ar superior a 95%, respeitando a mesma norma, onde permaneceram ate serem rompidos no teste de compressão.

A trabalhabilidade (“slump-test”), com o intuito de padronizá-lo, foi pré-definido que o abatimento do concreto (slump) após ser retirado do cone seria de  $(40 \pm 10)$  mm. Conforme a NBR NM 67: 1998, foi utilizado os aparelhos necessários e respeitou-se os procedimentos para a realização do ensaio.

#### Massa especifica

As amostras dos agregados foram coletadas e secadas em uma temperatura ambiente durante um período de 72 horas. Após a secagem as amostras forma separadas para realização dos procedimentos experimentais.

Para as amostras de areia industrializada (agregado miúdo) foram utilizadas as quantidades de 500 g, já o agregado graúdo coletou-se 2500 g, todas as amostras devidamente pesadas em balanças com precisão de 1 g.

A NBR NM 52: 2002 especifica-se que para ensaios de massa específica de areia utiliza-se recipiente graduado chamado de frasco de Chapman onde no mesmo foi adicionado água ate a medida de  $(200 \text{ cm}^3)$  seguido do adcionamento de 500 g de areia industrializada (agregado seco) sempre movendo o frasco para impedir as bolhas de ar.

Pelos dados obtidos no ensaio, foi possível montar a Tabela 1:

Tabela 1: Massa específica.

ENSAIO	MASSA ESPECIFICA (kg/m <sup>3</sup> )
Areia Industrializada Média	2688
Brita 0	2700
Brita 1	2800

Pelos resultados obtidos, pode-se verificar que os materiais possuem massas específicas próximas, o que justifica o ocorrido é serem produzidas pelo mesmo produto bruto, a rocha gnaisse, mas a diminuição da massa específica da maior para a menor granulometria é devido ao processo de quebra da rocha.

Dosagem, produção e moldagem dos corpos-de-prova

Para realização da dosagem, é preciso percorrer uma série de fatores e etapas sucessivas, como levantamento dos agregados, até a composição definitiva do concreto, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1980), a dosagem do concreto é dada por três constituintes básicos: o cimento Portland, agregados e água. Para a utilização do método proposto pela ABCP, são necessário que se sigam quatro passos: realizar um levantamento das características dos materiais utilizados, definir uma relação água/cimento ( $a/c$ ), propor o consumo dos materiais e também apresentar a quantidade de cada um, resultando no traço do concreto. Elaborou-se, para a execução do trabalho, um traço com características padrão para uma resistência de 20 Mpa, (200 kgf/cm<sup>2</sup>) aos 28 dias. A partir desse traço, um outro foi elaborado substituindo 30% do agregado miúdo por resíduos de cerâmica vermelha (RCC), moída e peneirada no traço padrão. Feito assim 2 traços, 1 padrão e 1 com adição cerâmica vermelha. Para o traço houve a confecção de 4 corpos de prova, resultando em 8 corpos de prova. Este trabalho optou por produzir os ensaios de resistência à compressão nas idades de 7 e 28 dias, sendo 2 corpos de prova para 7 dias e 2 para 28 dias, para cada traço.

#### Produção e moldagem dos corpos de prova

Foram feitos dois traços, um dos traços padrão, de concreto com resistência de 20 Mpa, com idade de 28 dias, este serviu como base para fazer o segundo traço, este substituindo 30% do agregado miúdo pelos resíduos de (RCC).

Depois de feito os dois traços, os mesmos foram submetidos ao “slump-test”, processo para obter o “Slump” esse processo é descrito na NBR NM 67:1998 figura



FIGURA 1 - Slump test do concreto padrão.

Após a realização do “slump-test” os dois traços foram colocados em formas cilíndricas para fazer os corpos de provas esse processo é descrito na norma NBR 5738:2008, onde as formas cilíndricas que foram usadas possuem 20 cm de altura e 10 cm de comprimento, untadas com um óleo mineral que facilitará na hora de retirar o concreto das formas após o processo de secagem. Outra etapa no processo de

preparo é o adensamento do concreto, que é realizado de forma mecânica, golpeando 12 vezes com uma vareta de metal em duas camadas diferentes.

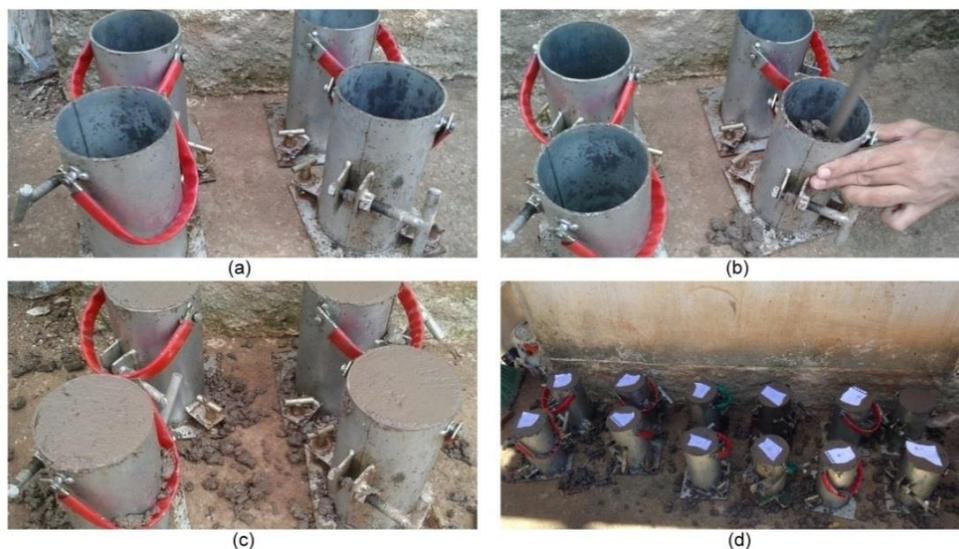


Figura 2 -(a) Moldes; (b) Adensamento da primeira camada no corpo de prova; (c) Corpos de prova; (d) Corpos de prova moldados e etiquetados.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização dos ensaios, foi seguido o método de dosagem proposto pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), a cerâmica é adicionada a mistura substituindo 30 % do agregado miúdo, no caso a areia. A quantidade de material que foi aplicado para as dosagens dos traços serão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade de material.

Concreto	CONSUMO POR (kg/dm <sup>3</sup> )				
	CIMENTO	AREIA	BRITA	BRITA	CERÂMICA
CPP	1	2,48	0,91	2,13	0,00
CP-30%	1	1,73	0,91	2,13	0,74

Ensaio no estado fresco

O valor encontrado para o “Slump” para o traço padrão foi entre 40 e 60 mm. O traço que utilizou areia industrializada e incorporou juntamente 30% do resíduo de cerâmica resultou em um “Slump” de 80 mm.

#### Resistência à compressão

Anterior ao processo dos ensaios de resistência à compressão, de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5738: 2008 para evitar imprecisões nos resultados os corpos-de-prova foram capeados em suas extremidades com enxofre, dando origem a uma superfície mais lisa aumentando a área de contato entre o corpo-de-prova e máquina de ensaios.

Após este processo, os corpos-de-prova submetidos a forças de compressão em suas superfícies até o momento de ruptura. O ensaio foi realizado seguindo as recomendações da NBR 6156. Os resultados são mostrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Resistência dos corpos de prova traço convencional.

TRAÇO	CORPO DE PROVA	RESITÊNCIA COM 7 DIAS (Mpa)	RESITÊNCIA COM 28 DIAS (Mpa)
Convencional	C1	16,6	27,6
	C2	15,9	26,5
	C3	15,1	25,2
	C4	16,3	27,2

Tabela 4: Resistência dos corpos de prova traço com resíduo.

TRAÇO	CORPO DE PROVA	RESITÊNCIA COM 7 DIAS (Mpa)	RESITÊNCIA COM 28 DIAS (Mpa)
Com Resíduo	C1	13,3	22,2
	C2	13,1	21,9
	C3	14,2	23,7
	C4	13,9	23,1

Pela análise da tabela, notou-se que os valores obtidos da resistência do concreto que utilizou 30% do RCC cerâmica vermelha comparado aos valores de um traço tiveram uma queda em torno de 15%, mas mesmo assim os resultados foram satisfatórios, levando em conta a porcentagem de RCC utilizada que foi considerável e que este material seria descartado.

## **5 - CONCLUSÃO**

Os resíduos originados pela construção civil aumentam a poluição, os custos, e a necessidade de locais cada vez maiores para manejo e destino final. A reciclagem é, sem dúvidas, a melhor alternativa para um crescimento sustentável, reduzindo o consumo exagerado de matéria prima e a geração desordenada de resíduos, além de amenizar o impacto ambiental e gerar produtos economicamente interessantes. No entanto, a tecnologia para o reaproveitamento desses materiais, no Brasil, está apenas começando.

Embora o processo da reciclagem de certos materiais da indústria da construção civil seja uma técnica recente, são inegáveis os benefícios que este método proporciona. O emprego de agregado reciclado de resíduo de concreto é uma alternativa promissora para a fabricação de componentes e elementos de construção, com a finalidade de atender às questões técnicas, econômicas, sociais e ambientais.

No entanto, a utilização destes materiais para a produção de novos concretos é um processo que exige muitos cuidados, tendo em vista o importante papel que os agregados desempenham na mistura. Outro ponto é a distinção entre suas características e propriedades, comparando-os com os agregados convencionais. Neste contexto, é importante que este material seja tratado como “novo”, e muitas pesquisas e testes práticos ainda sejam realizados para seu melhor conhecimento.

As propriedades do agregado reciclado, e conseqüentemente do concreto produzido com ele, são muito influenciadas pelas características do resíduo, ou seja, do concreto natural que o originou. Resíduos de cerâmicas de boa qualidade poderão fornecer agregados reciclados, e posteriormente novos concretos, com mesmas condições.

Como pôde ser comprovado por este trabalho, os concretos confeccionados com 30% de agregados reciclados, originados dos resíduos de cerâmica, atingiram resistências elevadas. Conclui-se então, que a utilização deste para a produção de concreto é bastante viável, resultando em um material de custo mais baixo e boa resistência à compressão, além de contribuir com a qualidade ambiental.

## 6 - REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_ **NBR 10004: Classificação de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002.** Brasília DF.
- CABRAL, A. E. B; MOREIRA, K. M. DE V. **Manual sobre Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Ceará, 2011.
- DALPINO, C. E. **Utilização de Resíduos da Construção Civil para a Produção de Concreto.** Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2008.
- GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto. Um novo material para dosagens estruturais.** 2001, 132p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP.
- KASAI, Y. **Demolição e reutilização do concreto.** V.11, n.3, 1989.
- LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos.** 1997, 147p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo – SP
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto, cilíndricos ou prismáticos; procedimento – NBR 5738.** Rio de Janeiro, 2008.
- ABCP – **Associação Brasileira de Cimento Portland.** <[www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br)>. Acesso em: 10 Dez. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NM 52:2002: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5738:2003: Concreto - Procedimento paramoldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003.

**"STUDY THE FEASIBILITY OF USING 30% OF RED CERAMIC WASTE IN MANUFACTURING CONCRETE TRAITS IN PLACE OF THE WASHED SAND"**

*ABSTRACT*

*Amid the housing growth, it is observed that the construction sites do not present a reuse of waste generated, so that there is an irregular disposal of the same, making the buildings contrary to sustainable development. To reverse this situation, a strategy would make use of the waste that have similar properties of the materials obtained in nature. Thus, the paper proposes raise certain amount of construction waste and demolition, in particular ceramic blocks for making concrete mixtures. From a structural mapping methodology was made with 30% of RCC (red ceramic). The present study showed excellent results, where the trace made with 30% RCC got a similar resistance pattern trace comparing the standard error margin. Being viable to use this waste for making concrete mixtures provided following all the rules for its making.*

*Keywords: RCC, red ceramic, concrete mixtures.*