



## ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO DE AGREGADOS NÃO CONVENCIONAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A EFICIÊNCIA DO MATERIAL CERÂMICO

*Guilherme Ribeiro de Moura<sup>1</sup>, André Leonardo Marques Rizzo<sup>2</sup>, Judson Ricardo Ribeiro da Silva<sup>3</sup>, Waldir Silva Soares Junior<sup>4</sup>*

**RESUMO:** Há muitos resíduos da construção civil que podem ser reaproveitados, e, neste cenário, o material cerâmico é um desses rejeitos que pode servir como eficiente agregado alternativo. Por isso, o que se buscou neste estudo foi analisar viabilidade de uso na construção civil deste material no intuito de buscar materiais mais resistentes para a formação do concreto reaproveitando resíduos da construção civil como agregados. A coleta do material cerâmico, deste modo, foi realizada em canteiros de obras e depósito de lojas especializadas na venda de tais produtos, os materiais recolhidos eram defeituosos ou quebrados, não sendo mais utilizados pelas lojas ou obras. Esta cerâmica foi quebrada manualmente até obter dimensões similares a da brita 1 segundo teste granulométrico e peneiramento. Foi feito o teste *slump* e a moldagem de corpos de prova para serem rompidos aos 3, 7 e 28 dias, com substituição de agregado de 5%, 10% e 20%. Essas amostras foram rompidas para denotar os resultados da pesquisa. O concreto com substituição de agregado parcialmente a 20% com cerâmica foi o que obteve a maior resistência, sendo então recomendado para o uso em estruturas correntes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agregado; construção civil; alternativos

**ABSTRACT:** There are many construction waste that can be recycled, and in this scenario, the ceramic material is one of those wastes that can work as an efficient alternative aggregate. So, what is sought in this study was to analyze the viability of using this material in construction in order to seek tougher materials for the formation of concrete reusing construction waste as aggregates. The gathering of ceramic material, thus, was held on construction sites and depot stores specialized in the sale of such products, the materials collected were defective or broken, no longer being used by shops or works. This pottery was broken manually for dimensions similar to the gravel grain size 1 and as screening test. The slump test was made and the molding of the specimens to be broken at 3, 7 and 28 days with replacement of aggregate by 5%, 10% and 20%. These samples were broken to denote search results. The concrete aggregate substituted partially with ceramic was 20% which increased resistance obtained, being then recommended for use in current structures.

**KEYWORDS:** Household; construction; alternative

<sup>1</sup>Acadêmico do 3º ano do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar - UniCesumar; Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/CNPq); gui.moura21@gmail.com

<sup>2</sup>Acadêmico do 3º ano do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar - UniCesumar; andremarqrizzo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Orientador. Professor Mestre do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar - UniCesumar; judson.ribeiro@gmail.com

<sup>4</sup>Coorientador. Professor Mestre do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar - UniCesumar; waldir.junior@cesumar.br

## 1. INTRODUÇÃO

Este estudo tratou de analisar a resistência do concreto feito a partir de agregados não convencionais em comparação ao convencional para encontrar novas opções de agregados com viabilidade de uso na construção civil e buscar materiais mais resistentes para a formação do concreto. O intuito foi o de estudar formas de reaproveitar resíduos da construção civil como agregados. Nesse contexto, destacou-se como material para estudo de caso a cerâmica, material de acabamento, fase da construção que gera grande quantidade de resíduos, segundo estudo realizado por Violin (2009).

O trabalho, em busca de propor diferentes maneiras de se produzir concreto, com a possibilidade de uso de agregados alternativos, testou este material de resíduo em laboratório quanto à sua resistência mecânica, conforme viabilidade econômica para uso como agregado. Segundo Falcão Bauer (1994, p.63) “agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos”. Ainda a NBR 7225/1993 (ABNT), fixa termos que designam os materiais de construção originários de pedra e os agregados naturais, para fins de engenharia civil.

Segundo a definição da NBR 7225/93, agregado é o material natural, de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 152 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm.

Os agregados são materiais granulares, sem forma ou volumes definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil, conforme Oliveira e Brito (1998). Estes podem ser classificados quanto à sua origem (naturais, artificiais e industrializados), à densidade (leves, médios e pesados) e conforme o tamanho dos fragmentos (graúdos e miúdos).

O agregado natural já é encontrado na natureza sob a forma definitiva de utilização, como exemplo temos a areia de rios, cascalhos, pedregulhos, etc. Já o artificial é obtido pelo britamento de rochas, por exemplo, pedrisco, pedra britada, etc. Por fim, o industrializado é aquele que é obtido por processos industriais, como a escória britada.

Em relação à massa específica (M.E.) temos que, leves são aqueles com M.E. menor que 2 toneladas por metro cúbico ( $t/m^3$ ), médios são os que possuem de 2 a 3  $t/m^3$  de M.E. e pesados são os que têm mais que 3  $t/m^3$  de M.E.

Em se tratando de dimensões de partículas agregados podem ser: graúdos, que são os quais ficam retidos nas peneiras da ABNT 4,8 mm e passam pela de 152 mm; e os miúdos que são os quais passam pela peneira da ABNT de 4,8 mm e ficam retidos na peneira da ABNT de 0,075 mm.

Várias são as fontes de geração de resíduos na construção civil. Por exemplo, a falta de qualidade dos bens e serviços que podem gerar perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho e contribuem no volume de resíduos gerados (LEITE, 2001), e, o volume de recursos naturais, tais como madeira e ferro, muitos deles não renováveis, utilizados pela indústria da construção, corresponde a pelo menos um terço do total consumido por toda a sociedade (SILVA, 2000). Daí a importância de se buscar novos materiais de fabricação do concreto a partir de diferentes agregados, principalmente os recicláveis.

RCD são resíduos de construção e demolição, “na União Europeia são produzidas cerca de 180 milhões de toneladas de RCD por ano, ou seja, cerca de 480 kg/pessoa/ano, sendo que a taxa de reciclagem desse material varia de 5% (Grécia, Portugal e Espanha) a 80% (Bélgica)”, conforme Dorsthost & Hendrix (2000 apud CARRIJO, 2005, p. 02). Essa variabilidade na taxa de reciclagem se deve aos diferentes recursos naturais, transporte,

densidade populacional, economia e tecnologia dos países constituintes. No Brasil, a cultura de reciclagem de RCD ainda é muito baixa, temos caminhos longos a percorrer, tecnologias que necessitam de investimentos, e a economia não é voltada para o reaproveitamento dos materiais. Faz-se necessário, portanto, propor ações para a reciclagem de RCD no Brasil.

Segundo Sérgio Ângulo (2011), o uso do RCD em concreto de agregados industriais (britagem) – que são mais porosos que os agregados naturais sem aumento no consumo de cimento só é viável por substituição parcial. Ou então, deve-se utilizar tecnologias para obtenção de agregados de RCD alta qualidade, aonde o uso integral é viável para concretos com classes de resistência correntes (< 45 MPa).

Existe a necessidade de uma maior reutilização e reciclagem do RCD, e só recentemente os estudos de reciclagem começaram a receber maior impulso, segundo Silva (2000). A preocupação com a sustentabilidade nas construções faz-se cada vez mais evidente, pois a sociedade contemporânea volta as suas atividades comerciais para os fatores ambientais, isto é, o *marketing* 3.0 (KOTLER, 2010), voltado para as pessoas e a preocupação com a natureza, obriga a indústria civil a adaptar-se a essas mudanças para obter vantagem competitiva.

Leite (2001) fez um estudo sobre o uso de RCD reciclado na produção do concreto e relatou:

A partir dos resultados foram obtidos modelos matemáticos para estimar cada uma das propriedades avaliadas, e também, foram estabelecidas as relações entre resistência à tração e módulo de deformação em função da resistência à compressão dos concretos. Os resultados mostraram a viabilidade na utilização do agregado miúdo e graúdo reciclado para produção do concreto (p. 18).

De acordo com Donaire (1996 apud LEITE, 2001, p. 01), a sobrevivência das empresas e a oportunidade de bons negócios está cada vez mais atrelada às atitudes e medidas tomadas para redução, ou não poluição do meio ambiente. O descrédito institucional que pode ser fruto de posturas não sustentáveis têm sido um importante promotor de mudanças nos conceitos e processos de produção em todos os setores.

No decorrer deste estudo, foram encontradas maneiras de aplicar materiais reciclados ou outros materiais alternativos que apresentem condições favoráveis para seu uso na substituição de agregados já instituídos na indústria da construção civil, indicando caminhos para um futuro responsável ambientalmente. A contribuição do projeto para a ciência está em sua relevância para a construção civil, pois pode apresentar novas maneiras de se fazer concreto a partir de agregados não convencionais.

## 2. DESENVOLVIMENTO

É importante salientar que todos os testes e os materiais utilizados para a metodologia (detalhada na tabela 1) foram cedidos pela instituição de ensino UniCesumar, com exceção da cerâmica, que foi coletada em canteiros de obras e depósito de lojas especializadas na venda de tais produtos. Os materiais recolhidos eram os que estavam com defeitos ou quebrados e não seriam mais utilizados, tanto pelas lojas quanto pelas obras.

Os corpos de prova foram feitos conforme a NBR 8953/09; para o teste granulométrico e uso das peneiras foram usadas como base a NBR 7181/84 e a NBR NM ISO 2395/97 respectivamente; para as definições do concreto foi utilizada como referência

a NBR 12655/06; e para o teste de resistência à compressão a NBR 8953/09 foi a principal fonte.

Os pesquisadores quebraram manualmente (figura 1) as cerâmicas coletadas até estas adquirirem uma granulometria parecida com a da brita oferecida pelo laboratório do UniCesumar (brita 1 cujas dimensões vão de 19,00mm à 9,50mm). E, pelo teste granulométrico realizado no laboratório onde foi tomada uma amostra de 1000g (figura 2) da cerâmica e peneirado (figura 3) segundo as peneiras da ABNT, o resultado obtido foi: 857g para peneira de 9,50mm; 137g para a peneira de 4,75mm; 4,1g para a peneira de 2,00mm; 0,3g para a peneira de 1,18mm; e 1,6g de material passante.

Após preparado o concreto, foi feito o *slump test*\* - (figura 4), cuja a média foi de aproximadamente 6,3cm e foram moldados os corpos de prova (figura 5) que foram rompidos aos 3, 7 e 28 dias (figura 7). Após 24 horas, os corpos de prova eram desmoldados e deixados nos tanques de cura úmida até atingirem a data requerida.

\**Slump test* é nome dado ao ensaio que se faz com o concreto no estado plástico para medir sua consistência. Ele consiste no enchimento de uma fôrma tronco-cônica (Cone de Abrams), aberta na base e no topo, com concreto no estado plástico. A fôrma é retirada verticalmente fazendo com que o concreto se acomode até ficar estático. Mede-se então a altura entre o topo da fôrma e a parte superior do concreto, obtendo-se assim o valor do abatimento, ou *Slump* (NBR NM 67/1998).



**Figura 1** – Quebra do material

**Figura 2** – Amostra para peneiramento

**Figura 3** – Material sendo peneirado

**Figura 4** – Resultado do *slump test*

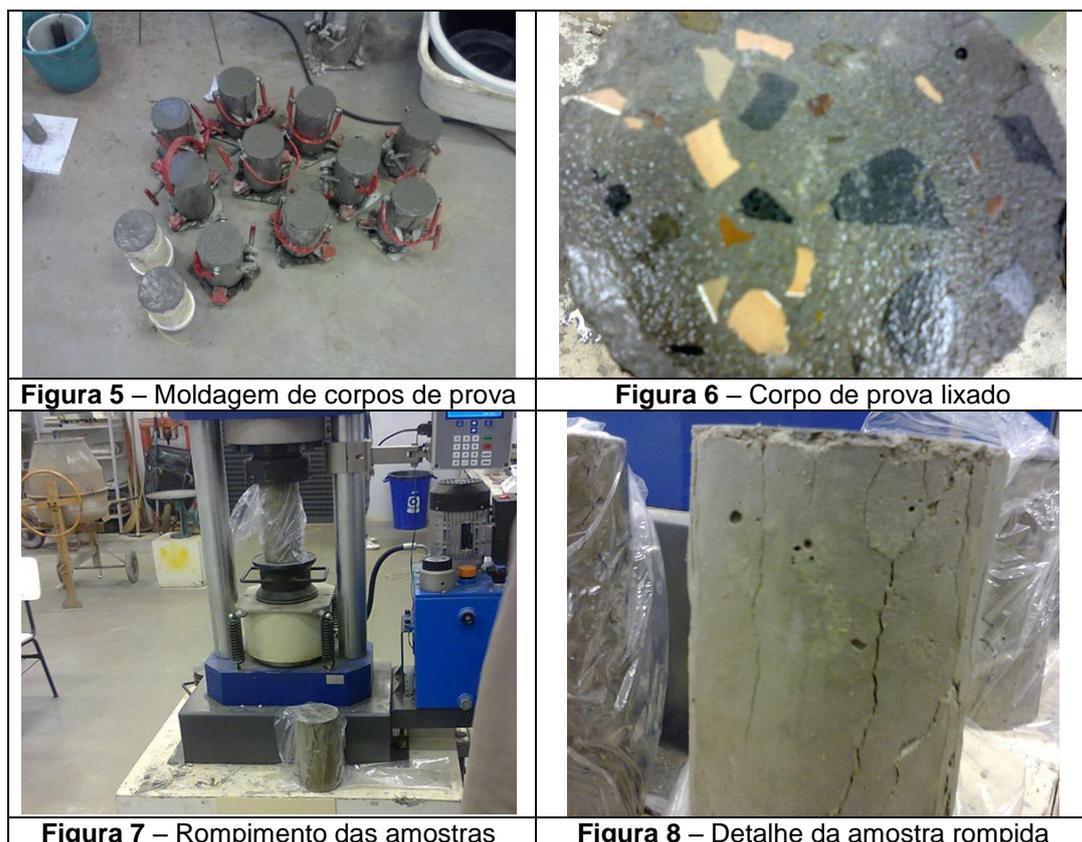


Figura 5 – Moldagem de corpos de prova

Figura 6 – Corpo de prova lixado

Figura 7 – Rompimento das amostras

Figura 8 – Detalhe da amostra rompida

Quadro 1 – Compilação de fotografias da pesquisa. Fonte: Autores, 2013.

Após o devido tempo, os corpos foram lixados (figura 6) e rompidos (figura 8). As porcentagens de substituição foram 5%; 10% e 20%, e, foram feitos três corpos de prova para cada dia de cada porcentagem para obtenção da média. Os resultados são os verificados a seguir.

### 3. RESULTADOS

Os resultados da compressão obtidos são discriminados abaixo, nas tabelas 2,3,4 e 5.

A tabela 2 é referente ao corpo de prova com traço padrão, sendo este traço de 1:2:3:0,52 (em quilos) nas devidas proporções. Sendo 1 para cimento, 2 para brita, 3 para areia e 0,52 para água.

Tabela 2 - Média obtida do traço padrão

Corpo de prova padrão	Média da força (KN)	Média da tensão (MPa)
3 dias	132,293	16,823
7 dias	124,65	15,873
28 dias	179,807	22,897

Fonte: AUTORES, 2013.

Tabela 3 - Média obtida do traço com 5% de substituição da brita

Corpo de prova 5%	Média da força (KN)	Média da tensão (MPa)
3 dias	117,153	14,917
7 dias	88,503	11,267
28 dias	151,547	19,293

Fonte: AUTORES, 2013.

**Tabela 4** - Média obtida do traço com 10% de substituição da brita

Corpo de prova 10%	Média da força (KN)	Média da tensão (MPa)
3 dias	160,57	20,443
7 dias	145,123	18,477
28 dias	167,837	21,370

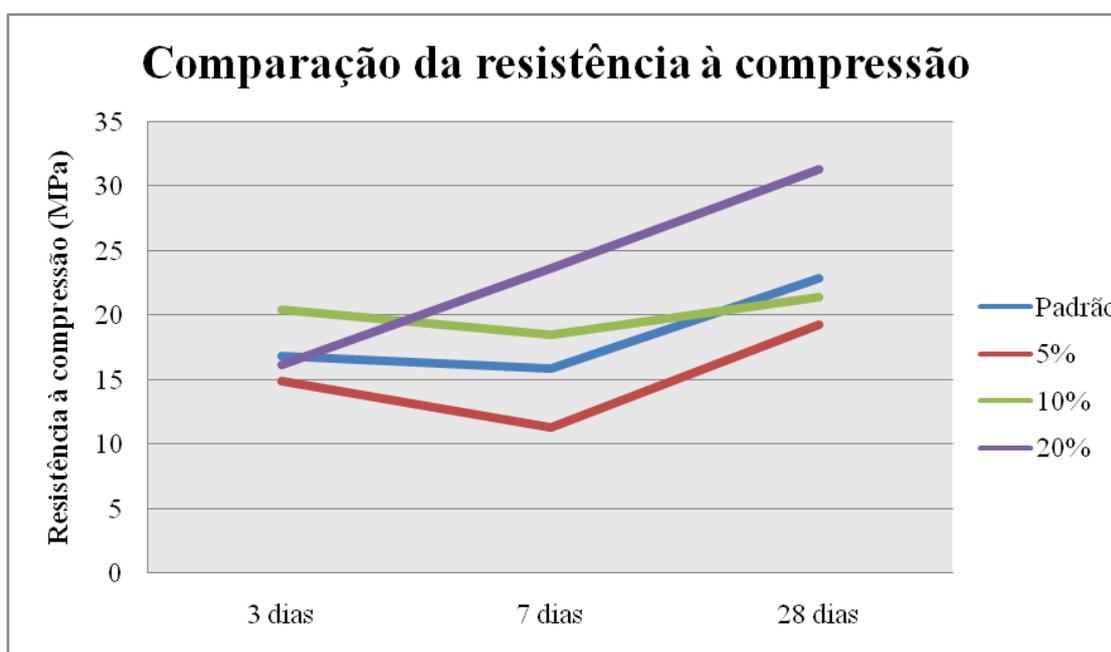
Fonte: AUTORES, 2013.

**Tabela 5** - Média obtida do traço com 5% de substituição da brita

Corpo de prova 20%	Média da força (KN)	Média da tensão (MPa)
3 dias	127,223	16,200
7 dias	185,363	23,600
28 dias	245,750	31,290

Fonte: AUTORES, 2013.

O gráfico 1, abaixo, demonstra a comparação das resistências obtidas e já detalhadas acima.



**Gráfico 1:** Comparação das resistências obtidas. Fonte: AUTORES, 2013

É interessante ressaltar que devido à baixa flexibilidade do concreto, muitas vezes, durante o teste de resistência à compressão este se rompe devido não apenas à pressão exercida, mas às características inerentes ao material.

“Em algum ponto no interior do corpo de prova, ocorre [...] uma tensão limite de cisalhamento e o concreto acaba por ser quebrado, ou seja, embora se diga que o concreto rompeu por compressão com a força; na verdade; ocorreu uma destruição por uma tensão de cisalhamento propiciada, criada, pela compressão do corpo de prova” (BOTELHO & MARCHETTI, 2013).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se buscou, a partir deste estudo, foi encontrar agregados não convencionais aptos a serem aplicados na construção civil em substituição aos agregados convencionais usados no concreto. O material cerâmico foi proposto como solução viável devido aos resultados apresentados.

O concreto com os agregados substituídos parcialmente a 20% foram os que obtiveram a maior resistência, sendo então recomendado que tal concreto seja utilizado para estruturas correntes.

Ainda há que se pesquisar se é viável o uso de porcentagens mais altas na substituição da brita, ficando então como recomendação destes autores para futuras pesquisas.

#### 5. REFERÊNCIAS

ÂNGULO, Sérgio. **Ações para a disseminação da reciclagem de RCD**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7225: Materiais de pedra agregados naturais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 2395: Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. Vol. 1. 7 ed. São Paulo: Blucher, 2013.

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

FALCÃO BAUER, Luiz Alfredo. **Materiais de construção**. 5.<sup>a</sup> ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1982.

KOTLER, Philip et al. **Marketing 3.0: as forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

LEITE, M. Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese (doutorado). UFRGS, 2001.

OLIVEIRA, A.M.S; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo, 1998.

SILVA, V.G. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: qualidade na construção**. n. 25. São Paulo: SindusCon, 2000.

VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. **Diagnóstico da geração de resíduos de construção e demolição em etapas construtivas no município de Maringá/PR**. Dissertação (mestrado). Maringá: Universidade Estadual de Maringá/PR; Programa de pós-graduação em engenharia urbana, 2009.