

UTILIZAÇÃO DE CONCRETO RECICLADO NA APLICAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SANTANA, Valquiria Melo de¹; PAES, Filipe Pereira²; SANTANA, Diego da Silva³; CERQUEIRA, Milena Borges dos Santos⁴; SILVA, Francisco Gabriel Santos⁵ ARAGÃO, Hélio Guimarães⁶

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)/Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC)
Rua Rui Barbosa, 710 - Centro - Cruz das Almas/BA - 44.380-000

¹ quiriagadita@gmail.com

² lipepaes@gmail.com

³ diego2esses@gmail.com

⁴ milena_borges15@hotmail.com

⁵ fgabriel@ufrb.edu.br

⁶ enghelioaragao@yahoo.com.br

Resumo A preocupação com o meio ambiente tem levado a sociedade a uma busca de alternativas de um crescimento mais sustentável. Dentro desse cenário a reciclagem de resíduos surge como uma possibilidade promissora na diminuição dos impactos ambientais. Neste contexto se englobam os resíduos de construção civil. Um grande desafio do setor é transforma-lo em uma fonte alternativa de matéria-prima. Deste modo tem-se tentado incorporar o uso do concreto reciclado com substituição dos agregados naturais por agregados reciclados oriundos do beneficiamento do resíduo de construção e demolição (RCD). Mas para que essa solução possa ser utilizada em grande escala é necessário que esse novo material possa ser usado na produção de elementos estruturais que representam a maior parcela do consumo desse concreto.

Palavras-chave: Concreto reciclado, resíduo de construção e demolição, elementos estruturais.

Área do Conhecimento: Engenharia Civil

Introdução

O desenvolvimento sustentável se tornou uma grande preocupação para a Indústria de Construção Civil, uma vez que, o setor é responsável pelo consumo de uma grande quantidade de recursos naturais e por grande parte dos impactos ambientais devido as suas atividades.

Presume-se que são gerados cerca de 2 a 3 bilhões de toneladas de entulho por ano em todo o mundo (LEITE, 2001). No Brasil, as estimativas pontuais mostram uma geração de 220 a 670 quilos por habitante. Só a indústria de construção civil gera na cidade de São Paulo 90.000 metros cúbicos de entulho por mês, sendo que esse valor corresponde somente ao material que chega em aterros oficiais. (JOHN, 2000; LEITE, 2001).

Diante do exposto acima, uma das alternativas promissoras para diminuição dos impactos ambientais, do grande consumo de recursos naturais gerados pela construção civil e dos problemas urbanos atuais gerados por demolições, é o uso de concreto reciclado, com

substituição dos agregados naturais por agregados reciclados oriundo do beneficiamento do resíduo de construção e demolição (RCD) (ARAGÃO, 2007).

No entanto, as diferenças entre as propriedades dos agregados naturais e reciclados, denotam alguns entraves referentes à utilização e também a confiabilidade dos mesmos. O objetivo do seguinte trabalho é realizar a revisão bibliográfica sobre a utilização de concreto reciclado em elementos estruturais.

Metodologia

A metodologia utilizada na realização deste trabalho foi a revisão de literatura em artigos, dissertação de mestrado e tese de doutorado, a fim de coletar informações sobre experiência do uso de agregado oriundo de resíduo de construção e demolição, em elementos estruturais comumente utilizados na Engenharia Civil.

Resultados e discussão

a) Sobre o resíduo de construção e demolição

Resíduo de construção e demolição (RCD) é julgado todo e qualquer resíduo oriundo de atividades de construção, sejam eles de reformas, novas construções, demolições, que envolva atividade de obra e limpezas de terrenos que contenham solo ou vegetação.

No Brasil estima-se que 50% do RCD são originados das construções (construção informal, canteiros de obras e provenientes de perdas físicas). Em diversos países, os resíduos de construções representam 19 a 52% do RCD, enquanto que os resíduos de demolição representam 50 a 81% do RCD (ANGULO, 2000).

Os teores de matérias minerais e não-minerais presentes no RCD mudam entre canteiros de obras e países. Os teores de madeira são mais significativos na Inglaterra, nos Estados Unidos e na Austrália. O teor de resíduo de asfalto é mais destacado na Holanda. Esses resíduos podem representar grande parte dos resíduos de construção na Inglaterra e Austrália, o mesmo ocorre com os resíduos de demolição (CARVALHO, 2008).

De acordo com a Resolução do Conama 307/2002, os resíduos da construção são classificados em quatro categorias,

Classe A: composta por alvenaria, concreto, argamassas e solos, passível de reciclagem para uso na forma de agregados.

Classe B: restos de madeira, metal, plástico e papel que podem ser reutilizados no canteiro ou encaminhados para reciclagem.

Classe C: produtos sem tecnologia para recuperação, como, no caso do Brasil, o resíduo do gesso.

Classe D: resíduos considerados perigosos, como tintas, solventes, óleos e outros.

b) Agregados reciclados

O agregado é tido como material inerte, disperso por entre a pasta de cimento, usado somente por razões econômicas. No entanto, economia não é a única razão de se usar agregado, pois este material atribui vantagens técnicas consideráveis ao concreto, que passa ter maior estabilidade dimensional e melhor durabilidade do que a pasta de cimento pura. Na realidade, o agregado não é totalmente inerte e suas propriedades físicas, térmicas e, às vezes, também químicas, têm influência no desempenho e na durabilidade do concreto.

Além dessas propriedades importantes do concreto endurecido, os agregados também têm um papel fundamental na determinação do custo e da trabalhabilidade das misturas de concreto (MEHTA, 2007).

A importância de estudar os agregados isoladamente fundamenta-se no fato, que 75% do volume do concreto é ocupado pelos agregados, não sendo surpresa o fato de sua qualidade ser de considerável importância (LEVY, 2001). Os agregados reciclados apresentam grande alteração em suas propriedades, dependendo da composição do resíduo processado dos equipamentos usados, do teor de impurezas, da granulometria etc. Fornecem propriedades específicas, diferentes das propriedades dos agregados convencionais, que determinam algumas diferenças nas condições de aplicação e nas características de argamassas e concretos em que forem usados (LIMA, 1999).

Conforme este autor, as principais diferenças com relação aos agregados convencionais são: maior absorção de água dos grãos, heterogeneidade na composição e menor resistência mecânica dos grãos.

As Figuras 1 e 2 mostram o aspecto geral dos agregados produzidos a partir dos resíduos de construção e demolição.



Figura 1- Resíduo de construção e demolição sem beneficiamento.



Figura 2 - Aspecto geral dos agregados produzidos com RCD após o beneficiamento

c) Propriedades mecânicas do concreto reciclado – Resistência à compressão

A resistência à compressão é uma das propriedades mecânicas mais abordadas e que tem importância na caracterização do concreto no estado endurecido. É possível estabelecer relações entre diversas propriedades do concreto, tais como, módulo de deformação longitudinal e resistência à tração com a resistência à compressão.

Em concretos comuns, produzidos com agregados naturais, compactos e resistentes, a resistência à compressão tem grande influência da porosidade da matriz e da zona de transição. No caso, dos concretos reciclados, nos quais valores de resistência à compressão tendem a ser menores do que os comuns, a ruptura se faz nos agregados, levando-os a ser o elemento determinante nesta propriedade para esses concretos.

Todos os materiais dos quais o concreto é composto influenciam diretamente a sua resistência e o seu desempenho final. Assim, os agregados também são extremamente importantes para análise criteriosa das propriedades do concreto. Qualquer alteração dos materiais componentes do concreto merece um estudo sistemático e isso também se aplica ao agregado reciclado, principalmente quando se pensa que eles correspondem até 80% de toda mistura (ARAGÃO, 2007).

Lima (1999), em seus estudos, chegou a conclusão que as perdas de resistência dos concretos com reciclado em relação ao comum mostraram-se diferentes nas pesquisas nacionais (brasileiras), variando de inexistentes até 50%.

Segundo Xiao, e colaboradores (2005), a resistência diminui à medida que se aumenta o

teor de agregado reciclado. Fazendo uma comparação entre os valores da mistura sem agregado reciclado e a com 100%, este decréscimo atinge cerca de 19%.

d) Propriedades mecânicas do concreto reciclado – Resistência à tração

Latterza e Machado Jr. (2003) elaborou um estudo, no qual pode-se concluir que as características do agregado graúdo não influenciou os resultados dos ensaios na graduação estudada (dimensão máxima de 9,5 mm). Para os autores, os concretos com agregados reciclados tiveram comportamento igual, ou ligeiramente superior, caso do concreto com 50% de substituição. Este fato é devido à boa aderência entre a pasta e o agregado reciclado. Contribuindo com essa hipótese, alguns autores observaram nos ensaios que tanto na compressão diametral, quanto na flexão, as rupturas davam-se através dos agregados.

e) Propriedades mecânicas do concreto reciclado – Módulo de deformação

Segundo Levy (2001), O módulo de elasticidade é uma propriedade do concreto que permite prever as deformações de uma estrutura, e de forma indireta possibilita antecipar a obtenção do valor da abertura de fissuras que surgirão em estruturas de concretos, ou seja, conhecido o módulo de elasticidade, será possível supor se uma estrutura em função do carregamento ao qual está submetido irá permitir o surgimento de fissuras além dos limites tolerados por normas nacionais ou estrangeiras.

Latterza e Machado Jr. (2003), em seu estudo sobre concreto com agregado graúdo reciclado, relatou que, quanto ao módulo de elasticidade, não se observou variação entre o concreto de referência e os contendo 100% e 50% de grãos reciclados (ao contrário da análise feita pelos autores quanto à resistência à compressão); isto pode ser devido à pasta que penetra nos poros superficiais dos reciclados, garantindo maior interação entre a pasta e o agregado.

f) Aplicações do RCD em elementos estruturais

O concreto reciclado já vem demonstrando uma boa atuação numa série de usos em obras urbanas, com a obtenção de custos bastante benéficos, é possível programar sua utilização em concretos para: bases de pavimentos, estruturas

residenciais com $f_{ck} < 20\text{MPa}$ e produção de artefatos pré-moldados em concreto (tubos, lajes, blocos).

Dois terços do resíduo de concreto demolido no Japão, já são utilizados para pavimentação de rodovias. Todavia, já existe um plano para que seja incentivado o uso deste resíduo para produção de novos concretos (VÁSQUEZ, 2000).

A Comunidade Europeia a partir de 1988 realizou um grande número de obras em concreto obtido a partir de agregados reciclados, de concreto, de alvenaria, assim como da mistura de ambos. Algumas dessas obras são obras de grande porte como pode ser visto nas Figuras 3 e 4 (LEVY e HELENE, 2002).



Figura 3- Piso de alta resistência do Laboratório de Cardinton construído especialmente para analisar o efeito causado por substituição em massa de 20% de agregados reciclados de concreto e alvenaria de baixa qualidade. (LEVY e HELENE, 2002).



Figura 4 - O edifício do meio ambiente; 1º edifício do Reino Unido a incorporar a tecnologia de concreto usinado com a utilização de agregados reciclados (LEVY e HELENE, 2002).

No Brasil, as administrações municipais de algumas cidades como e Belo Horizonte e cidades do interior paulista, tem recorrido a reciclagem de resíduos de construção e demolição como forma de diminuir o problema da geração de entulhos, que vem se tornando em problema de grandes proporções nas maiores metrópoles do país.

No interior de São Paulo, em Guarulhos um piso de concreto com 12.500 m^3 de volume existente no terreno onde foi construído o condomínio Villaggio Maia, foi totalmente reciclado, sendo o agregado utilizado sob a forma de blocos de fundação e de concreto, muros, lajes, contramarcos de janelas e outros pré-moldados, figuras 5 a 7 (CAPELLO, 2006).

Ainda segundo Capello (2006), aconteceu uma situação semelhante no centro do Rio de Janeiro, numa obra da Racional Engenharia. A construção do edifício Torre Almirante, com 36 pavimentos, provocou a demolição de um esqueleto de nove pavimentos, o que gerou 7 mil m^3 de entulho. A construtora montou uma usina de reciclagem que produziu toda a pavimentação da obra e ainda blocos de concreto que foram utilizados de fato na construção do edifício.

Em Curitiba, um projeto-piloto do governo local possibilitou a construção de uma creche a partir dos resíduos gerados na própria obra, juntos com sobras de outras construções feitas pela empresa Enjiu, vencedora da licitação. Restos de material cerâmico como telhas e tijolos foram reaproveitados e utilizados como emboço e argamassa para assentar tijolo.



Figura 5 - Demolição do piso existente no terreno da Obra do condomínio Villaggio Maia (CAPELLO, 2006).



Figura 6 - Contramarcos de janelas produzidos com RCD e empregados na obra do condomínio Villagio Maia (CAPELLO, 2006)



Figura 7 - Usina de reciclagem no canteiro da obra do condomínio Villagio Maia (CAPELLO, 2006).



Figura 8 - Pavimentos e concreto reciclado Fonte: FURNAS, (2008).

Latterza (1998) executou um estudo com a utilização de concreto produzido com agregado graúdo reciclado na produção de painéis leves de vedação. Neste estudo foram feitas avaliações do desempenho dos painéis nos ensaios à flexão com a finalidade de se obter uma aplicação prática do concreto reciclado. O autor chegou a conclusão de que o emprego do agregado graúdo reciclado em substituição, total ou em parte, do equivalente natural em concretos de baixa resistência é viável.

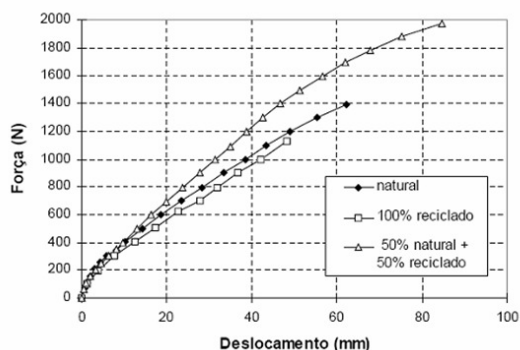


Figura 9 - Gráfico força x deslocamento transversal para os 3 tipos de painéis (LATTERZA, 1998).

Aragão (2007) estudou o comportamento de lajes produzidas com concretos reciclados com 50 e 100% de substituição e $f_{ck} < 25$ Mpa, verificando que o comportamento delas é muito semelhante ao comportamento da laje produzida com agregados naturais, para valores de deslocamentos abaixo da flecha limite estabelecidos pela NBR-6118 (ABNT, 2004), para os critérios de aceitabilidade sensorial para vibrações sentidas no piso, conforme mostra o gráfico momento x deslocamento da figura 7 em que as lajes possuem comportamentos semelhantes.

Os resultados dessa pesquisa mostram a viabilidade técnica de se empregar agregados graúdos e miúdos reciclados de construção e demolição em concretos estruturais de média resistência.

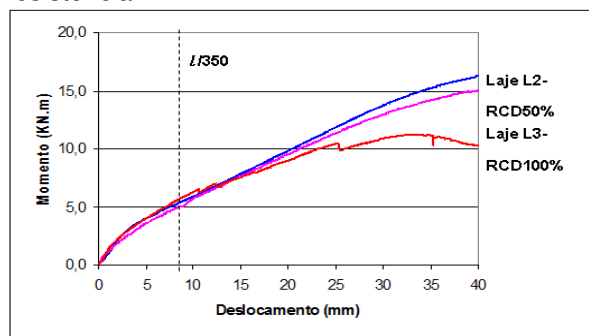


Figura 10 – Gráfico momento x deslocamento das lajes ensaiadas (ARAGÃO, 2007)

Conclusão

Baseado nas revisões bibliográficas realizadas neste trabalho verificou-se que o concreto reciclado pode ser utilizado na produção de elementos estruturais tais como: pisos, contramarco de janelas, painéis de pré-moldados e lajes pré-moldadas, desde que observada suas particularidades: sua menor resistência, maior

deformalidade e maior permeabilidade, as quais podem vir a serem fatores limitantes em alguns casos.

Para uso do concreto reciclado em peças de maior responsabilidade estrutural, deve-se efetuar um estudo mais aprofundado das suas propriedades mecânicas, e também da sua durabilidade.

Com este trabalho, espera-se ter cumprido mais uma etapa na busca por uma alternativa válida para o aproveitamento do resíduo da construção e demolição através da utilização de agregado graúdo e miúdos reciclados em concretos estruturais, contribuindo com a qualidade ambiental, considerando-se a não deposição clandestino do entulho na malha urbana e ainda podendo significar a redução de custos nas obras destinadas às classes sociais de baixa renda.

Referências

ANGULO. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ARAGÃO, G.A. **Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição**. Maceió:2007. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Programa de Pós-graduação em Engenharia civil. Universidade Federal de Alagoas.

CARVALHO, D.C. **Reciclagem na indústria do concreto: uma possibilidade econômica e tecnicamente viável para a construção civil**. Santa Maria, RS, 2008. Dissertação. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil** : contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento o. 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

LATTERZA, Luciano M.; MACHADO JR, Eloy Ferraz. **Concreto com agregado graúdo**

reciclado: propriedades no estado fresco e endurecido e aplicação em pré-moldados leves. 2003.

LEITE, M.B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 270 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (2001).

LEVI, S.M; HELENE, P.R.L. **Durability of concrete produced with mineral wast of civil construction industry**. In construction and environment: Theory int practive, 2000, São Paulo, Brazil.

LEVY, Salomon Mony. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. São Paulo: USP, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, 2001.

LIMA, J.A.R. **Preposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclados e de suas aplicações em argamassas e concretos**. São Carlos, 1999. 246p. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Editora IBRACON. São Paulo, 2007.

VÁSQUEZ, E.; Barra, M. **Recycling of aggregates in the construction industry**. In: CIB SYMPOSIUM IN CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT: THEORY INTO PRACTICE, 2000, São Paulo, Brazil. **Proceedings...** [CD-ROM]. São Paulo: CIB, 2000.

XIAO, Jianzhuang; SUN, Yuedong; FALKNER, H. **Seismic performance of frame structures with recycled aggregate concrete**. 2005.