

Comparação da resistência à compressão do concreto produzido com agregado reciclado de duas empresas do setor da construção e demolição

Cleber Luis Pedroso (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) cleber.ped@gmail.com

Daniela Evaniki Pedroso (Universidade Tuiuti do Paraná) danievaniki@hotmail.com

Vsevolod Mymrine (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) seva6219@gmail.com

Kirill Alekseev (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) ale-kirill@yandex.ru

Eliane Pereira de Lima (Universidade Tuiuti do Paraná) eliane.lima@utp.br

Resumo:

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar a influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado nas propriedades de concretos. O estudo apresenta resultados da resistência à compressão do concreto com os agregados miúdos obtidos a partir do beneficiamento de Resíduo da Construção e Demolição (RCD) por duas empresas. Foram produzidos concretos com diferentes traços de substituição do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado, ao todo foram nove traços, sendo três traços de referência, três traços utilizando o agregado da empresa “S” e três traços utilizando o agregado da empresa “U”. A influência do agregado reciclado foi avaliada sobre propriedades do concreto no estado fresco (trabalhabilidade) e no estado endurecido (resistência à compressão).

Palavras chave: Agregado reciclado, Compressão axial, RCD, RCC.

Comparison of compressive strength of concrete produced with recycled aggregate from two construction and demolition companies.

Abstract

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar a influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado nas propriedades de concretos. O estudo apresenta resultados da resistência à compressão do concreto com os agregados miúdos obtidos a partir do beneficiamento de Resíduo da Construção e Demolição (RCD) por duas empresas. Foram produzidos concretos com diferentes traços de substituição do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado, ao todo foram nove traços, sendo três traços de referência, três traços utilizando o agregado da empresa “S” e três traços utilizando o agregado da empresa “U”. A influência do agregado reciclado foi avaliada sobre propriedades do concreto no estado fresco (trabalhabilidade) e no estado endurecido (resistência à compressão).

Key-words: Aggregate, Recycled, Compression, Axial, RCD, RCC.

1. Introdução

Nos últimos anos vem aumentando a preocupação com a preservação do meio ambiente, a escassez dos recursos naturais e a falta de gerenciamento e destinação final correta dos resíduos industriais, dentre eles, os resíduos gerados pela indústria da construção civil. Estes fatores, aliados à busca pelo desenvolvimento sustentável faz com que o setor da construção civil busque novas informações e alternativas voltadas à reciclagem e/ou reutilização de seus resíduos.

A indústria da construção civil é responsável não apenas pela grande extração de matérias-primas para obtenção de materiais de construção, mas também pela grande geração de resíduos de construção oriundos dos canteiros de obras e dos materiais de demolição.

A resolução CONAMA nº 307, define que os geradores de resíduos da construção e demolição (RCD), deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e, por fim, a destinação final.

Nesse contexto, em tentar viabilizar a reutilização dos resíduos já processados em usinas de reciclagem, o presente trabalho propõe estudar nove diferentes traços de concreto, sendo: três utilizando agregado miúdo natural, três utilizando agregado miúdo reciclado proveniente da usina recicladora da região de Curitiba denominada “S” e três utilizando agregado miúdo da usina recicladora da região de Curitiba denominada “U”.

Esses três lotes com diferentes agregados estão divididos em três traços, sendo: rico, médio e pobre, que tem por objetivo avaliar as diferentes propriedades do concreto no estado fresco (trabalhabilidade) e no estado endurecido (resistência à compressão).

2. Revisão bibliográfica

2.1 Geração de resíduo da construção e demolição (RCD)

Os resíduos gerados nas construções e demolições, incluídas as reformas, são considerados um dos grandes problemas das cidades no mundo.

Atualmente no Brasil, estima-se que sejam gerados mais resíduos da construção e demolição do que lixo comum. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e divulgada pelo CBIC, em 2008 cada brasileiro gerou quase um quilo de lixo comum por dia (984g/hab.dia) alguns especialistas estimam que a geração de RCD varia entre 1,5 a 2,5 kg diários por brasileiro (CBIC, 2014).

Segundo Leite (2001), as causas da geração dos resíduos são inúmeras, destacando-se: a falta de qualificação da mão de obra, dando origem às perdas de materiais, que saem das obras na forma de entulho; a urbanização desordenada que faz com que as construções passem por adaptações e modificações gerando mais resíduos; o aumento do poder aquisitivo da população e as facilidades econômicas que impulsionam o desenvolvimento de novas construções; e ainda, estruturas de concreto mal concebidas que ocasionam a redução de sua vida útil e necessitam de manutenção corretiva, gerando grandes volumes de resíduos.

Zordan (1997) menciona que o alto consumo de recursos naturais está ligado às taxas de geração de resíduos de construção e demolição, à vida útil das estruturas construídas, às necessidades de manutenção e reparos, às perdas incorporadas nos empreendimentos, além das tecnologias empregadas nas construções.

A resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama nº 307, da Gestão dos Resíduos da Construção Civil, de 5 de julho de 2002, define que os resíduos de blocos de concreto, blocos cerâmicos, tijolos, argamassas, outros componentes cerâmicos e assemelhados tenham como solução de destinação inicial, a reciclagem, de modo que seja possível o seu aproveitamento como elemento agregado para uso em pavimentos e concreto sem função estrutural. Este grupo de resíduos deve ser destinado a áreas de transbordo e triagem, áreas para reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil licenciados pelos órgãos competentes, podendo ser reciclados e assim voltar para o ciclo de utilização na construção civil (PEDROSO, 2015).

A reciclagem é frequentemente citada como a melhor maneira de gerenciar os resíduos, ainda existem vários obstáculos ao uso de agregados reciclados nas construções, tais como: a falta de confiança dos clientes e prestadores de serviços; a distância entre obras e usinas de reciclagem e a falta de normas e especificações (SILVA; et al., 2014).

A produção de agregados reciclados de concreto geralmente passa por três etapas, iniciando pela triagem com remoção de quaisquer impurezas, tais como o aço, madeira, gesso, alvenaria,

vidro, plástico; em seguida por um processamento de moagem-trituração e por último por um peneiramento para determinação granulometria do agregado. Segundo Tosic et al. (2015), durante o processamento o concreto perde uma certa quantidade de pasta de cimento e outra permanece ligada ao agregado. Esta pasta de cimento residual é a principal causa da menor qualidade do agregado reciclado comparado com o agregado natural.

Outras características dos agregados, tais como: seu tamanho, a máxima absorção de água, textura da superfície e forma de agregação estão diretamente associado à trabalhabilidade da composição; no caso de agregados reciclados do concreto (resíduos de concreto) é difícil de satisfazer a trabalhabilidade necessária comparada com o uso de agregados naturais tendo em vista a perda do abatimento devido a água de amassamento ser insuficiente ou simplesmente sugada pelo agregado reciclado, em alguns casos faz-se necessário a utilização de aditivo para reestabelecer o abatimento desejado (BEHERA et al., 2014).

Para Poon & Lam (2008), os agregados reciclados de concreto tem, em média, uma densidade de 10% menor que os agregados naturais. A maior absorção de água e diminuição da qualidade e durabilidade também são inferiores, devido à argamassa que se mantém ligada ao resíduo e ao seu processo de obtenção, gerando assim fissuras nos grãos quando comparadas com agregados naturais (DE JUAN e GUTIÉRREZ, 2009).

2.2 Beneficiamento de resíduos

O beneficiamento do resíduo de construção e demolição acontece desde sua coleta, gerenciamento e transporte, sofrendo separação, britagem, peneiramento, até seu acondicionamento a fim de aguardar a utilização. Os processos de beneficiamento dos RCD's assemelham-se bastante aos processos usados para os agregados naturais (DOMINGUES, 2013). A diferença básica está no tipo de britador que, referencialmente, deve ser do tipo de impacto, por melhor se adequar a fragmentação dos entulhos (BRITO FILHO, 1999).

Existem diversos processos de beneficiamento para britagem e peneiramento dos RCD's. O tipo de processo escolhido para ser executado em uma usina será um fator determinante no custo da reciclagem e qualidade do produto final (HANSEN, 1992).

2.3 Utilização de resíduo da construção e demolição (RCD)

Para Leite (2001), a reciclagem de resíduos da construção e demolição pode minimizar os problemas, tais como: o crescimento da vida útil dos aterros, diminuição dos pontos de descarte clandestinos e redução dos custos de gerenciamento de resíduos.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), os agregados são relativamente baratos, e uma vez que não fazem parte das reações químicas do aglomerante com a água, tem sido tratado apenas como material inerte de enchimento para o concreto.

A utilização de concretos produzidos a partir de agregados reciclados pode ser viáveis nas mais variadas atividades do segmento da construção civil, obedecendo a certos critérios e precauções. Como exemplo pode-se citar: pavimentação (MOTTA, 2005), argamassas (LIMA, 2000), concreto (ZORDAN, 1997).

2.4 Agregado Reciclado Miúdo

Observando os agregados com características recicláveis de concreto, cerâmica e argamassa, no qual se diz possuir em seu teor, uma porcentagem de 40 a 50% do seu volume de argamassa, assim podendo se analisar um mau desempenho do concreto quando o mesmo é produzido com a reutilização do agregado reciclado (CABRAL, 2007).

Segundo as recomendações da Rilem (1994), o uso da parcela inferior a 4mm não é

recomendado para o uso em concretos e estipula um limite de 3% para material passante na peneira 75 μ m. Para o caso dos agregados miúdos reciclados recomendam o uso para uma resistência característica de até 20MPa.

De acordo com Zordan (1997), o entulho processado pelas usinas de reciclagem pode ser utilizado como agregado para concreto não estrutural, a partir da substituição dos agregados convencionais (areia e brita), sendo que as principais vantagens desta utilização são:

- a) Utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, entre outros), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- b) Economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação à sua utilização em argamassas), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece em granulometrias graúdas;
- c) Possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o material proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;
- d) Possibilidade de melhorias no desempenho do concreto em relação aos agregados convencionais, quando se utiliza baixo consumo de cimento.

Quando se pretende confeccionar blocos de concreto principalmente com a utilização de agregado reciclado deve-se analisar pontos bastante relevante como é o caso das características necessárias que se deve atender, quando os mesmos forem submetidos às solicitações de serviço, podemos citar características como a taxa de resistência a compressão onde é observado quando os blocos são introduzidos como material de pavimentação, assim como analisar as taxas de absorção de água e abrasão.

Na utilização dos blocos como vedação, os principais dados que serão avaliados devem ser tanto a compressão, além da absorção de água medindo consequentemente as suas taxas (HOOD, 2006).

A seguir será visto umas das propriedades fundamentais do concreto, onde a resistência dá uma indicação geral da qualidade do material.

2.5 Resistência característica do concreto à compressão

Dados demonstrados por (CABRAL, 2007; apud Souza, Assis e Souto 2006), a resistência de concretos naturais chega a superar os produzidos com matéria prima reciclável em até 45%, logo pode-se dizer que em relação a esta diferença de dados está relacionado ao processo de britagem, assim como a origem do material, além da qualidade do material principalmente o cimento, pois origina o surgimento de vazios que consequentemente comprometem a sua resistência.

Para Mehta e Monteiro (2008), a resistência do agregado não é um fator determinante na resistência do concreto, à exceção dos agregados leves, pois a resistência da partícula do agregado é muitas vezes mais resistentes que a matriz e a zona de transição.

Concretos produzidos com agregados reciclados possuem pelo menos dois terços da resistência à compressão do concreto confeccionado com o agregado natural (MEHTA& MONTEIRO, 2008).

Segundo Leite (2001), a diminuição da resistência à compressão dos concretos reciclados em relação ao convencional é muito influenciada pela alta porosidade dos materiais que o compõe e pela porosidade da zona de transição.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a resistência à compressão do concreto (f_{ck}) é a propriedade mais valorizada pelos engenheiros projetistas e de controle de qualidade.

Após confeccionar e ensaiar um grande número de corpos-de-prova, conforme a NBR 5738:2003 e NBR 5739:2007, respectivamente, pode-se obter um gráfico com os valores de resistência à compressão simples, denominada f_c versus a quantidade de corpos-de-prova relativos a determinado valor de f_c , definido como densidade de frequência. A curva encontrada denomina-se curva estatística de Gauss ou curva de distribuição normal para a resistência do concreto à compressão (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2010).

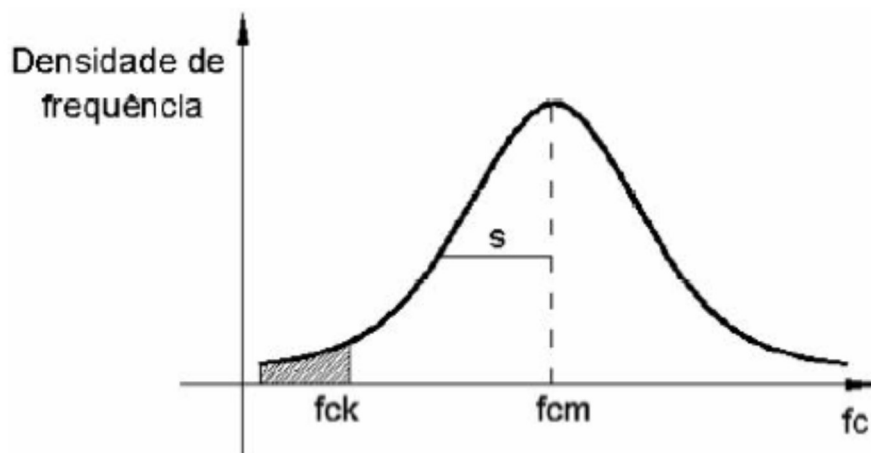


Figura 1 - Curva de Gauss para a resistência do concreto à compressão. (Libânio M. P. et al., 2010)

Segundo Montoya (1991) apud (CARVALHO e FIGUEIREDO 2013), na curva de Gauss encontram-se dois valores, um é a resistência média do concreto à compressão (f_{cm}), que não reflete a verdadeira qualidade do concreto, visto que não considera a dispersão dos resultados, ou seja, comparando dois concretos de mesma resistência média, é mais confiável aquele que apresente menor dispersão; e o outro valor é a resistência característica do concreto (f_{ck}), expressa por meio da Equação 1:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \times s \quad (1)$$

Onde f_{cm} é a resistência média, s o desvio padrão e o valor 1,645 corresponde ao quantil de 5 %, ou seja, 5% dos resultados dos ensaios estarão abaixo do valor de f_{ck} pré-definido (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2010).

De acordo com a NBR 12655:2006, quando não se conhece o desvio-padrão, deve-se adotar para o cálculo da resistência característica do concreto o valor de acordo com a condição de preparo, sendo 4,0 MPa para concretos de classe C10 à C25, onde o controle é rigoroso, 5,5 MPa para concretos de classe C10 a C20 onde o controle é razoável e 7,0 MPa para concretos de classe C10 a C15 onde o controle é ruim.

2.6 Fatores que afetam a resistência característica à compressão do concreto

Do ponto de vista da resistência, a relação água/cimento é o fator mais importante, pois afeta a porosidade tanto da pasta de cimento, como da zona de transição entre matriz e agregado graúdo (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Outros fatores importantes são:

Propriedades e proporções dos materiais que compõem o traço do concreto, grau de adensamento e condições de mistura, transporte, lançamento, trabalhabilidade, etc.

2.6.1 Relação água/cimento

Conforme Mehta e Monteiro (2008) existe uma relação entre fator água/cimento (a/c) e a resistência do concreto, que é expressa pela equação de Abrams abaixo (2):

$$f_c = k_1/k_2^{(a/c)} \quad (2)$$

Nessa expressão, f_c é a resistência à compressão do concreto, (a/c) é a relação água/cimento e k_1 e k_2 são constantes empíricas que dependem dos materiais empregados na confecção do concreto.

A relação água/cimento também está vinculada à resistência aos agentes agressivos no aspecto da durabilidade do concreto. A norma NBR 6118:2014 descreve no item 7 algumas medidas para o bom desempenho das estruturas de concreto quando avaliadas sob o aspecto da durabilidade, tais como: procedimentos relacionados à drenagem, formas arquitetônicas e estruturais, qualidade do concreto de cobertura das armaduras, detalhamento das armaduras e medidas especiais de proteção e conservação, inspeção e manutenção preventiva da estrutura.

2.6.2 Tipo de agregados

As características físicas dos agregados, como, tamanho, forma, textura e composição granulométrica, que também estão associadas à modificação do valor da relação água/cimento (a/c), estão diretamente ligados a resistência à compressão do concreto.

Os agregados representam em torno de 80% do peso do concreto e 30% do custo, exigindo adequado controle de qualidade a fim de garantir a manutenção das suas propriedades tanto no estado fresco quanto no endurecido (ARNDT; SOUZA; BIANCHINI, 2007).

2.6.3 Adensamento

O processo de adensamento do concreto baseia-se, essencialmente, na compactação do concreto, visando minimizar o teor de ar aprisionado. O método mais antigo de se obter um bom adensamento consiste em golpear a superfície do concreto para expulsar o ar e forçar as partículas a uma disposição mais compacta (NEVILLE, 1982); hoje, o processo mais usual é a vibração mecânica, obtida pela imersão de vibradores na massa de concreto (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Segundo Fusco (2012), a durabilidade das estruturas depende do adequado adensamento do concreto, garantindo assim uma satisfatória compacidade, dificultando os mecanismos de transporte no seu interior.

2.6.4 Condições de cura

A cura é um processo de inquestionável importância na concretagem de qualquer peça estrutural, pois auxilia na hidratação do cimento impedindo a evaporação da água utilizada no amassamento do concreto. Além de garantir a reação da água com o cimento, a cura adequada influencia diretamente na formação da microestrutura e no processo das propriedades físicas e mecânicas, garantindo com isso a durabilidade e resistência do concreto (FIGUEIRA; VALIN, 2013).

De acordo com item 13.4.1 da NBR6118:2014, os cuidados tecnológicos, especialmente a cura do concreto, são medidas importantes para evitar fissuras, devido a reações químicas internas do concreto nas primeiras idades.

De acordo com Leonhardt e Monnig (1982), a cura do concreto atua favoravelmente na

resistência à compressão e à tração, impermeabilidade e valor da retração, por isso o concreto deve ser curado mantendo a umidade e garantindo meios de proteção contra temperaturas elevadas, vento, frio intenso e chuva forte.

2.7 Durabilidade e vida útil das estruturas

A durabilidade do concreto é definida como sendo a capacidade de interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

Conforme a NBR6118:2014, a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto de cobrimento da armadura.

3. Materiais e metodos

Neste capítulo estão relacionados os materiais utilizados e os procedimentos realizados no desenvolvimento de pesquisa. Irá ser efetuada a análise comparativa da resistência à compressão do concreto utilizando três diferentes traços e três diferentes areias e medir o abatimento obtido para cada traço e fazer o ensaio de resistência a compressão.

3.1 Identificação da região de pesquisa

A localização da pesquisa é o município de Curitiba e região metropolitana, do estado do Paraná.

3.2 Classe do concreto empregado no estudo

Foram definidos três traços de concreto, desenvolvidos pelo Método Cientec, que será apresentado no item 3.5. Para todos os traços foram estabelecidas as quantidades ótimas de cimento, areia, brita e água, que deverá ser misturado de tal forma que os seguintes pontos sejam atendidos:

- a) A mistura resultante seja homogenia.
- b) A plasticidade seja compatível com o seu emprego.
- c) As resistências mecânicas sejam conseguidas satisfatoriamente.

3.3 Agregados utilizados nos traços

No presente estudo foram utilizados os seguintes insumos na produção do concreto:

- a) Agregado miúdo natural, formado por areia natural proveniente da região de Curitiba;
- b) Agregado miúdo reciclado, proveniente da britagem de artefatos de concreto, estacas, pilares e vigas pré-moldadas, da empresa “S” da região metropolitana de Curitiba;
- c) Agregado miúdo reciclado de construção e demolição, incluído materiais diversos tais como: concreto, argamassa e cerâmica, proveniente da empresa “U” da região metropolitana de Curitiba;
- d) Agregado graúdo natural, formado por brita natural proveniente de rocha granítica da região de Curitiba;
- e) Cimento Portland Composto com pozolana CPII-Z32.

3.4 Método de obtenção dos traços

Baseado na dissertação de mestrado do Profº Zordan os traços definidos por ele são 1:3, 1:5 e 1:7 (cimento; agregado graúdo e miúdo, ambos reciclados). O autor concluiu que o comportamento do agregado graúdo apresentou aspecto negativo referente à sua aderência com a pasta de cimento. O que pode ter sido causado pela presença de materiais cerâmicos polidos,

que induziram à ocorrência de superfícies de ruptura nas suas faces lisas.

Considerando o fato de que o agregado graúdo reciclado pode não ter contribuído para condições satisfatórias quanto a resistência do concreto, optou-se em desenvolver um concreto com 100% de agregado miúdo reciclado e outro com 100% de agregado graúdo natural.

Nesse contexto, foram desenvolvidos novos traços pelo método Cientec descrito no livro “Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais com cimento Portland” do Autor Fernando Antonio Piazza Recena, disponível no Google books ou na editora universitária da PUC-RS.

A seguir, serão apresentados todos os traços, em massa, tais como os utilizados como referência, os da “empresa S” e os da “empresa U”:

Traço	Identificação	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (Kg)
T1	Referência	10,00	11,20	18,80	3,56
T2		7,50	16,35	21,15	4,10
T3		7,50	24,30	28,20	5,34
T4	"S"	10,00	11,20	18,80	3,56
T5		7,50	16,35	21,15	4,10
T6		7,50	24,30	28,20	5,34
T7	"U"	10,00	11,20	18,80	3,56
T8		7,50	16,35	21,15	4,10
T9		7,50	24,30	28,20	5,34

Quadro 1- Definição dos nove traços

No Quadro 1, as quantidades de cada insumo a ser utilizado em cada mistura de concreto.

As proporções utilizadas serão exatamente as mesmas, o que difere é somente o agregado miúdo em cada traço.

3.5 Determinação da quantidade de corpos de prova.

A quantidade dos traços foi definida seguindo a ordem de ter uma referência para cada traço de agregado reciclado. Ou seja, para ter condições de comparação exatamente com as mesmas proporções. Serão 27 corpos de prova para idade de 14 e 27 corpos de prova para idade de 28 dias, perfazendo um total de 54 ensaios.

3.6 Moldagem dos corpos de prova cilíndricos 10cmx20cm.

Todos os ensaios foram realizados no laboratório de construção civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ecoville em Curitiba.

Na véspera da moldagem, os moldes foram limpos para retirar o excesso de concreto em suas bordas e em seguida foi passado desmoldante a base de água, para que no momento em que se for desmoldar a peça, a mesma se solte com facilidade e não seja necessário nenhum esforço adicional para retirá-la do molde.

3.7 Ensaio de consistência

Os ensaios de consistência foram realizados após a fabricação de todos os traços. A norma utilizada foi a: Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone – NBR NM 67 (ABNT, 1998).

3.8 Cura por imersão.

Os corpos de prova após serem desmoldados foram encaminhados para a cura por imersão onde permaneceram até a data do rompimento. A cura é realizada por duas razões básicas: hidratar o quanto possível o cimento e reduzir ao máximo a retração do concreto, fatores intrínsecos à durabilidade.

A cura do concreto constitui uma medida adotada para evitar a evaporação da água utilizada no amassamento do concreto e assim garantir que os componentes do cimento se hidratem.

De acordo com item 13.4.1 da NBR6118:2014, os cuidados tecnológicos, especialmente a cura do concreto, são medidas importantes para evitar fissuras, devido a reações químicas internas do concreto nas primeiras idades.

Os corpos de prova somente foram retirados do tanque de imersão momentos antes do rompimento dos mesmos.

3.9 Ensaio de resistência do concreto a compressão simples

Os ensaios de resistência a compressão simples foram realizados na prensa EMIC com capacidade de 200 toneladas, modelo PC 200, utilizando o software TESC. A velocidade de rompimento utilizada foi a de 0,5MPa/s e o corpo de prova se encontrava saturado. A Norma utilizada foi a: Resistência à compressão simples - NBR 5739 (ABNT, 2003).

4. Conclusão

A apresentação dos resultados e comparativos entre os diferentes traços se darão por resultados isolados e por comparativos.

Seguem abaixo os resultados do ensaio de abatimento realizado para todos os traços.

Empresa	Traços	Consistência Slump Test (mm)
Referência	T1	60
Referência	T2	75
Referência	T3	85
S	T4	65
S	T5	80
S	T6	110
U	T7	50
U	T8	65
U	T9	70

Quadro 2- Valores dos abatimentos medidos

Foram realizados 9 ensaios de slump test medindo seu abatimento. No Quadro 3 os traços que obtiveram suas resistências aproximadas do traço referência foram os traços T7, T8 e T9 todos os três da empresa “U”.

TRAÇO	EMPRESA	Resistência a compressão 14 dias (MPa) DATA: 31-10-14			Resistência a compressão 28 dias (MPa) DATA: 14-11-14		
		CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6
T1	Referência	20	23,42	19,02	24,84	29,43	32,36
T2		10,76	9,55	9,21	14,41	13,92	13,80
T3		10,58	9,71	9,46	11,63	10,31	11,43
T4	S	13,52	14,27	16,16	18,92	19,23	18,63
T5		8,39	8,37	8,22	10,83	10,87	9,93
T6		4,83	4,47	4,8	6,00	6,12	6,59
T7	U	16,3	15,22	14,64	20,50	21,38	23,68
T8		10,52	10,52	11,1	15,83	14,54	16,42
T9		8,42	7,14	8,01	10,02	11,43	10,26

Quadro 3 – Valores obtidos no rompimento dos corpos de prova aos 14 e 28 dias

Os resultados mostram a influência da fração miúda de RCD no comportamento no estado fresco dos concretos, reduzindo a trabalhabilidade dos concretos. No estado endurecido, não foi evidenciado uma melhoria na resistência dos concretos em que se utilizou agregado reciclado, pelo contrário houve uma diminuição da resistência à compressão em alguns casos se comparada ao traço referência com agregado natural.

Os traços que mais se aproximaram da referência foram T7, T8, T9, o que não indica necessariamente que estes traços utilizando o agregado miúdo reciclado podem ser desenvolvidos comercialmente. Deve-se estudá-los mais a fundo com ensaios complementares, a fim de ter condições técnicas suficientes de afirmar a utilização em peças de artefatos de concreto e que tal afirmação não é possível com somente os ensaios realizados neste trabalho. Uma atenção especial eu daria para o traço T8, o qual obteve uma resistência superior ao da referência, este é um traço que poderia ser estudado.

4 Considerações finais

Deve ser feito ensaios complementares, para que se possa afirmar a utilização em peças de artefatos de concreto e que tal afirmação não é possível com somente os ensaios realizados neste trabalho.

A variabilidade da qualidade das amostras é bem visível, o que pode indicar que o processo para obtenção de um material de qualidade começa já na geração do resíduo na obra, com a conscientização da separação adequada do material. Em muitos corpos de prova foram encontrados diversos materiais não desejados, tais como: madeira, material branco semelhante ao gesso ou a cal e inúmeros pregos o que indica a falta de classificação de material.

É necessário utilizar um material com as melhores qualidades possíveis no concreto e não pensar que somente triturar os resíduos é suficiente para que se utilize novamente. Não podemos perder tempo em estudar adicionar lixo no concreto que não irá chegar a resultado algum. Sem dúvida é um assunto que necessita ser melhor estudado, pois, se conseguirmos dar uma utilidade a este material reciclado será um ganho enorme para a preservação do meio ambiente.

Referências

ARNDT J. A.; SOUZA J.; BIANCHINI M. *Influência do índice de forma do agregado graúdo na resistência a compressão do concreto.* In: 4º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 - Concreto - Procedimento para Moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto -Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655:2006 – Projeto de estruturas de concreto -Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 7211 – Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BEHERA M.; BHATTACHARYYA S.K.; MINOCHA A.K.; R. MAITI D.S. *Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review.* *Construction and Building Materials*, v.68, p. 501-516, 2014.

BRITO FILHO; - *Cidades Versus Entulho*, Comitê Técnico CT 206- Meio Ambiente, 1999, p 56-67.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. *Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR 6118:2003.* 3.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. *Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.* São Carlos: USP. 2007. Dissertação (Mestrado). Escola de engenharia de São Carlos.

CBIC, CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, *Cartilha sustentabilidade*, 01/2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. *Resolução N° 307, de 5 de julho de 2002. Dispõe diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96.*

DE JUAN M. S.; GUTIÉRREZ P. A. *Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled concrete aggregate.* *Construction and Building Materials*, v.23, p. 872-877, 2009.

DOMINGUES, David. *Contribuição ao estudo de dosagem do concreto com agregado de RCD.* UNIVERSIDADE DA AMAZONIA: BELEM. 2013. Dissertação.

FIGUEIRA J. A. S.; VALIN M. O. *Influências climáticas na cura do concreto.* IX Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de estruturas – 2013.

FUSCO, P. B. *Tecnologia do concreto estrutural – tópicos aplicados.* São Paulo: PINI, 2012.

GUSMÃO, A. D. *Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil.* CCS Gráfica. Camaragibe (2008).

HANSEN, T.C. *Recycled of demolished concrete and masonry.* London: Chapman & Hall, 1992. 316p. Part One: Recycled aggregates and recycled aggregate concrete, p. 1- 160.

HOOD, S. R. D. S. *Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação.* Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Engenharia..(2006).

LEITE, BATISTA MONICA. *Viabilidade econômica das usinas de reciclagem de RCD: um estudo de caso para Ijuí RS.* Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. - 2001

LIMA, J. A. R. *Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.* São Carlos: USP, 2000. 246p. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LEONHARDT, Fritz; MONNIG, Eduard. *Construções de concreto.* Editora intercência, 1982 VI.

MEDEIROS M. H. F.; ANDRADE J. J. O.; HELENE P. *Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto Concreto: Ciência e Tecnologia – (apostila capítulo 22) IBRACON, 2011.*

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.* São Paulo: PINI, 2008.

MOTTA, Rosângela dos Santos. *Estudo laboratorial de agregados reciclados de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego.* São Paulo: USP, 2005. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de transportes.

NEVILLE, A. M. - *Propriedades do Concreto.* Tradução de Salvador E. Giammusso. São Paulo, PINI, 1997.

PEDROSO D. E. *Compósitos a base de resíduos de concreto, lodo da anodização de alumínio e resíduos de produção da cal,* 2015.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. *Fundamentos do concreto e projeto de edifícios.* São Carlos, SP: 2010. (Notas de aula).

POON C. S.; LAM C. S. *The effect of aggregate-to-cement ratio and types of aggregates on the properties of pre-cast concrete blocks.* *Cement and Concrete Composites*, v.30, p. 283-289, 2008.

RILEM RECOMMENDATION. *Specification for concrete with recycled aggregates.* *Materials and Structures*. N. 27, p. 5557-9, 1994.

SILVA R.V.; BRITO J.; DHIR R.K. *Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production.* *Construction and Building Materials*, v.65, p. 201-217, 2014.

TOSIC N.; MARINKOVIC S.; DASIC T.; STANIC M. *Multicriteria optimization of natural and recycled aggregate concrete for structural use.* *Journal of Cleaner Production*, v. 87, p. 766-776, 2015.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. *A utilização do entulho como agregado, na confecção de concreto.* Campinas, 1997. 156p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas.