

UTILIZAÇÃO DE AGREGADO GRAÚDO RECICLADO DE CONCRETO PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO TRAÇO DE NOVOS CONCRETOS

FELIPE MALDANER¹
WESLEY SILVA OLIVEIRA²
BRUNO RODRIGUES DOS SANTOS²

RESUMO: Os resíduos inerentes de construções, demolições e reformas tem sido visado como uma fonte secundária de renda para empresários, já que podem ser reutilizadas pelo próprio setor da construção civil. No presente trabalho o agregado reciclado britado foi recolhido de uma indústria de entulhos e britados, feita sua análise granulométrica, massa específica e massa unitária para poder realizar os traços através do método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Foram realizados dois traços de concreto sendo um com agregado graúdo natural e outro com agregado graúdo reciclado de concreto, após os testes e ensaios é possível afirmar que o agregado reciclado pode ser utilizado na confecção de concretos, mas tem seu desempenho em relação a resistência a compressão inferior ao concreto com agregado natural já que a resistência final do concreto reciclado depende muito da resistência do agregado reciclado a ser utilizado na confecção.

Palavras-chave: Concreto; Agregado reciclado; Resistência a compressão.

USE OF AGGREGATE AGGREGATE RECYCLING OF CONCRETE FROM RESIDUES OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION IN THE TRACE OF NEW CONCRETES

ABSTRACT: Inherent waste from construction, demolition and renovation has been targeted as a secondary source of income for business owners, since it can be reused by the construction industry itself. In the present work, the recycled aggregate was collected from a rubble and crushed industry, with its particle size analysis, specific mass and unit mass to be able to perform the traces through the ABCP (Brazilian Portland Cement Association) method. Two traces of concrete were made, one with a natural heavy aggregate and the other with a recycled aggregate of concrete, after the tests and tests it is possible to affirm that the recycled aggregate can be used in concrete making, but it has its performance in relation to the resistance to compression ratio than concrete with natural aggregates since the final strength of the recycled concrete depends greatly on the strength of the recycled aggregate to be used in the manufacture.

Keywords: Concrete; Recycled aggregate; Compressive strength

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Sinop – FASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop – MT. CEP: 785500-000. Endereço Eletrônico: felipe-maldaner@hotmail.com

² Professor Especialista em Segurança do Trabalho, Curso de Engenharia Civil Faculdade de Sinop – FASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop – MT. CEP: 785500-000. Endereço Eletrônico: wesley_s14@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional de um município traz a necessidade do desenvolvimento urbano, onde exige a construção de novas de escolas, hospitais, avenidas, dentre outros. Com essas mudanças, características preocupantes da construção civil como o mal gerenciamento, baixa produtividade, perdas de tempo e de material, levam este ramo a manter o valor histórico de 30% de desperdício de material em todas as suas etapas (ZORDAN, 1997).

Segundo John (2000) o depósito irregular dos resíduos de construção e demolição é um problema que aflige autoridades do mundo todo incluindo o Brasil, e essa má deposição afeta diretamente o meio ambiente, sendo uma das grandes responsáveis por enchentes, assoreamentos dos leitos dos córregos, por danos à paisagem, proliferação de doenças, dentre outros prejuízos à saúde e à vida humana.

A remoção dos RCD (resíduos de construção e demolição) depositados irregularmente custa aos municípios uma quantidade significativa de recursos. Zordan (1997) analisou que na Cidade de Santo André no estado de São Paulo que para uma geração estimada de 115m³ de entulho ao dia fazendo toda a aplicação da indústria, da fábrica de blocos e de todo o custo de execução do sistema gerou uma economia de 22,2 dólares/m³ se comparado ao deixar o material em aterros irregulares.

Segundo Zordan (1997) no Brasil há aproximadamente 13 usinas de reciclagem de RCD. A primeira foi inaugurada em 1991, denominada, usina de entulho de Itainga, que está localizada na zona sul de São Paulo. Depois desta vieram o surgimento de outras usinas de reciclagem de RCD pelo país, como é o caso de Londrina no Paraná e as de Belo Horizonte em Minas Gerais que em 2010 contava com 3 usinas de reciclagem do material.

A quantidade de caçambas de entulho que observado ao circular por uma cidade é elevada e parte dessa quantidade de caçambas contém material proveniente da construção civil. Logo arquitetos, engenheiros e empresários devem pensar em como reutilizar de forma eficiente esse material que a princípio seria desperdiçado ou alocados em locais sem licença ambiental gerando problemas a população.

Através da pesquisa de John (2000) há uma estimativa de que 210 milhões de toneladas de argamassa e concreto são consumidos por ano e nesse valor não está incluso o volume utilizado em pavimentações. Uma questão importante a se levantar é que esses materiais são diretamente adquiridos de jazidas minerais não renováveis, e que a cada ano o volume dessas jazidas diminuem e podem futuramente ter sua capacidade de extração reduzida e até mesmo finalizada.

Com esse crescimento das cidades, as obras para melhoramento da infraestrutura municipal, obras particulares sendo construídas ou reformadas a produção de entulho é elevada. Com o intuito de melhorar o rendimento de suas empresas e aumentar a quantidade de produtos a disposição para venda, alguns investidores tem voltado os olhos para o RCD (resíduos de construção e demolição) que em muitas vezes donos de bota-fora viram que esse material era literalmente descartado na natureza, hoje procuram pesquisas para aproveitar esse material.

Com os problemas apresentados e sabendo que empresários se deparam com dificuldades de alocar esses materiais pelo volume que é produzido, a problemática se dá em como utilizar o material reciclado de construção e demolição para produção de agregados

gráudos e, serem aproveitados em traços de concreto em substituição de agregados naturais sem que perca de maneira significativa características como resistir ao esforço de compressão que nele é solicitado e atender as características do concreto como o abatimento e segregação.

O trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre a utilização de agregados gráudos reciclados provenientes de RCD (resíduos de construção e demolição), aplicando o Método ABCP (Associação Brasileira de cimento Portland) de dosagem de concreto e fazer a comparação das resistências dos concretos com agregado natural e com agregado reciclado nas idades de 3, 7, 21 e 28 dias mantendo o mesmo valor de abatimento nos dois traços e verificar o comportamento do concreto no estado fresco se há coesão no novo traço e também avaliar possível segregação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A preocupação com o meio ambiente leva a população a procurar alternativas para meios mais sustentáveis. Dentro desse cenário a reciclagem de resíduos se apresenta como uma possibilidade tangível para a diminuição dos impactos ambientais já que o Ministério do Meio Ambiente informa que no Brasil de toda a massa de resíduos sólidos urbanos, 50 a 70% dela é composta por materiais de construção e demolição SRHU/MMA (2011).

2.1 Construção civil e a geração de resíduos

Segundo Schuchovski (1995), é importante distinguir a perda do desperdício. O pesquisador ainda informa que a perda de material, tempo e dinheiro, ocorre por diversos fatores, entre os quais o desperdício puro. Dentro dos históricos 30% conhecidos pelo setor da construção civil como perdas apenas 3,5% do custo final da obra pode ser previsto como desperdício (descuido no manuseio, relaxamento e mau gerenciamento de compra).

A construção civil utiliza na sua grande maioria material natural e esse consumo chega a valores que vão de 20 a 50%, e com esse resultado a indústria da construção civil ainda é a maior consumidora de todo o material natural explorado pelo mundo (JOHN, 2000). Um exemplo prático é a exploração da madeira, que de toda a matéria prima retirada da natureza, cerca de 2/3 da extração é utilizada pela construção civil. Com essa análise os engenheiros, arquitetos, encarregados e demais envolvidos na construção civil precisam ficar atentos aos desperdícios e perdas que acontecem nas obras todos os dias (ZORDAN, 1997).

As atividades envolvidas em uma construção demandam uma quantidade elevada de materiais inertes, como a areia e o cascalho que são obtidos pela extração de sedimentos aluviais, e essa remoção modifica o perfil e o equilíbrio além de modificar a estrutura hidrológica e hidrogeológica. E ainda a remoção de materiais inertes de cadeias montanhosas podem além de modificar a paisagem, provocar instabilidade das mesmas e trazer prejuízos ao meio ambiente (BIANCHINI et al., 2005).

No conceito de Cabral (2007) muitas são as fontes geradoras de resíduos, das quais podemos citar: as perdas no processo construtivo, que podem ser pela falta de tecnologia, baixa qualidade da mão de obra ou produtos defeituosos; falta de qualidade dos materiais e serviços levando mal funcionamento da obra, ocasionam patologias e a correção gera

entulhos; demanda de novas moradias ocasionada pelo crescimento populacional; demolição de edificações nas quais chegaram ao fim da sua vida útil e catástrofes tanto naturais, quanto causadas pelo próprio ser humano como as guerras e bombardeios.

2.2 Histórico dos resíduos de construção e demolição

Os estudos sobre o reuso dos resíduos da construção civil tiveram seu início a muito tempo, pois existe registros do reaproveitamento pelos Fenícios, na Grécia Antiga e no Império Romano. Mas ela ganhou ainda mais força nos últimos tempos após grandes catástrofes como terremotos, maremotos, as duas grandes guerras, além de buscar uma solução sustentável para o depósito dos materiais e diminuir a utilização de materiais naturais.

A partir de 1928 segundo Schulz e Hendricks (1992), iniciou-se as pesquisas sobre o aproveitamento do RCD de forma sistemática, analisando a granulometria dos agregados adquiridos com a reciclagem e o fator água/cimento. O primeiro registro da aplicação relevante foi após a 2ª Guerra Mundial, na reconstrução das cidades europeias devastadas pelos bombardeios e toda a destruição que a guerra causou.

2.3 Propriedades do concreto reciclado

2.3.1 Massa Específica

No concreto reciclado fresco a massa específica do material tende a ser menor em comparação com o concreto convencional, pois o agregado reciclado que foi incorporado a massa tem uma maior quantidade de vazios. A interferência do agregado reciclado na massa específica do concreto confere valores ao novo concreto que ficam próximo ao limite entre o concreto leve e o estrutural (LATTERZA E MACHADO Jr.,1999).

Essa redução da massa específica devido ao ar incorporado na confecção do concreto com agregados reciclados segundo Levy (1997) pode chegar a um valor de redução de 5 a 10% em relação ao convencional.

2.3.2 Trabalhabilidade

Comparando o mesmo traço, mas um com agregados naturais e o outros com agregados reciclados, este apresenta um índice de trabalhabilidade inferior ao outro, a justificativa é pela maior porosidade apresentada pelo agregado reciclado que acaba aumentando a absorção da água no traço e reduzindo a quantidade de água livre no material (TOPÇU E GUNÇAN, 1995).

Na pesquisa de Mansur et al., (1999) foi utilizado agregado graúdo proveniente de blocos cerâmicos e foi avaliado 4 traços com a substituição de toda a parte do agregado graúdo natural por esse reciclado e foi modificado apenas os fatores de a/c sendo eles de 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6. Para a realização do concreto referência foi utilizado agregados de origem granulítica. Para a confecção do concreto todos os agregados foram colocados em água durante 24 horas. Pelos resultados obtidos nos testes em laboratório mostram que o concreto mesmo com a absorção da água ter sido compensada pela imersão durante 24 horas, a pasta

de concreto ainda teve sua trabalhabilidade afetada pelo fato de não ser um material natural e ter uma grande taxa de absorção.

Com os estudos de dePauw et al., (1998), os agregados reciclados possuem uma característica de alta porosidade fazendo com que estes materiais tenham absorvidos em seu interior quantidades significativas de água.

2.3.3 Resistência a Compressão

Para Bazuco (1999) quando feita a análise da resistência a compressão, fatores chave devem ser melhor estudados como as propriedades dos agregados a serem utilizados, o quanto do material natural será substituído pelo reciclado e os níveis de resistência devem ser considerados. Para concretos com resistência a compressão inferior, as diferenças consequentemente tendem a serem menores.

Nos estudos de Zordan (1997) atingiu valores de resistência com o concreto reciclado de até 50% menor que os valores do concreto referência. Mas para chegar a esses valores o autor utilizou como parâmetro para dosar os concretos o abatimento do concreto, sendo assim, o consumo de cimento e as relações de água/cimento de cada traço eram variáveis.

Devenny e Khalaf (1999) estudaram o concreto reciclado composto por 4 tipos de tijolos cerâmicos para compor o concreto reciclado como agregado graúdo. Esses tijolos tinham como variável a resistência a compressão de cada um deles. Dois traços foram realizados, um com a relação a/c de 0,55 e o segundo com a relação a/c de 0,4. Nos ensaios a resposta foi que a resistência a compressão aumentava nos dois traços quando a resistência a compressão do tijolo utilizado também era maior. Para os pesquisadores no tipo de ruptura que acontecia também no agregado, há uma boa aderência da pasta com o agregado. A angulosidade do material reciclado apresenta uma área de contato maior e assim criando mais aderência com a pasta do concreto.

Dessy et al., (1998) realizaram pesquisas com 3 tipos de concretos, o primeiro que substituía totalmente os agregados naturais por reciclados, outro com substituição de apenas o agregado graúdo pelo reciclado e o último utilizando apenas agregados naturais, e 3 relações de a/c: 0,77; 0,69 e 0,66 respectivamente. Os autores concluíram que na resistência a compressão do concreto feito todo com concreto reciclado houve uma redução de 23% e no concreto com substituição de apenas o agregado graúdo teve a redução de 13%.

Barra (1996) estudou misturas com agregados graúdos reciclado de material cerâmico e de agregados naturais e foi traçado a curva de dosagem no qual concluiu que os concretos reciclados seguem o comportamento da Lei de Abrams. Mas quando a relação a/c diminui a resistência é menor nos concretos reciclados comparados aos concretos convencionais.

2.3.4 Resistência à tração

No desenvolvimento de Mansur et al., (1999) utilizaram para a resistência a tração agregados reciclados graúdos de blocos cerâmicos e concretos convencionais, moldando com 4 relações de água/cimento que vai de 0,3 a 0,6. No resultado da pesquisa, o concreto com o agregado reciclado teve um desempenho de 9 a 12% maior que o concreto referência, e os autores mencionam o melhor desempenho pela forma mais angular que o agregado

reciclado atinge e a textura com maior rugosidade e assim os dois tornam a aderência da pasta/agregado maior.

Já Machado Jr. et al. (2000) produziram concretos com substituição de 0, 50, e 100% de agregado natural pelo reciclado com máximas dimensões de 19 e 9,5 mm. Ele constatou que nem a tração por compressão diametral, a tração por flexão, a dimensão máxima e nem a porcentagem de substituição teve grande influência no resultado e sim a melhor aderência pasta/agregado e a taxa de absorção do material quem deu melhor desempenho.

2.3.5 Módulo de Deformação

Concreto com agregados reciclado geralmente apresentam mais deformações que

os agregados convencionais pois a camada de argamassa antiga que esta aderida na superfície do agregado reutilizado de concreto e maior porosidade do material levam o concreto a ter essa característica. (LEVY 1997).

Em estudos mostrados por Hansen (1992) apresentam uma diminuição do modulo

de deformação do concreto com agregado graúdo reciclado comparado com o convencional que variam de 15% até 40% e essa diminuição pode ficar ainda maior quando o agregado miúdo também está presente nesse traço.

Também apresentaram reduções no modulo de deformação em concretos produzidos com agregados graúdos reciclados de concreto comparados ao concreto convencional na pesquisa de Salem e Burdette (1998) sendo elas de 9% aos 7 dias de cura e de 16% aos 28 dias. Essa redução segundo eles é causada pela camada de argamassa antiga junto ao agregado reciclado e essa argamassa entrega ao material maior deformabilidade e assim transferindo para todo o concreto.

2.3.6 Durabilidade

Segundo Quebaud et al., (1999) apud Leite, (2001) nos concretos em geral, utilizando agregados naturais ou reciclados a durabilidade está ligada diretamente com a permeabilidade e outras propriedades, e realizando estudos com concretos utilizando apenas agregados reciclados, apresentaram dados que a permeabilidade a água é duas a três vezes maior que a do concreto convencional, e a permeabilidade ao ar chegou a ser de duas a cinco vezes superior ao concreto convencional.

Na pesquisa de Hansen (1992) a taxa de absorção de água em concretos utilizando

os agregados reciclados de concreto é superior que nos concretos convencionais e o mesmo menciona que não é uma surpresa esses resultados pois grande parte do concreto é de material reciclado e esse contém muitos poros, e nos concretos convencionais se utiliza o agregado natural com menor taxa de absorção.

O desempenho quanto a porosidade, absorção de água, permeabilidade e volume de

vazios em concretos produzidos com agregado reciclado é dependente da qualidade obtida na matriz do agregado e na sua maioria tem um desempenho menor em relação ao concreto com agregados naturais (CABRAL, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios com o concreto foram realizados no município de Sorriso – MT, sendo os materiais naturais de jazidas mais próximas do município de Sorriso – MT. O cimento utilizado foi o CP V ARI RS. E o agregado reciclado de concreto foi adquirido de uma empresa de entulhos do município de Sinop – MT onde a empresa possui um britador de martelo e neste já contém as peneiras separadoras necessárias para que o material coletado apresente diâmetros máximo referente a classificação Brita 1 (19 mm).

Foram coletados cerca de 150 quilos de agregado graúdo reciclado de concreto, na amostra coletada continha partes de seixo rolado pois este teria sido britado antes do agregado reciclado, e mesmo com a limpeza do equipamento ainda continha alguns resíduos deste material.

Na dosagem do concreto foi utilizado o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) como referência. Onde os agregados naturais tanto a areia quanto a brita 1 já continham os testes de granulometrias realizadas pelo laboratório da concreteira que forneceu o material para a pesquisa.

Para o agregado miúdo e graúdo natural disponíveis na concreteira e o agregado graúdo reciclado de concreto, apresentaram características conforme informa a Tabela 1 e foram realizados os ensaios de laboratório conforme a NBR 7211 ABNT (2009). Já para o cimento foi utilizado o laudo da própria fornecedora de cimento para utilização da massa específica.

Material	Areia	Brita 1 Natural	Brita 1 Reciclada	Cimento
Massa Específica (Kg/m ³)	2660	2700	2541	3050
Massa unitária solta (Kg/m ³)	1560	1320	1190	--
Módulo de finura	1,8	--	--	--
Diâmetro máximo (mm)	0,8	19	19	--

Fonte: Próprio (2019)

Tabela 1 - Características dos agregados naturais, agregado reciclado de concreto e cimento.

Ao ter todas as características dos agregados e do cimento foi iniciado a elaboração do traço seguindo o método ABCP de dosagem, onde foi dimensionado um concreto com FCK de 20 Mpa de resistência a compressão. Onde segundo a norma NBR 6118 ABNT (2014) é a resistência mínima para um elemento utilizado em fundações.

As características para a confecção da amostra foram, abatimento do tronco de cone de 90 ± 10 mm, desvio padrão classe 4, já que todos os materiais foram secos e pesados antes da dosagem e chegou-se nos traços unitários apresentados na Tabela.

Traço	Cimento	Areia	Brita 1	Água Agregado	
Graúdo Natural	1,00	2,65	3,22	0,65	
Agregado Graúdo Reciclado		1,00	3,00	2,90	0,65

Fonte: Próprio (2019).

Tabela 2: Traços unitários obtidos pelo método ABCP

Para cada traço foi confeccionado 40 litros de concreto onde seria suficiente para moldagem de 16 corpos de prova com as dimensões especificadas pela NBR 5738 ABNT (2015) e realização do ensaio pelo abatimento de tronco de cone conforme NBR 67 NM (1998). Foi utilizado para a mistura uma betoneira de 120 litros, no qual foi adicionado primeiramente a brita 1, em seguida 80% da água disponível, então acrescido a areia e o cimento para após adicionar os 20% de água restantes.

Durante a realização do concreto com a brita 1 natural ao realizar o ensaio de abatimento pelo tronco de cone foi observado o aspecto do concreto, onde a quantidade de argamassa estava suficiente para uma boa trabalhabilidade e o concreto estava bem coeso já que ao realizar o ensaio de abatimento o concreto não desmoronou.

Para a quantidade de água adicionada chegou-se no valor do abatimento de 100 mm previstos durante a dosagem através do Método ABCP. Após as avaliações através do ensaio foi dado início a moldagem dos 16 corpos de prova seguindo os critérios da NBR 5738 ABNT (2015).

Já no ensaio com a brita 1 reciclada para chegar-se ao mesmo resultado no abatimento do tronco de cone que a brita 1 natural foi necessária a adição de 1 litro a mais de água do traço original alterando assim o fator água/cimento do traço. Já com a necessidade desta adição já foi considerado que o concreto com agregado reciclado já teria uma menor resistência pelo aumento do fator Água/Cimento do traço. Analisando também a quantidade de argamassa, estava em boa quantidade para a trabalhabilidade e a coesão do concreto com a brita 1 reciclada ficando semelhante ao primeiro traço.

Com a adição de 1 litro de água no traço com brita reciclada para alcançar a mesma trabalhabilidade que o concreto com brita natural alterou-se traço e na tabela abaixo identifica como ficou o novo traço com esta adição.

Traço com adição de 1 litro de água no agregado reciclado	Cimento	Areia	Brita 1	Água
Agregado Graúdo Reciclado	1,00	3,00	2,90	0,73

Fonte: Próprio (2019)

Tabela 3: Traço modificado com a adição de água.

Após realizada as análise pelo ensaio do tronco de cone aonde teve os mesmos 100 mm de abatimento após a adição da água, foram moldados 16 corpos de prova.

A cura dos 32 corpos de prova seguiu os passos da norma NBR 5738 ABNT (2015) onde, sendo desmoldados com 24 horas após a moldagem e alocados em um tanque de cura com água saturada de cal até as idades de rupturas de cada corpo de prova.

Para a realização dos ensaios de compressão simples os corpos de prova passaram pelo capeamento mecânico, onde foi se utilizado de uma retifica com disco de aparar, onde o lado superior da moldagem do corpo de prova foi retificado para a correção das imperfeições e o lado inferior da moldagem manteve-se igual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises do concreto fresco

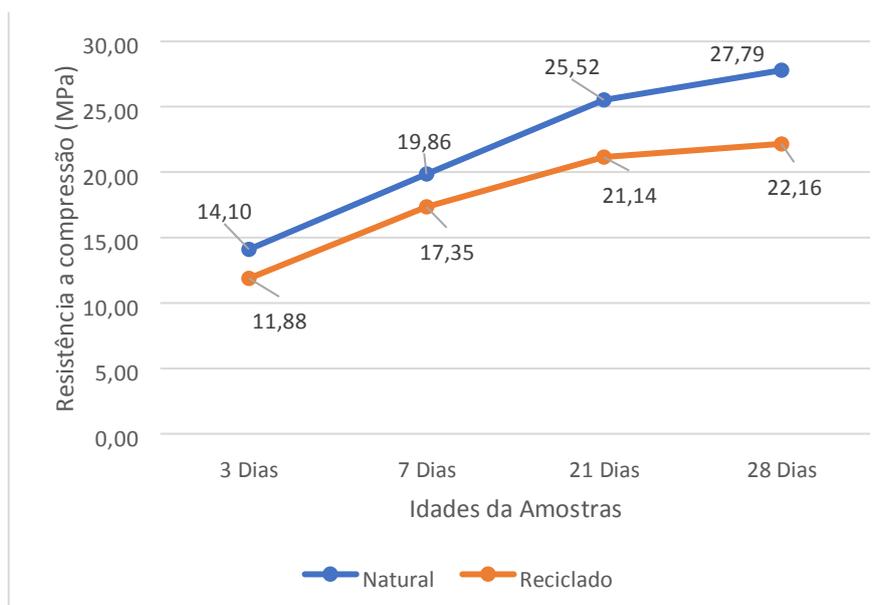
Durante a realização dos ensaios as primeiras análises foram feitas com o concreto fresco, analisando a coesão dos materiais. Para a coesão não existe em vigor uma norma que identifica qual material é coesivo ou não, o que pode ser feito durante o ensaio de abatimento é bater ao lado do tronco de concreto com a haste na placa do ensaio e verificar se o material teve algum desmoronamento ou teve adensamento regular, que se acomoda aos poucos, e nos dois casos o material ficou bem coeso já que nenhum teve desmoronamento ao realizar o teste.

Para o ensaio de abatimento de tronco de cone o concreto com agregado natural alcançou o abatimento estipulado que era de 100 mm, já o concreto com agregado reciclado somente com a água inicial do traço alcançou somente 80 mm de abatimento e então foi adicionado mais 1 litro de água e assim chegou-se nos 100 mm de abatimento estipulado.

Este comportamento do concreto com agregado reciclado o que pode ter interferido é a porosidade do material já que ele é um derivado de concreto e este contém absorções maiores que o agregado natural.

4.2 Ensaio de compressão simples

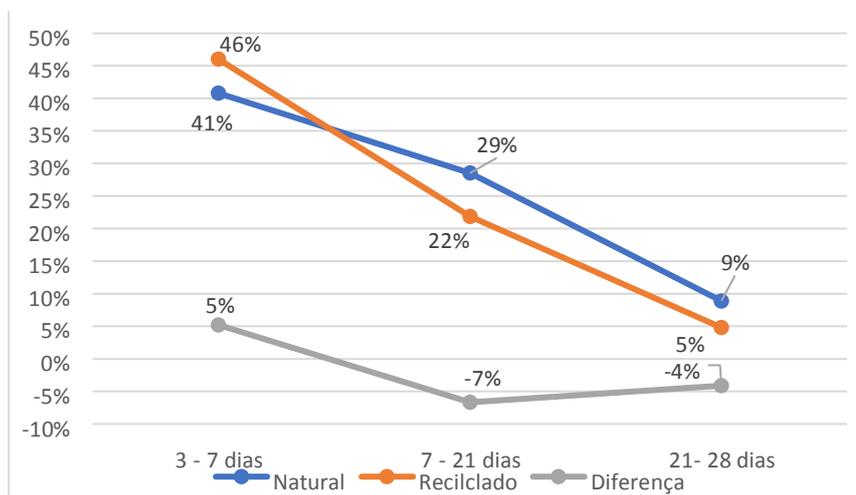
Após a realização dos rompimentos obteve-se os resultados da seguinte forma, cada idade teve 4 corpos de rompidos, para se obter um valor estimado foram descartados os maiores e menores valores de cada idade e feita a média dos valores restantes e chegou-se nas curvas de evolução das resistências apresentados no Gráfico 1.



Fonte: Próprio (2019)

Gráfico 1: Curva de evolução das resistências

Com o Gráfico apresentado podemos observar que o comportamento dos dois concretos teve alterações após os 7 dias onde o concreto com agregado natural começou a ter ganho de resistência maior que o concreto com agregado reciclado, com o Gráfico 2 é possível identificar esta variação.



Fonte: Próprio (2019)

Gráfico 2: Taxa de crescimento em cada período de cura.

Na primeira comparação de evolução da resistência dos 3 para os 7 dias o concreto com agregado reciclado apresentou 5% de resistência a mais que o agregado natural, mas para a segunda comparação de 7 para 21 dias o agregado natural já teve ganho de resistência superior ao agregado reciclado, e o mesmo acontece para a última comparação.

Para este comportamento o concreto com agregado reciclado enquanto a resistência da argamassa trabalha em conjunto com a resistência do agregado seu comportamento é de bom desempenho pois o rompimento acontece na própria argamassa. A partir do momento em que a resistência da argamassa começa a aumentar e se aproximar da resistência do agregado quem começa a limitar a resistência geral do concreto é o agregado graúdo reciclado.

No gráfico 1 fica bem claro que a partir do momento que o concreto chegou próximo dos 20 Mpa o ganho de resistência do concreto com agregado reciclado quase chega a ser constante pois a argamassa pode até ter uma resistência superior, mas quem limitará a resistência e se romper é o agregado.

O concreto com agregado natural mesmo com a resistência aproximando dos 20 Mpa ainda teve aumento da resistência, pois este agregado natural tem sua resistência final maior que a resistência da argamassa, logo aumentando a resistência da argamassa no concreto com agregado natural ainda haverá ganho na resistência final do concreto pois o agregado terá resistência suficiente para suportar essa carga.

5. CONCLUSÃO

O concreto com agregado reciclado teve desempenho bem semelhante nas primeiras idades de cura comparando com o concreto com agregado natural, mas quando a resistência da argamassa se aproxima da resistência do agregado é ele quem começa a limitar a resistência final do concreto. Portanto o material limitante da resistência do concreto é o material reciclado, e com isso deve ser feita uma análise do quão resistente é este material para assim ser utilizado como agregado em concretos estruturais.

Pesquisas relacionadas com a porcentagem de absorção deste material devem ser feitas antes de realizar traços com agregados reciclados, já que na realização deste trabalho a absorção teve impacto relativo na resistência final do concreto pois foi necessária a adição de água para alcançar o mesmo abatimento do concreto com agregado natural e conseqüentemente elevou-se a relação água/cimento fazendo com que a resistência final deste novo concreto fosse reduzida.

Com a pesquisa fica evidente que é possível utilizar concretos com agregados reciclados sendo possível obter resistências superiores que as mínimas recomendadas por normas, mas é importante salientar que o agregado reciclado é muito variável, já que o controle da resistência do material a ser britado e também da quantidade de materiais variáveis como, tijolo cerâmico ou de concreto, argamassa de reboco que podem estar presentes neste volume e modificar as características de resistência do agregado.

Para outros trabalhos que complementam o conhecimento deste tipo de material é identificar qual a resistência do agregado reciclado e realizar a dosagem para identificar até que ponto essa resistência interfere na resistência final do concreto. Outra pesquisa de grande interesse seria o custo para produção deste agregado reciclado e o quanto ele interfere no valor final do concreto com relação a sua resistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRA, M. Estudio de ladurabilidaddelhormigón de árido reciclado ensuaplicación como hormigón armado. 1996.

BAZUCO, R. S. Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos. Florianopolis, 1999.

BIANCHINI, G., MARROCCHINO, E., TASSINARI, R., VACCARO, C. Recyclingofconstructionanddemolitionwastematerials: a chemicalandmineralogicalappraisal. Waste Management. 2005.

CABRAL, A. E. B. Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2007.

DESSY, P.; BADALUCCO, C.; BIGNAMI, F. C.; et al. Analysisof performances of concrete componentsmadewithrecycledaggregates. 1998.

DEVENNY, A.; KHALAF, F. M. **The use of crushed brick as coarse aggregate in concrete.** 1999.

DE PAUW, P.; THOMAS, P; VYNCKE, J.; et al. **Shrinkage and creep of concrete with recycled materials as coarse aggregates.** Londres, 1998.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP (PCC USP). São Paulo-SP, 2000.

HANSEN, T. C. **Recycled demolished concrete and masonry.** Londres, 1992.

LATTERZA, L.M.; MACHADO Jr., E.F. **Aplicação do concreto de agregado reciclado (D_{máx}= 9,5mm) na fabricação de painéis leves de vedação.** São Paulo. 1999

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre, 2001.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos.** São Paulo. 1997

MACHADO Jr, E. F.; LATTEZZA, L. M.; MENDES, C. L. **Influência do agregado reciclado de rejeitos de construção e demolição nas propriedades do concreto fresco e endurecido.** 2000.

MANSUR, M. A.; WEE, T. H.; CHERAM, L. S. **Crushed bricks as coarse aggregate for concrete.** 1999.

SALEM, R.M.; BURDETTE, E. G. **Role of chemical and mineral admixtures on physical properties and frost-resistance of recycled aggregate concrete.** 1998. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – SRHU/MMA – **Planos estaduais de resíduos sólidos.** Brasília, DF, 2011.

SCHUCHOVSKI, J.L. **Conceito e preconceito. Construção.** Editora PINI 2014. São Paulo 1995.

SCHULZ, R. R.; HENDRICKS, Ch F. **Recycling of Demolished Concrete and Masonry.** Londres 1992.

TOPÇU, I. B.; GÜNÇAN, N. F. **Using waste concrete as aggregate. Cement and Concrete Research,** 1995

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP 1997.