

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA FABRICAÇÃO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL¹

FERNANDO APARECIDO COSTA BARIZÃO²
ANGÉLICA VINCI DO NASCIMENTO GIMENES RIOS³
SUELI MIEKO MIAMOTO⁴

RESUMO: Desde o aparecimento do termo sustentabilidade que a preocupação com o meio ambiente se consolidou na sociedade e conseqüentemente a questão do impacto ambiental gerado, tanto pela extração de matéria prima para produção de materiais, assim como pelo descarte dos resíduos produzidos. A pesquisa buscou analisar a questão do uso do agregado reciclado de resíduos da construção e demolição (RCD), pois, através da reciclagem pode-se satisfazer as questões mencionadas de extração e descarte. Foram feitos levantamento bibliográficos, para se fazer a caracterização dos “agregados reciclados” e do “concreto reciclado” e sua diferenciação do tipo como padrão. Ainda foi elaborado um questionário direcionado a empresas especializadas em reciclagem de RCD (empresa A e B), além da entrega de um ofício solicitando dados em pedreiras (empresas C, D e E) com o intuito de se fazer uma análise quali-quantitativa e orçamentária. Os concretos produzidos com agregados reciclados de RCD apresentam menor resistência a tração, compressão e abrasão e à penetração de cloretos se comparados aos confeccionados com agregado natural, além de maior retração, devido a isso, sua utilização é muitas vezes voltada para elementos não estruturais, tais como, base de pavimentação de estradas e uso em áreas de drenagem. A substituição parcial ou integral do agregado graúdo convencional pelo reciclado pode gerar uma economia de até de 29,33% para o rachão, 26,42% para a brita 1 e 26,78% para o pedrisco, porém, mesmo apresentando valores altos de economia, deve-se levar em conta a questão da confiabilidade do concreto produzido por esse material.

Palavras-chave: agregado; RCD; concreto.

1 INTRODUÇÃO

¹ Trabalho apresentado na Semana Acadêmica Fatecie 2018

² Graduando em Engenharia Civil – FACULDADE FATECIE – bolsista do PIC – Projeto de Iniciação Científica – FATECIE. E-mail: fernandocostabarizao@hotmail.com.

³ Professora orientadora do PIC – FACULDADE FATECIE. Bacharel em Engenharia Civil - UNICESUMAR e Pós-graduanda no MBA em Gerenciamento e Execução de Obras - UNICESUMAR E-mail: angelicaavng@hotmail.com

⁴ Professora orientadora do PIC – FACULDADE FATECIE. Especialista em Gestão Ambiental em Municípios – UTFPR. Mestre em Engenharia Urbana – UEM. E-mail: smmiamoto@gmail.com.

Desde os primórdios da humanidade se tem relatos sobre algum tipo de construção, no qual, a princípio era feita de forma totalmente artesanal e que, no decorrer do tempo, teve-se uma evolução dos métodos executivos. Mesmo no princípio essa era uma indústria que gerava muitos resíduos.

Com a expansão das cidades e o aumento populacional dos últimos anos observou-se também uma expansão no ramo da construção civil e conseqüentemente os quesitos que englobam essa indústria, tais como o aumento do consumo dos recursos naturais e da produção dos resíduos da construção e demolição (RCD), que no Brasil, segundo Marques Neto (2005), representa cerca de 51% a 70% dos resíduos urbanos coletados e pelo descarte desses que muitas vezes é feito de forma incorreta.

Com o aumento da preocupação em relação ao meio ambiente e sua conservação e com a aplicação da sustentabilidade dentro da construção civil, adotou-se várias medias e métodos incrementando ao que se tinha como padrão, por exemplo, uma medida adotada foi o aumento da reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD).

A utilização dos resíduos da construção civil como agregado, em larga escala, tem sido documentada desde 1946. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, a Europa se encontrou em uma situação difícil, foi grande a destruição dos locais onde houve conflitos e conseqüentemente se teve uma grande necessidade de reconstruir e de maneira rápida o que foi perdido na guerra.

Segundo Levy e Helene (1995) a grande quantidade de entulho devido as construções destruídas e a grande demanda de material para a reconstrução dessas cidades atingidas pela guerra, fizeram com que fosse feito a utilização dos RCD's como agregados.

Em países em desenvolvimento, o reuso e reciclagem de resíduos vem crescendo cada vez mais. Essa pratica na indústria da construção civil, está se tornando algo de suma importância para sustentabilidade, tanto reduzindo o impacto ambiental quanto na redução de custos (LUCAS; BENATTI, 2008).

Embora há uma redução no impacto ambiental e nos custos, há também um aspecto a se preocupar que é a qualidade dos produtos que usam os agregados de RCD's, tendo em vista que existe uma grande variedade de materiais presente na reciclagem (JACQUES, 2013).

Atualmente a indústria da construção civil é uma das indústrias que mais consomem matérias-primas não renováveis, principalmente os componentes do concreto (principal elemento da construção civil). Pelo alto consumo diário de agregados (brita e areia) naturais e não renováveis, a utilização de agregados reciclados de RCD's se tornou uma necessidade para o setor.

Neste sentido, o presente projeto tem como objetivo estudar a viabilização do uso dos resíduos provenientes da construção civil como agregados na fabricação de concreto não estrutural, sobre tudo, verificar as aplicações desse concreto em relação ao concreto convencional, tendo em vista que, o concreto com agregados reciclados possui um processo construtivo "limpo" no qual não há extração dos recursos naturais para a sua confecção.

A pesquisa objetiva diferenciar o agregado convencional do agregado obtido com a reciclagem dos RCD's e estudar as características do concreto confeccionado com esse material para uso não estrutural. Além disso pretende-se descrever o processo de produção desse agregado e avaliar os custos para sua produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduos da construção civil

Entende-se como resíduo o subproduto resultante das atividades humanas, ou seja, o que se é descartado. Os resíduos da construção e demolição (RCD) são todos os materiais da construção civil descartados por não desempenharem a função para que foram adquiridos ou por serem "restos" dos processos envolvidos nessa indústria.

Segundo o Art. 2º da Resolução CONAMA 469 de 2015, são adotadas as

seguintes definições para Resíduos da construção civil:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº469, 2015.).

A resolução 469 do CONAMA ainda faz a classificação dos RCD's de acordo com o Quadro 1. Através desta classificação é possível saber o método de descarte correto para os RCD's como mostra o Quadro 2.

QUADRO 1 – Classificação dos resíduos sólidos da construção e demolição de acordo com o CONAMA 469 de 2015.

CLASSE	DESCRIÇÃO	
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:	a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
		b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
		c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.	
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;	
Classe D	são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas	

e demais objetos e materiais que contenham;

FONTE: BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº469, 2015.

QUADRO 2 – Destino dos RCD's após a triagem de acordo com o CONAMA 469 de 2015.

CLASSE	DESTINO
Classe A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de preservação de material para usos futuros;
Classe B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
Classe C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas

FONTE: BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº469, 2015.

2.2 Reciclagem dos RCD's

No Brasil até o ano de 2001, existiam nove usinas de reciclagem de resíduos da construção civil, implantadas a partir de 1991, sendo de referência a da prefeitura de Belo Horizonte que possui duas usinas de RCD's, com capacidade de processar 400 toneladas diárias de resíduos das construções civis. (MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2001).

Embora em 1994 foi implantado em São Paulo a primeira usina de reciclagem

dos resíduos da construção civil, com uma produção de 100 toneladas, foi a partir de 1995 que as usinas implantadas começaram a operar de maneira contínua (ZORDAN, 1997).

A partir de 2004, foi implantado a documentação técnica para a elaboração de projeto de usina de reciclagem dos entulhos da construção civil, nesse ano entrou em vigor na América do Sul a NBR 15114 de 2004 (Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação), que trata de diretrizes para o projeto, implantação e operação de usinas de reciclagem dos RCD's.

Atualmente existem duas formas de se fazer o processamento: semi-automática e o processamento automático, no qual se é utilizado um equipamento de grande potência capaz de triturar sem que haja primeiramente a separação dos resíduos.

De forma geral, todo o processo pode ser descrito nas seguintes etapas: coleta, pesagem, vistoria prévia, separação manual, preparo, peneiramento, transporte e estocagem. Os resíduos colhidos pelos caminhões são levados às usinas de reciclagem, onde se realiza primeiramente a pesagem desse material no próprio caminhão.

Esse material é encaminhado para um local de recebimento dos resíduos (pátio de recepção), no qual se tem uma verificação, de forma superficial, da compatibilidade desse com o equipamento de trituração. O resultado desse estágio do processo é o descarte dos materiais rejeitados, ou seja, o encaminhamento desse para aterro sanitário e para os materiais tidos como aceitáveis se tem sua descarga no pátio para um processo mais complexo de separação, feito de forma manual e se tendo o cuidado com os entulhos de e grande porte, que podem prejudicar a operação do moinho e quebrar os martelos.

Após o processo de separação, os materiais aprovados (classificados como comercializáveis), são depositados em locais separados para o armazenamento e preparação do material para trituração.

A preparação dos resíduos consiste basicamente em uma aspensão de água sobre esse material levemente para reduzir a quantidade de poeira gerada na

trituração. Ainda se realiza a dosagem correta do material que irá para o britador.

Após a trituração (britagem) dos RCD's esse material é encaminhado à peneira vibratória, que o separa em granulometrias selecionadas. Da peneira, cada uma das frações granulométricas é transportada via esteira para locais de armazenamento específicos para sua estocagem.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa contou com duas frentes de metodologia, uma na qual foram feitos levantamentos bibliográficos caracterizando os agregados reciclados e os diferenciando dos agregados convencionais, assim como o concreto não estrutural produzido com esse agregado em relação ao concreto não estrutural convencional.

A outra frente foi direcionada para a caracterização e levantamento qualitativo do agregado reciclado, através da realização da coleta de dados em empresas especializadas, por meio da entrega de questionário.

3.1 Caracterização das empresas onde serão coletados os dados

A análise da viabilização do uso dos RCD's como agregados na fabricação de concreto não estrutural foi realizada através de dados fornecidos por duas empresas (A e B) especializadas na fabricação de agregado reciclado, além de se obter também os custos do agregado graúdo padrão (rachão, brita 1 e pedrisco) de outras 3 empresas (C, D e E) para realização de comparativo.

A empresa A está situada em Cascavel – PR é especializada na reciclagem dos resíduos da construção civil e fornece basicamente produtos apenas para a área da construção. Pode-se citar como produto dessa a areia reciclada, pedrisco reciclado, brita reciclada graduada, brita reciclada, madeira triturada e material terroso.

Já a empresa B está situada em Londrina – PR e é especializada na gestão de resíduos sólidos. Além de oferecer soluções completas para coleta, tratamento e destinação final adequada dos mais diferentes tipos de resíduos sólidos Classe I e Classe II, tais como orgânicos, recicláveis, rejeitos, industriais, saúde e resíduos da construção civil. A empresa fornece vários produtos resultantes da reciclagem desses resíduos, entre eles o agregado reciclado, paver, areia, vidro, etc.

As empresas C, D e E são pedreiras localizadas respectivamente em Alto Paraná – PR, Maringá – PR e Londrina – PR. Todas elas são de médio/grande porte e fornecem materiais como pedrisco, brita graduada, rachão e pó de pedra para toda a região de Maringá – Paranaíba.

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados nas empresas A e B foi realizada através da elaboração de um questionário, com perguntas relacionadas a todo o processo de reciclagem do RCD's, desde sua coleta até o produto analisado, ou seja, o agregado reciclado. Além de perguntas de cunho orçamentário a fim de se comparar os custos com os solicitados, através de ofício, às empresas C, D e E.

O questionário foi elaborado de forma que as questões são abertas, se tendo a necessidade de resposta descritiva, simples e objetiva, sem a presença de termos técnicos. O Quadro 3 apresenta o modelo do questionário entregue as empresas A e B.

Quadro 3 - Questionário entregue as empresas A e B.

Questionário	
Questões	Respostas
1- A respeito da coleta como é realizada?	
2- Como é realizado o processo de separação quando os resíduos chegam até a empresa?	

3- Como é realizado a separação depois de passar pelo britador?	
4- Quais produtos são fabricados na empresa com esse material?	
5- A respeito do preço, qual o valor do material no mercado?	
6- Quais são os principais usos para o agregado reciclado?	
7- Se já foi feito teste de compreensão, qual a resistência do concreto feito com agregado reciclado?	
8- Quais as vantagens do uso do agregado reciclado?	

FONTE: AUTOR (2018).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Agregados proveniente dos RCD's para uso na construção civil

Os agregados reciclados são um material obtido pela trituração, ou seja, britagem dos resíduos da construção, sendo assim pode-se afirmar que são constituídos por fragmentos de concretos, argamassas, cerâmicas e outros materiais secundários. Sua classificação é feita pela norma ABNT NBR 15116 de 2004 (Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos) e depende da sua composição e pode ser feita em dois grupos, agregados reciclados de concreto e agregados reciclados misto.

O primeiro grupo (agregados reciclados de concreto) é direcionado aos agregados graúdos com no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland ou de material pétreo que atendam à norma. (ABNT NBR 15116, 2004).

Já o grupo dos agregados reciclados mistos é composto por agregados que tem em sua fração graúda menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. (ABNT NBR 15116, 2004).

Como produto o agregado reciclado apresenta características como maior porosidade em relação ao agregado convencional, além da sua composição que também é diferenciada. A rebitagem do agregado reciclado proveniente do RCD's pode reduzir a porosidade desse material.

Barra (1997), ainda cita a não-homogeneidade e a menor resistência desse material proveniente dos resíduos da construção. Segundo Bazuci (1999) e Lima (1999), de forma geral, a composição granulométrica do agregado reciclado provenientes dos RCD's apresenta uma granulometria mais grossa que os agregados convencionais e que seu processo produtivo influencia diretamente na granulometria final nesses agregados produzidos.

O agregado reciclado também tem uma textura mais rugosa comparado com o agregado natural. Segundo HAMASSAKI et al (1996), a superfície do agregado reciclado, pode ser classificada como áspera até muito áspera.

Conforme Leite (2001), se tem, em termos estatísticos, uma redução da massa específica dos a agregados reciclados em relação aos agregados naturais em cerca de 4 % para a fração miúda e 19 % para a graúda. Esse dado é de muita importância já que interfere diretamente na composição do traço do concreto produzido.

4.2 Concreto produzido com agregado reciclado

O concreto produzido com resíduos da construção civil pode ser definido como o concreto que em sua composição se tem a substituição total ou parcial do agregado convencional por agregado reciclado.

Muitos autores realizaram pesquisas comparativas entre o concreto produzido com agregado reciclado em relação ao produzidos com o agregado natural, sobre a viabilização da utilização desse concreto com agregado de RCD ou sobre a característica desse material, entre eles podemos citar as publicações de Leite (2001), que avalia as propriedades mecânicas desse concreto produzido com concreto de agregado reciclado, Vieira e Molin (2004), que faz uma análise da viabilidade técnica

da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição e Bello et al (2014), que realiza um comparativo com finalidade de uso em peças pré-moldadas.

Para Cabral (2007), a resistência dos concretos produzidos com agregado reciclado pode chegar a ser 45 % inferior aos concretos convencionais e isso se deve ao processamento desse material, ou seja, a britagem, à origem do RCD's e a qualidade desse resíduo.

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

De forma geral, as principais características do concreto produzido com agregado proveniente dos RCD's em relação ao concreto convencional são: redução da massa específica, maior trabalhabilidade, maior porosidade e absorção de água, diminuição da resistência à compressão, diminuição da resistência a tração, diminuição da resistência à abrasão, maior retração, melhor desempenho quando submetidos ao fogo, aumento da profundidade de carbonatação e diminuição da resistência a penetração de cloretos. (CABRAL, 2007).

O concreto reciclado pode ser empregado em escala como sub-base de pavimento e em obras com emprego não estrutural devida a redução da resistência a compressão em relação ao convencional. Para sua utilização em elementos estruturais seria necessária a realização de estudos mais específicos. Muitos autores comentam a possibilidade da utilização desse concreto em elementos estruturais de 30 até 40 Mpa

A utilização do concreto reciclado traz diversos benefícios, pois, além da parte da redução do impacto ambiental, onde há o descarte de maneira correta dos resíduos da construção, por ser considerado um material sustentável pode classificar a empresa como uma empresa ecológica, recebendo até certificações específicas tais como as certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental) e assim elevando seu valor no mercado.

4.3 Resultado da coleta de dados

Os dados colhidos através dos questionários aplicados nas empresas são apresentados nos Quadros 4 e 5 e o comparativo dos custos no Quadro 6 e Gráfico 1.

QUADRO 4 - Questionário entregue na empresa A.

Questionário	
Questões	Respostas
1- A respeito da coleta como é realizada?	Pode ser realizada de 2 maneiras. A primeira através de caçambas estacionárias, com volume de 4m ³ , a segunda, para maiores volumes (demolições) em caminhões truck's 12m ³ .
2- Como é realizado o processo de separação quando os resíduos chegam até a empresa?	O processo de conscientização inicia-se na obra, com o correto abastecimento da caçamba, porém nem sempre isso acontece. Ao recebermos o resíduo o mesmo é descarregado, e ocorre a separação (catação) de resíduos de outras classes, os mesmos são direcionados a espaços e depois redestinados aos seus processos específicos de reciclagem (ex: papel, plástico, madeira, isopor). Mas a segregação é manual e através de máquinas espalhando e recarregando após a catação manual. Antes do processo de britagem, criamos os pulmões de abastecimento, cujo os quais são divididos em 2 categorias, (misto e cimentício), devido ao fato de a própria norma (NBR 15116 – salvo engano) caracterizar os agregados reciclados em 2 vertentes. ARM – agregado reciclado misto e ARC – agregado reciclado cimentício
3- Como é realizado a separação depois de passar pelo britador?	Sobre a separação, esta ocorre após a trituração pela passagem dos materiais triturados por uma peneira vibratória onde as faixas granulométricas são definidas pela própria ABNT – no nosso caso, temos de 19,5mm a 4,76mm.
4- Quais produtos são fabricados na empresa com esse material?	Areia reciclada, brita graduada, madeira triturada, material terroso.
5- A respeito do preço, qual o valor do material no mercado?	Areia 38,00/m ³ , britas (pedrisco, brita 1, rachãozinho) em torno de 30,00/m ³ .

6- Quais são os principais usos para o agregado reciclado?	Pavimentação de estradas rurais, base para pavimentação de estradas urbanas (reforço do subleito, sub-base, bases), argamassas de assentamento, concretos leves, base para paver's, produção de artefatos (blocos, paver's, lajotas, manilhas), contra pisos, forramento de áreas de manobra, enfim... toda e qualquer aplicação menos em concretos estruturais. (este fato devido a norma ser atrasada, já possuímos pesquisas e bons resultados com concretos bem resistentes).
7- Se já foi feito teste de compreensão, qual a resistência do concreto feito com agregado reciclado?	Sim, muitas vezes, quanto a resistência ela varia conforme o concreto final que deseja obter, como uma receita de bolo, vai alterando traços e brincando na dosagem das misturas, temos concretos executados com 20MPa bem como concretos com mais de 50MPa (aos 28dias).
8- Quais as vantagens do uso do agregado reciclado?	Basicamente econômica, visto que o produto custa de 30 a 50% a menos do que o natural. Sem contar os benefícios ambientais da atividade, mas de fato a vantagem econômica é o que viabiliza todo o processo.

FONTE: AUTOR (2018).

QUADRO 5 - Questionário entregue na empresa B.

Questionário	
Questões	Respostas
1- A respeito da coleta como é realizada?	Pode ser feito de três maneiras: Através da locação de caçambas a clientes físicos e jurídicos; Através de empresas de caçambas terceiras que trazem os resíduos para destinação final; Através de empresas e pessoas físicas que trazem os resíduos para destinação final.
2- Como é realizado o processo de separação quando os resíduos chegam até a empresa?	Na chegada do caminhão com resíduos de construção civil, deve ser realizado o cadastro do caminhão e o apontamento pela balança, que retira a lona da caçamba para checagem e o encaminha ao aterro. O apontador da CTR, deve realizar a segregação do material e apontar se o resíduo foi remanejado internamente para outra CTR. Caso o resíduo seja identificado como Classe D o mesmo deve ser destinado ao pátio de materiais fora de padrão, onde deve permanecer até a destinação final. (Gesso, Amianto, manta asfáltica, vidro, isopor). Os resíduos recicláveis segregados no pátio do Aterro devem ser encaminhados as devidas CTR's.
3- Como é realizado a separação depois de passar pelo britador?	A peneira vibratória deve separar o resíduo de construção civil conforme tamanho da peneira em operação. Ver IT-MAQ-005: Britador Construção Civil. O Material britado deve ser separado por pilhas de acordo com tipo de granulometria.

	O Material britado deve ser manuseado com a pá carregadeira, quando a pilha estiver próxima do braço do britador, deve ser retirada para formar outra pilha de materiais.
4- Quais produtos são fabricados na empresa com esse material?	Brita graduada, areia, paver reciclado, cavaco, plástico de pet, alumínio e materiais ferrosos, papel reciclado, vidros.
5- A respeito do preço, qual o valor do material no mercado?	Rachão- R\$ 27,00 m ³ , Pedra 1- R\$ 39,00 m ³ , Pedrisco- R\$ 39,00 m ³ , Areia- R\$ 49,00 m ³
6- Quais são os principais usos para o agregado reciclado?	Os usos principais são na conformação de estradas e construção de calçadas. O Reciclado não pode ser usado para partes estruturais pois por haver mistura de materiais, não possui resistência ideal para tais fins. Sua utilização é indicada para fazer calçadas e obras que não exijam estrutura resistente.
7- Se já foi feito teste de compreensão, qual a resistência do concreto feito com agregado reciclado?	- Não houve resposta.
8- Quais as vantagens do uso do agregado reciclado?	Utilização de material que poderia ser descartado de forma inadequada na natureza (Ambiental); Preço mais baixo (Econômica);

FONTE: AUTOR (2018).

Basicamente, se analisado os Quadros 4 e 5, percebe-se que as empresas A e B realizam os mesmos procedimentos envolvidos para a coleta e a separação dos resíduos quando chegam a empresa e após a passagem do britador.

O resultado da britagem, ou seja, o produto oferecido por elas também é bem parecido, embora a empresa A abrange um mercado maior, pois além de atender o mercado da construção civil, também atende o mercado geral de reciclagem.

Quanto a questão da resistência a compressão dos concretos feitos com agregado reciclado de RCD, somente a empresa A forneceu dados, sendo assim impossível a realização de comparação estatística, porém observa-se que são obtidos valores acima de 50 MPa, ou seja, um concreto de alta resistência ou com resistências aceitas por norma para concreto estrutural.

Embora presente valores de resistência aceitáveis para uso estrutural, de

acordo com Costa e Rios (2017), devem ser feitos mais estudos na área, pois, devido à grande variedade da composição do agregado reciclado, o concreto produzido com esse material, apresenta diferentes propriedades em relação ao padrão. Os autores ainda citam como exemplo se estudar mais profundamente a fluência e a retração desse concreto de agregado reciclado, uma vez que podem indicar o comportamento desse ao longo de sua vida útil.

Como observado anteriormente pelo levantamento bibliográfico e os dados mostrados nos Quadros 4 e 5, o uso desse material (agregado reciclado) é basicamente voltado para área não estrutural, mais especificamente para drenagem e base de pavimentação de estradas.

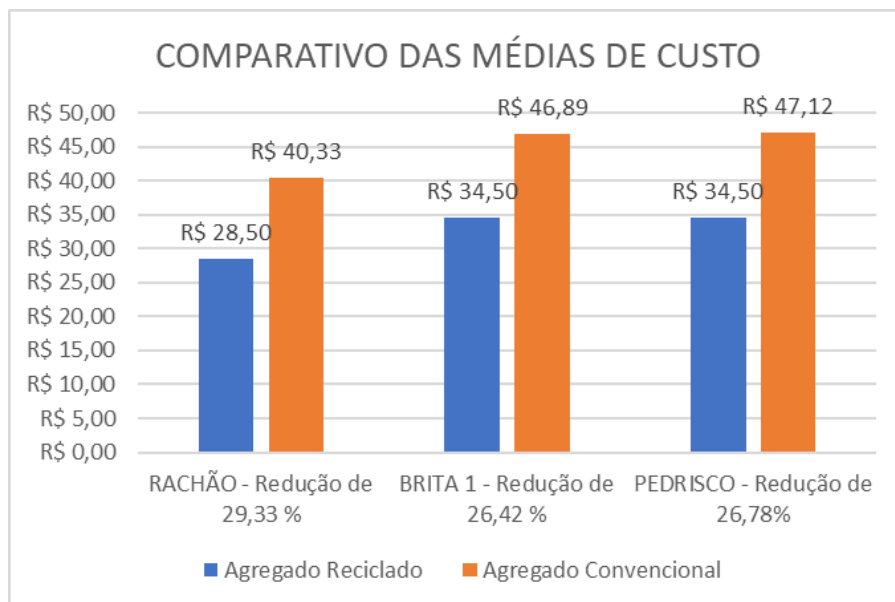
A viabilidade econômica em termos de custos será mostrada no Quadro 6, onde será feito os comparativos entres os agregados reciclados (empresa A e B) e os agregados padrões fornecidos pelas empresas C, D e E, além do Gráfico 1, que mostra de forma mais ilustrativa esse comparativo.

QUADRO 6 – Análise dos custos dos agregados graúdos fornecidos pelas empresas A,B, C, D e E.

Empresas	Custo por m ³		
	Rachão	Brita 1	Pedrisco
A (agregado reciclado)	R\$ 27,00	R\$ 39,00	R\$ 39,00
B (agregado reciclado)	R\$ 30,00	R\$ 30,00	R\$ 30,00
C (agregado convencional)	R\$ 45,00	R\$ 56,00	R\$ 56,00
D (agregado convencional)	R\$42,00	R\$ 49,00	R\$ 49,00
E (agregado convencional)	R\$ 34,00	R\$ 35,66	R\$ 33,35
Média A e B (agregado reciclado)	R\$ 28,50	R\$ 34,50	R\$ 34,50
Média C, D e E (agregado convencional)	R\$ 40,33	R\$ 46,89	R\$ 47,12

FONTE: AUTOR (2018).

GRÁFICO 1 – Comparativo das médias de custos.



FONTE: AUTOR (2018).

Embora ambas as empresas A e B forneceram valores próximos, percebe-se que, diferente da empresa B que mantém um único valor, a empresa A faz uma separação do custo dependendo da faixa granulométrica do material produzido e esse valor é em sua maioria superior ao da em empresa B.

Para as empresas C, D e E a variação dos valores foi bem alta, possivelmente devido à localização dessas empresas e das cidades para que elas fornecem seus produtos.

Fazendo uma média de valores, como o observado no Quadro 6 e no Gráfico 1, tem-se o agregado reciclado, de acordo com as granulometrias apresentadas (rachão, brita 1 e pedrisco), obteve custos respectivamente de 70,77%, 73,58% e 73,22% em relação ao agregado padrão.

Percebe-se que os custos para o agregado reciclado, independentemente da sua granulometria é inferior ao agregado natural não renovável. Em termos de obra, onde se tem um grande consumo de material, uma redução de custo à uma porcentagem média em entorno de 27,5 % (feita pela média das porcentagens dos produtos) demonstra uma grande economia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da aplicação dos questionários, além da pesquisa realizada, foi possível compreender melhor a importância da reciclagem de resíduos, prática essa que vem crescendo e se desenvolvendo cada vez mais.

Vale ressaltar que a utilização de resíduos reciclados substituindo parcialmente ou integralmente o agregado gráudo convencional, pode gerar nesse caso uma economia de até de 29,33% para o rachão, 26,42% no caso da brita 1, que é o agregado gráudo mais utilizado na construção civil, e 26,78% no caso do pedrisco.

Embora a economia seja grande, ainda se tem a questão da confiabilidade do concreto produzido por esse material. Por ser feito através da britagem dos RCD's, o agregado reciclado apresenta vários tipos de materiais em sua constituição, que conseqüentemente afetam as características do concreto produzido, principalmente na questão da resistência.

Como visto, os concretos produzidos com agregados reciclados de RCD apresentam menor resistência a tração, compressão e abrasão e à penetração de cloretos se comparados aos confeccionados com agregado natural, além de maior retração.

Devido a isso, sua utilização é muitas vezes voltada para elementos não estruturais embora os concretos produzidos com esse material possam atingir resistências aceitáveis por norma.

Concluindo, pela questão de sustentabilidade e pela questão de conservação do meio ambiente, a utilização de agregados de RCD é uma alternativa muito viável devido a quantidade de resíduo gerados diariamente pela construção civil, servindo como meio de reduzir o impacto ambiental. Contudo, em termos de viabilidade ainda não é tão recomendada a utilização do agregado reciclado, pois, embora seu custo seja menor, sua aplicação ainda é em concreto não estrutural, que para a construção civil abrange muito pouco, além de haver poucas empresas que fazem a britagem

desse material.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15114: **Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15116: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL, **Resolução CONAMA n° 469**, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicado no D.O.U de 30 de julho de 2015.

BARRA, M. Dosagem de concreto com agregados reciclados: aspectos particulares. In: **RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL**, 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: PCC-USP, 1997, p.39-43.

BAZUCI, R. S. **Utilização de agregados de concreto para a produção de novos concretos.** Florianópolis, 1999. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenheiro Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

BELLO, Leonardo Augusto Lobato et al. **Estudo comparativo entre concreto Proveniente de RCD e concreto padrão, com Aplicação em peças pré-moldadas.** 2014. Trabalho apresentado no 17º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Goiânia, 2014.

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 - SP. 2007. Dissertação (Mestrado). Escola de engenharia de São Carlos.

COSTA, Glacieli Da Cruz; RIOS, Endrik Nardotto. **Avaliação da resistência à compressão do concreto produzido com agregados reciclados da construção civil.** 2017. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017, Belém-PA, 2017.

HAMASSAKI, L. T.; SBRIGHI NETO, C.; FLORINDO, M. C. Uso de entulho como agregado para argamassa de alvenaria. In: **WORKSHOP SOBRE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**, 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997. 170 p. p. 107-115.

JACQUES, J. R. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland.** 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2013.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. Reciclagem de entulhos na construção civil: a solução política e ecologicamente correta. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 1995.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre: UFRS, 2001. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normatização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassa e concretos.** São Carlos, 1999. 246p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LUCAS, D.; BENATTI, C. T. **Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil.** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v. 1, n.3, p.405-418, 2008.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção Demolição no Brasil.** São Carlos. Rima, 2005. p.162.

MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, IBAM, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDUC, 2001.

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

MOLIN, Denise Carpena Coutinho Dal; VIEIRA, Geilma Lima. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, out./dez. 2004.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto.** Campinas, 1997. 140p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.