

# Estudo de Viabilidade de Implantação de Sistema de Reciclagem de Resíduos Mistos em Canteiros de Obras de Residências de Alto Padrão em Curitiba



Hilton da Silva Pereira<sup>1</sup>; Rafael Lourenço Guedes<sup>1</sup>; Elaine Souza dos Santos Marinho<sup>2</sup>; Gabriel Pereira Marinho<sup>2</sup>; Cristofer Bernardi Scremim<sup>2</sup>.  
<sup>1</sup> Centro Universitário - UNIFACEAR; <sup>2</sup> MSc. do Centro Universitário - UNIFACEAR

## RESUMO

*Dado o ramo da construção civil ser grande consumidor de agregados naturais no mundo e consequentemente produtor de efeitos ambientais, o tema reciclagem dos resíduos gerados torna-se progressivamente frequente em canteiros de obras. A reciclagem de RCD (resíduos de construção e demolição) apresenta benefícios como redução dos mesmos em aterros e uso de riquezas naturais, porém, apenas terá aprovação com estudos específicos. Considerando isto, o objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade de implantação de um sistema de reciclagem de resíduos mistos nos canteiros de três obras residenciais em alto padrão (residências I.O. Exclusive House, FAG e LFF), localizadas no bairro Campo Comprido, Curitiba, Paraná. As informações obtidas foram o volume de resíduos gerados, etapa de execução, áreas disponíveis de locação do britador, RCD e agregado reciclado. Onde a obra I.O. Exclusive House estaria nos acabamentos em vedações verticais e instalações finais; a obra residência FAG no assentamento das vedações verticais e regularização de bases de pisos; e a obra residência LFF na etapa de concretagens de estacas. Estudados três britadores mais utilizados no Brasil para a escolha do apropriado, sendo eles: de mandíbulas, impacto e moinho. Sucedendo na escolha do britador tipo moinho pelo atendimento de produção de 1 m<sup>3</sup>/h, fácil manuseio, utilização e transporte. Uso de pouco espaço para instalação do britador e duas seções para armazenamento nos canteiros de obra. Preço de aquisição de R\$ 9.950,00 visando retorno financeiro com a economia de contratação de 34 caçambas e aplicações com função não estrutural dos agregados obtidos.*

*Palavras chave: Resíduos de Construção e Demolição. Reciclagem de resíduos. Britador de mandíbulas. Britador de impacto. Britador tipo moinho. Agregados reciclados.*

## ABSTRACT

*Given the branch of civil construction is a major consumer of natural aggregates in the world and consequently producer of environmental effects, the theme of recycling of waste generated is becoming increasingly frequent in the jobsites. The recycling of RCD (construction and demolition wastes) offers benefits such as reduction of same in landfills and the use of natural wealth, however, will only approve with specific studies. Considering this, the objective of this work is to study the feasibility of implementing a system of recycling of mixed waste in the construction of three residential homes in high standard (I.O. Exclusive House, FAG and LFF), located in the Campo Comprido neighborhood, Curitiba, Paraná. The information obtained was the volume of waste generated, execution step, areas available for leasing of RCD breaker, and recycled aggregate. Where the work I.O. Exclusive House would be in finished in vertical seals and final installations; the work residence FAG in the settlement of vertical seals and regularization of bases of floors; and the work residence LFF in step of application of concrete in stake. The most studied three crushers used in Brazil for the choice of the appropriate, being they: traps, impact and windmill. Succeeding in the choice of the type crusher mill for production of 1 m<sup>3</sup>/h, easy handling,*

*use and transportation. Use of little space for installation of the crusher and two sections for storage at the jobsites. Purchase price of R\$ 9,950.00 aiming at financial return with the economy of hiring 34 buckets and applications with non-structural function of households obtained.*

*Key Words: Construction and demolition wastes. Jaw Crusher. Impact Crusher. Mill Type Crusher. Recycled aggregates.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho consiste no estudo da viabilidade de implantação de um sistema de reciclagem de resíduos mistos dentro dos canteiros de três obras em alto padrão de Curitiba, com intuito de diminuir o volume de RCD e economizar gastos com recursos naturais, como os agregados. Com análises de sistemas e equipamentos, etapas das obras para a utilização, compatibilidade física nos canteiros e volumes produzidos.

No mundo inteiro, em virtude do amplo emprego de areia com destino a preparo de argamassas, o setor da construção civil é considerado o grande usuário de riquezas naturais, também indicado como um dos maiores produtores de efeitos ambientais e gerador de resíduos. (ALVES; QUELHAS, 2004). De acordo com Tristante, Gaspar e Moretti (2009), posteriormente a Segunda Guerra Mundial, pela urgência em reconstruir as metrópoles devastadas, ocorreu a propagação da reutilização de resíduos de construção e demolição (RCD), na qual realizava-se a britagem de demolições das construções e este material era aplicado no preparo de concreto utilizado.

De acordo com John (2000), esta prática indica inúmeras vantagens, porém a comprovação dos benefícios da reciclagem ocorre através de estudos característicos e mecanismos de pesquisa de desempenho. Dessa forma, alguns estudos feitos já propõem estes ganhos: há redução no uso de riquezas naturais. (JOHN, 2000); diminuição de resíduos em aterros (PINTO, 1999); e o uso da escória de alto-forno reduz a porção de cimento em misturas, por consequência gera diminuição do gasto de energia e emissão de gás carbônico da produção de cimento (JOHN, 2000; JOHN, 1999);

Segundo a ABRELPE (2014), em torno de 78,6 milhões de toneladas de resíduos foram gerados naquele ano, resultantes da atividade doméstica e comercial nos centros urbanos, sendo que aproximadamente 45 milhões de toneladas são resíduos das construções e demolições (RCD).

Na cidade de Campinas-SP, houve uma alta de 53% do preço médio da locação de caçambas de resíduos que era de R\$150,00, devido uma nova taxa cobrada pela prefeitura, inflação, alta nos preços do combustível, salário de funcionários e a retenção do valor de aluguel por três anos. (ROSA, 2014). E de acordo com Souza (2016) o preço da locação que era de R\$210,00 passou a ser de R\$300,00 passados dois anos.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Através do desenvolvimento econômico no Brasil, havia uma propensão aos aumentos dos resíduos sólidos gerados a partir do ano de 2012. Foram constatados incentivos para propostas sustentáveis motivando o proveito de RCD, porém poucas eram as empresas de reciclagem em exercício. (LOVATO et al.,2012). Segundo Evangelista, Costa e Zanta (2009), a reciclagem do RCD minimiza impactos ambientais e também traz economia nas construções.

### 2.1. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Não se encontrava no Brasil uma série de ações, atividades e programas realizados pelo Estado até o ano de 2002, porém em 2003 a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu um conjunto de orientações, normas e mecanismos para o controle de RCD, a qual trouxe benefícios socioambientais. (CONAMA, 2002).

Já em 2004 foi deliberada pelo CONAMA uma nova norma, a Resolução nº 348, que fez uma alteração na Resolução 307, artigo 3º (inciso IV), onde foi acrescentado o amianto na categoria de resíduos perigosos. (CONAMA, 2004)

- a) Categoria I ou Classe A: RCD reutilizado na forma de agregados (solo, concretos, argamassas, componentes cerâmicos, peças pré-moldadas);
- b) Categoria II ou Classe B: utilização dos resíduos na forma de plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
- c) Categoria III ou Classe C: resíduos sem viabilidade econômica ou sem conhecimento técnico para o reaproveitamento.
- d) Categoria IV ou Classe D: resíduos perigosos, por exemplo, óleos, solventes e tintas, materiais letais a saúde ou infectados, amianto, telhas e outros, construções industriais, resíduos gerados na demolição de clínicas radiológicas.

### 2.2. SISTEMA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os estudos que utilizaram “maseiras-moinho”, equipamento que realiza a moagem de resíduos pouco resistentes, surgiram no Brasil no início da década de 80, característica que define menor proporção e subdesenvolvimento em relação a outros países. (PINTO, 1999).

Levy (2001) apresenta que a utilização dos resíduos sólidos na forma de agregados vem sendo analisado por alguns municípios, porém a iniciativa privada e as prefeituras não realizam a divulgação necessária dos padrões de qualidade e fabricação estabelecidos, tornando a atividade obsoleta.

A ABRECON (2015) realizou uma pesquisa no setor da reciclagem no Brasil, e verificou que apesar do crescimento de usinas moveis, onde irá prosseguir pelos próximos anos, as usinas fixas ainda tem considerável superioridade no país.

### 2.2.1. Usina de reciclagem

Segundo Chenna e Lima (2000), 6.000 m<sup>2</sup> é o espaço requerido para instauração de usinas de reciclagem, onde os processos de reciclagem são bem acessíveis, passando pelo curso de desinfecção e triagem dos materiais, em seguida a britagem em equipamentos adequados e após isso a disposição dos agregados reciclados resultantes. (PINTO, 1999; IPT/ CEMPRE, 2000).

Em geral, as usinas de reciclagem de RCD do Brasil, possuem os mesmos equipamentos que o ramo dos minerais, na sua totalidade ou em partes, constituídos por translado de correia, alimentador vibratório, conjunto peneira vibratória, britador e extrator de metais ferrosos. (NUNES, 2004).

### 2.2.2. Reciclagem em canteiro de obra

Esta atividade é realizada com a locação de um conjunto para peneiramento e britagem, sucessivamente o emprego dos agregados reciclados gerados no próprio empreendimento, obtendo menores custos com desgaste de vias e equipamentos, transporte para aterros e compra de agregados naturais. Brasília, Maceió, Salvador e São Paulo dispõem de iniciativas de implantação deste sistema. (GOONAN, 2000; EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2009).

É necessária uma atenção para impedir a contaminação dos resíduos, para isto os funcionários devem ser qualificados para realizar a separação, transporte e armazenamento correto, facilitando as etapas de obtenção de agregados reciclados. (LIMA e LIMA, 2017).

Vieira e Dal Molin (2004) destacam que posteriormente ao processo de reciclagem, os agregados apresentam propriedades químicas e físicas para a aplicação em processos construtivos, porém a diversidade de amostras e dimensões é um elemento que impede a utilização pelo setor industrial.

## 2.3. TIPOS DE BRITAGENS

A britagem retrata um conjunto de processos que visa fragmentar materiais volumosos, promovendo a eles a adequada granulometria, tratamentos futuros ou uso imediato, da mesma maneira, pode ser em apenas um procedimento ou em diversas fases, procurando diminuir as dimensões com a utilização de equipamentos apropriados. (FIGUEIRA; ALMEIDA; LUZ, 2010).

Em pesquisa realizada com 310 empresas do ramo da reciclagem de RCD (fabricantes de equipamentos, usinas, aterros) foi atingido 112 respostas de empresas onde, 49% utilizam o britador de mandíbula, 29% o britador de impacto, 8% os moinhos e os outros 14% são usinas que não responderam a respeito do britador, usinas que utilizam demais padrões de britagem e usinas que não possuem processos de fragmentação. (ABRECON, 2013).

Conforme Buttler (2003) ao realizar a escolha correta do britador, obtém avanços nos resultados de formato, granulometria dos agregados e conforme a área de utilização existirá um equipamento ideal. Evidencia que a determinação do britador seja realizada conforme o tamanho do RCD, requisitos do projeto, preço, estudo do comércio e os benefícios. (MIRANDA, 2005).

## 2.4. PROPRIEDADES DOS AGREGADOS RECICLADOS

Propriedades físicas (volume, tamanho e distribuição de poros) dos agregados são tão importantes quanto sua composição mineralógica e química. A porosidade influi sobre diversas características, causando alteração nas propriedades do concreto. (MEHTA; MONTEIRO, 1994; SBRIGHI NETO, 2005).

Nóbrega e Melo (2009), expõem que, ensaios de caracterização devem ser realizados continuamente, devido à variedade de materiais integrantes com diversas características, conforme o tipo de obra, materiais de construção usados ou do período do ano.

Agregados naturais possuem maior massa específica e menor absorção de água comparada aos agregados reciclados. A quantidade de argamassa aderida à superfície dos agregados tem influência nas características do concreto no estado fresco ou endurecido. (BUTTLER, 2003).

Carrijo (2005) analisou a resistência à compressão de concretos com agregados reciclados e concluiu que os corpos de prova desagregavam após o rompimento, obtendo valores de resistência à compressão inferiores aos de concretos com agregados naturais.

## 2.5. APLICAÇÕES DE AGREGADOS RECICLADOS

Jiménez et al. (2012) informa que o RCD presente no concreto atingiu igual funcionamento do agregado natural no teste de carga estática, mantendo seu desempenho após três anos de sua implantação, aumentando em 4% sua densidade seca, através de uma pesquisa que realiza à aplicação de agregados reciclados de concreto ao invés do agregado natural na base das estradas rurais.

Motta (2005) destaca que a economia é o maior benefício para utilização de agregados reciclados nas camadas de pavimento, possuindo valores mais baixos para execução de asfaltos. A aplicação de agregados reciclados possui diversos benefícios às administrações municipais, para utilização em camadas de base e sub-base. O modelo de britador (mandíbula ou impacto) pouco influencia nas propriedades dos agregados reciclados, utilizados em base de pavimentos. (SANTOS 2016).

Já Marinho (2016), concluiu que para utilização em argamassa de assentamento e revestimento o tipo de britador pode alterar as características dos agregados reciclados, tais como: forma dos grãos; absorção de água; curva granulométrica; e também a resistência mecânica, fatores que podem influenciar na utilização desse material para argamassa de emboço.

O Brasil possui a maior utilização de agregados para concretos e argamassas, os processos de beneficiamento de RCD reduziria cerca de 20% dos insumos à base de cimento. Para que viabilizar sua utilização, as normas para utilização destes reciclados permitem a utilização de agregados reciclados apenas para concretos de baixa resistência e solitação. (ÂNGULO, 2005).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

No estudo realizado sobre a viabilidade da implantação de um sistema de reciclagem de resíduos mistos no canteiro de obra, analisando a economia do sistema, produção horária, área de implantação e possíveis aplicações dos agregados obtidos no processo.

O tempo pré-estabelecido de 180 dias foi utilizado para coleta do volume de resíduos gerados, localização e área disponível para a central de britagem.

Foram definidas três residências em alto padrão, que possuem estruturas em concreto armado e paredes em bloco cerâmico como sistema construtivo, com previsão de término para 2018, estabelecidas na cidade de Curitiba, no bairro campo Comprido e estão localizadas dentro de condomínios.

Para prosseguimento do estudo, apresenta-se um fluxograma (FIGURA 1), onde se destacam a sequência das atividades a serem realizadas.

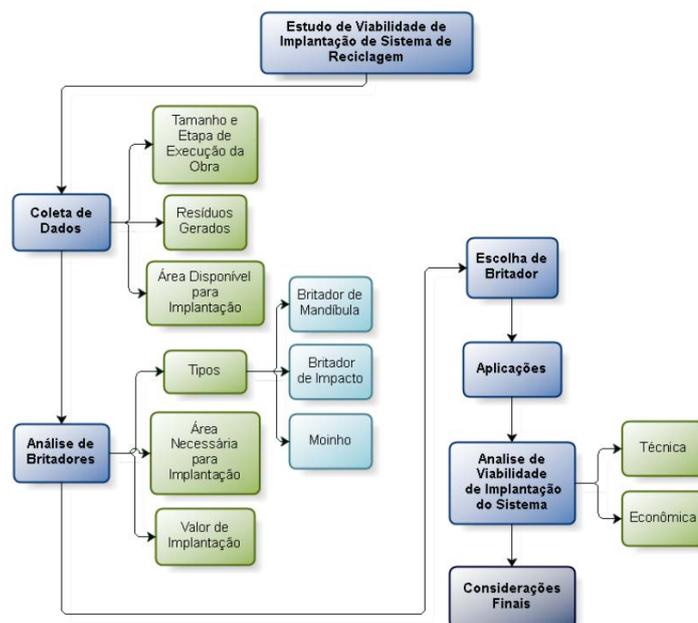


FIGURA 1: FLUXOGRAMA DO PROCESSO EXPERIMENTAL  
 FONTE: Os Autores (2017)

Na escolha do britador, parâmetros pré-definidos indicam qual britador seria o ideal para utilização e conforme cada fabricante os dados serão coletados das fichas técnicas. Considerados de relativa influencia na escolha, preço total (unidade em R\$), peso (medido em kg), consumo energético (definido em kW/h), medidas (unidade em m) e volume de produção de areia e brita (definidos em m<sup>3</sup>/h), foram os parâmetros definidos a serem comparados. Prazos para produção, entrega e formas de pagamento orçados com fornecedores de diversas regiões.

O estudo também apresentou a melhor opção de aquisição de equipamentos para as obras em análise, que poderiam ser de cada obra possuir sua central de britagem ou obter um único equipamento para as três obras, deslocando-o conforme necessidade de cada uma delas, onde foi verificada a facilidade de locomoção por meio de rodas ou similares, carregados e descarregados com segurança, ou ainda possibilidade e viabilidade de locação do equipamento ideal.

Para afetar o mínimo possível a circulação de materiais e funcionários pelos canteiros, foi feito um croqui de localização, conforme as dimensões do equipamento ideal, que terá área do britador, estoque de resíduos e de agregados reciclados.

Foram indicadas possíveis aplicações destes resíduos em cada obra, conforme a etapa sendo executada no período da coleta de dados.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

O andamento de cada empreendimento, volume de resíduos gerados, etapa de execução, áreas disponíveis para a locação do britador, RCD, agregado reciclado, circulação e aplicações nos processos construtivos, foram obtidos na visita aos empreendimentos, os quais utilizados como parâmetros para a elaboração de um layout de canteiro, cronograma de estadia dos britadores e aplicações dos agregados obtidos.

### 4.1. QUANTIFICAÇÃO DE VOLUME DE RESÍDUOS

Com o auxílio da empresa MODESTI CAÇAMBAS que forneceu e fez a retirada das caçambas de RCD, constatou-se de acordo com a TABELA 1, a quantidade de 27 caçambas de 5 m<sup>3</sup> no período analisado, totalizando um descarte total de resíduos nas obras de 135 m<sup>3</sup>. Do mesmo modo, conforme a mesma empresa, aproximadamente 30% do volume total descartado são outros tipos de resíduos (vegetação, papelão e madeiras em geral) e os 70% restantes sendo os resíduos mistos.

De acordo com a TABELA 1, na obra residência *I.O. EXCLUSIVE HOUSE* notou-se a fase de execução de chapisco e emboço e fixação de acessórios de elétrica e hidráulica nas vedações, onde se produziu uma maior concentração de argamassas e afins.

TABELA 1 – VOLUMES DE RESÍDUOS PRODUZIDOS NAS TRÊS OBRAS ANALISADAS.

NOME DA OBRA	OUTROS RESÍDUOS		RESÍDUOS MISTOS		TOTAL m <sup>3</sup>
	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	
	RESIDÊNCIA <i>I.O. EXCLUSIVE HOUSE</i>	30	19,5	70	45,5
RESIDÊNCIA FAG	30	19,5	70	45,5	65
RESIDÊNCIA LFF	30	1,5	70	3,5	5

FONTE: Os Autores (2018).

Na residência FAG os resíduos vieram de argamassas na execução de vedações, chapisco e regularizações. E para a residência LFF, eram oriundos da concretagem das estacas.

## 4.2. LEVANTAMENTO DE BRITADORES

Considerando a pesquisa realizada pela ABRECON, sobre os equipamentos mais utilizados nas usinas do Brasil e os parâmetros definidos pela metodologia, foram apresentados britadores do tipo mandíbula, impacto e moinho. Na sequência, realizadas buscas no mercado, escolhidos um modelo de cada equipamento e suas as especificações.

Conforme FIGURA 2, o britador de mandíbula encontrado foi o modelo Q300RI da marca REHNI, equipamento compacto e móvel por meio de rodas, manutenção simples, transporte feito com reboque por carro ou caminhão. Acionado por motor elétrico blindado, de baixo consumo (R\$ 4,40 por hora de trabalho), peso de 1477 Kg, preço de aquisição de R\$ 49.000,00 e produção de 2,2m<sup>3</sup>/h. (REHNI, 2018). E para o britador de impacto, analisamos o equipamento da marca Simplex Equipamentos Ltda., linha SXBR modelo SXBE-600i, peso de 8800 Kg, montado sobre esteiras, composto por acionamento diesel/hidráulico, produção de 50m<sup>3</sup>/h, preço de compra de R\$ 400.000,00 e locação mensal por R\$ 35.000,00, ideal para britagem e empilhamento de rejeitos. (SIMPLEX EQUIPAMENTOS LTDA., 2018).



FIGURA 2: BRITADOR DE MANDÍBULA REHNI MODELO Q300RI (A) E BRITADOR DE IMPACTO SIMPLEX EQUIPAMENTOS MODELO SXBE-600I (B).  
FONTE: Adaptado de Rehni e Simplex Equipamentos Ltda. (2018).

O modelo escolhido para a categoria moinho foi o triturador martelo móvel, da marca Nowo, de acordo com a FIGURA 3, equipamento compacto, de fácil operação, manutenção, mobilidade por rodas, operação, limpeza e transporte por veículo utilitário. Produção de 1 m<sup>3</sup>/h de areia e brita, preço de aquisição de R\$ 9.950,00 e peso de 190 Kg. (NOWO MAQUINAS, 2018).



FIGURA 3: BRITADOR MOINHO NOWO MODELO MARTELO.  
FONTE: Nowo Maquinas (2018).

O britador apontado após as análises como ideal foi o de tipo moinho martelo, da marca Nowo, devido atender ao volume de RCD produzido em todos os canteiros, o espaço disponível, tempo de retorno do investimento e locomoção.

#### 4.3. LAYOUT DO CANTEIRO DE OBRAS

Plantas de implantação foram fornecidas pela construtora para elaboração do local destinado ao britador, área de estocagem de resíduos, área de estocagem de material reciclado e circulação.

Os componentes do sistema de reciclagem são: o espaço do equipamento em operação; e as baias para estoque de RCD e agregado gerado no britador.

Para que a empresa tenha facilidade no fluxo de trabalho foi definida uma área possível para implantação do sistema, definidas nos três empreendimentos e cada uma delas possuem espaços para os componentes do sistema de reciclagem. O dimensionamento garante segurança para trabalho, compreendendo, locais de fácil acesso, próximo as entradas dos imóveis, buscando o menor esforço de deslocamento do colaborador responsável pelo sistema.

Na obra *I.O. EXCLUSIVE HOUSE* o sistema estaria localizada na testada frontal do terreno, no lado direito do terreno, próxima a maior concentração de calçadas a serem realizadas, subdivisões para RCD e agregados reciclados com áreas de 8 m<sup>3</sup>

A posição de implantação do sistema de reciclagem da residência FAG, possui baias capazes de armazenar até 8 m<sup>3</sup> tanto de RCD como de agregado reciclado, localizada na vista frontal do terreno, ao lado esquerdo do lote.

A posição de implantação do sistema na obra residência LFF, estaria Localizada na vista frontal do lote, à direita, organizaria o processo em um espaço compacto, com um espaço de 10,5 m<sup>3</sup> de espaço para RCD, e 10,5 m<sup>3</sup> para agregado reciclado.

#### 4.4. APLICAÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS

Através de um levantamento realizado, foram obtidas possíveis etapas para utilização dos agregados reciclados.

Para a obra residência I.O. *EXCLUSIVE HOUSE* verificou-se na visita, possibilidade de se utilizar os materiais reciclados na execução de calçadas, escadas e rampas de acesso. A residência FAG, possuía a maior concentração de pessoas devido a execução do maior número de processos em andamento entre as obras analisadas. A utilização se daria nas etapas de alvenaria, revestimento, regularização e urbanização. E para a obra residência LFF em fase inicial, foi verificada a maior possibilidade de utilização, destacando além das etapas das outras duas obras, a utilização em concreto magro, para base e separação do solo de elementos estruturais.

#### 4.5. COMPATIBILIZAÇÃO DE CRONOGRAMA DE OBRA

Definido a aquisição de apenas um britador para atender os três empreendimentos, como melhor opção de compra pelo fato do britador com o menor custo atender a geração de resíduos das três obras, em um mês de quatro semanas, a permanência do britador ficaria por uma semana em cada obra, pois a área definida para estocagem suportariam os acúmulos de RCD gerados por um período de três semanas com folgas, a permanência de uma semana para cada empreendimento atende a relação produção versus eficiência e ainda restaria uma semana de cada mês para eventuais manutenções e atendimento de plantão, conforme a necessidade ou algum outro empreendimento da construtora.

### 5. CONCLUSÃO

Verificou-se que no estudo da viabilidade de implantação de um sistema de reciclagem de resíduos mistos no canteiro de obras de três residências em alto padrão, o volume descartado em caçambas foi de 135 m<sup>3</sup>, porém deste valor somente 70% foi considerado RCD composto de resíduos mistos.

Na obra residência *I.O. Exclusive House*, os resíduos eram provenientes de acabamentos em vedações (chapisco e emboço) e instalações finais (elétrica e hidráulica), somando um volume de 45,5 m<sup>3</sup> em 6 meses (7,58 m<sup>3</sup>/mês). Na obra residência FAG, os rejeitos eram originários de assentamento de vedações, execução de chapisco e regularizações para bases de pisos, resultando no volume de 45,5 m<sup>3</sup> (7,58 m<sup>3</sup>/mês). E na obra residência LFF, os resíduos eram das concretagens de estacas, contabilizando volume de 3,5 m<sup>3</sup> (0,58 m<sup>3</sup>/mês).

Sucederam a pesquisa de três britadores: de mandíbula (Q300RI da marca REHNI) móvel, produção de 2,2m<sup>3</sup>/h e preço de R\$ 49.000,00; de impacto(SXBR modelo SXBE-600i), produção de 50m<sup>3</sup>/h, preço de compra de R\$ 400.000,00 e locação mensal por R\$ 35.000,00; e o britador de moinho (Nowo, modelo martelo), que apontou agilidade de manuseio, geração de areia e brita de 1 m<sup>3</sup>/h, preço baixo de aquisição (R\$ 9.950,00), recuperando-se este investimento na economia de contratação de 34 caçambas considerando seu valor unitário de R\$ 300,00. (SOUZA, 2016).

Houveram aplicações dos agregados reciclados nas etapas de fundação, alvenaria, revestimento, regularização e urbanização com a execução de calçadas, escadas, rampas de acesso, assentamento de pisos, assentamento de alvenaria, acabamento das vedações com chapisco, emboço e reboco para os agregados reciclados obtidos. Implantada em espaço reduzido, a central de reciclagem seria instalada no canteiro sem atrapalhar excessivamente o fluxo de materiais e pessoas e, ainda, em torno de 70% do volume de resíduos produzidos certamente será utilizado nas obras.

De acordo com o analisado neste trabalho, o sistema de implantação da central de reciclagem escolhido seria viável, visto que faria a economia com agregados naturais, a reciclagem seria de maneira simples e ordenada com 3 procedimentos (estocagem do RCD, britagem e estocagem dos agregados reciclados), aplicação em concretos não estruturais e conformação da empresa a um sistema tencionando à sustentabilidade.

#### **4. REFERÊNCIAS**

**ABRECON. Relatório pesquisa setorial: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil.** São Paulo, 2013.

\_\_\_\_\_. **Relatório pesquisa setorial: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil.** São Paulo, 2015.

**ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014. São Paulo:

ABRELPE, 2014. Disponível em:  
<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>.

ALVES, C. E. T.; QUELHAS, O. L. G. **A eco eficiência e o eco design na indústria da construção civil: uma abordagem à prática do desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos com uma visão de negócios.** Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco, 2004. 10p.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção de demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos.** 2005. 236 f. Tese (Doutorado em Eng. Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP, 2005.

BUTTLER, A. M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

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

CHENNA, S.I.M.; LIMA, E.S. **Reciclagem de Entulho.** Viçosa: CPT, 2000, 90p.

CONAMA. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA.** Resolução nº307, de 05 de julho de 2002. Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Resolução nº348, de 16 de agosto de 2004. Brasília DF, n. 158, 17 de agosto de 2004. Seção 1.

CONSTRUTORA BIDESE (Brasil). **Imóveis.** 2017. Disponível em:  
<<http://trial.bidese-imoveis.ingaiasites.com.br/imoveis-bidese-construtora>>.  
Acesso em: 1 nov. 2017

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, B. D.; ZANTA, M. V. **Alternativa Sustentável para Destinação de Resíduos Classe A: diretrizes para reciclagem em canteiros de obras.** 2009. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA S. L. M.; LUZ, A. B.; Cominuição; In: **Tratamento de Minérios.** Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia Mineral, 2010; Capítulo quatro.

GOONAN, T. G. **Recycled Aggregates: profitable resource conservation.** Denver: U.S. Geological Survey, 2000.

IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2000, 370p.

JIMÉNEZ, J. R.; AYUSO, J.; AGRELA, F., LÓPEZ, M., GALVÍN, A. P. **Utilisation of unbound recycled aggregates from selected CDW in unpaved rural roads**. Resources, Conservation And Recycling, [s.l.], v. 58, p.88-97, jan. 2012.

JOHN, V. M. **Panorama sobre reciclagem de resíduos na construção civil**. 2, São Paulo, 1999. Anais. São Paulo, IBRACON, 1999. p. 44-55.

\_\_\_\_\_. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência) – USP, São Paulo, 2000.

LEVY, S. M. **Contribuição ao Estudo da Durabilidade de Concretos, Produzidos com Resíduos de Concreto e Alvenaria**. 2001. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIMA, R. S e LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Série de Publicações Temáticas do CREA-PR. Disponível em: <[http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos\\_web2012.pdf](http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

LOVATO, P. S., POSSAN, E., MOLIN, D. C. C. D., MASUERO, Â. B., RIBEIRO, J. L. D. (2012). **Modeling of mechanical properties and durability of recycled aggregate concretes**. Construction and Building Materials, 26(1), 437–447.

MARINHO, G. P. **Avaliação da influência dos agregados reciclados produzidos em britadores de mandíbula e de impacto nas propriedades das argamassas de revestimento**. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MIRANDA, L. F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil**. 2005. 438 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para a aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

NÓBREGA, R. D.; MELO, R. A. **Uso de agregados de resíduos da construção civil na pavimentação urbana em João Pessoa.** In: ENARC2009 Encontro Nacional Sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2009, Feira de Santana. Anais do Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos ENARC2009. 2009.

NOWO MAQUINAS (Londrina - Pr). **Trituradores E Recicladores Para Diversas Aplicações.** 2018. Disponível em: <<https://www.nowomaquinas.com/triturador-e-reciclador>>. Acesso em: 11 maio 2018.

NUNES, K. R. A. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição.** Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana.** 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Acesso em: 12 out. 2017.

REHNI. **Modelo Q300 RI: Maquinas e Equipamentos.** 2018. Disponível em: <<http://www.rehni.com.br/queixada-300p.php>>. Acesso em: 10 maio 2018.

ROSA, B. (São Paulo). **Aluguel de caçambas sobe 53% e faz clientes migrarem de Campinas, SP: Valor médio para uso do serviço passou de R\$ 150 para R\$ 230 na cidade.** Associação alega que preço ficou estável por três anos e houve inflação. G1. Campinas, 11 jan. 2014. Acesso em: 02 nov. 2017.

SANTOS, E. S. **Avaliação da influência dos britadores de mandíbula e de impacto nas propriedades de agregados reciclados para aplicação em bases e sub-bases de pavimentos.** Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SBRIGHI NETO, C. Agregados para concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** São Paulo: Ibracon, 2005. 2v.

SIMPLEX EQUIPAMENTOS LTDA. (Lagoa Santa/mg). **Britadores de Impacto (VSI).** 2018. Acesso em: 11 maio 2018.

SOUZA, E. (São Paulo). **Aluguel de caçambas em Campinas tem reajuste a partir desta sexta-feira: Locação passou de R\$ 210 por período de sete dias para R\$ 300. Valor estava congelado há dois anos, diz presidente de associação.** G1. Campinas, 29 jan. 2016. Acesso em: 28 out. 2017.

TRISTANTE, R. A.; GASPAR, R.; MORETTI, R. S. **Condicionantes da subutilização de resíduos da construção civil.** Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos da Construção - ENARC 2009, Feira de Santana, Bahia, 2009.