



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**MATHEUS MARTINS SCHLICKMANN**

**VITOR MEDEIROS JACINTO**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UMA  
BENEFICIADORA DE RCD EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL DE MÉDIO PORTE**

Tubarão

2021

**MATHEUS MARTINS SCHLICKMANN**  
**VITOR MEDEIROS JACINTO**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UMA  
BENEFICIADORA DE RCD EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL DE MÉDIO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial  
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.

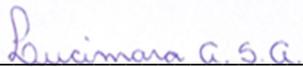
Tubarão  
2021

**MATHEUS MARTINS SCHLICKMANN**  
**VITOR MEDEIROS JACINTO**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UMA  
BENEFICIADORA DE RCD EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL DE MÉDIO PORTE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 21 de junho de 2021.



---

Professora e orientadora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Gil Felix Madalena, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Engenheiro Civil Romolo Cunha Filho  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos este trabalho aos nosso familiares, amigos e professores, que nos acompanharam e de qualquer forma fizeram parte de nossa jornada acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus pela vida, por ter nos dado a oportunidade de estar aqui hoje e de estarmos com saúde plena.

Agrademos aos nossos familiares pelo amor incondicional e todo o apoio durante essa jornada que foi e está sendo a graduação.

Aos nossos colegas e amigos que carregamos a tempo e aos que fizemos durante a graduação, que nos acompanharam nessa importante etapa.

Ao professor Rennan Medeiros que abraçou nossa ideia e nos norteou durante a execução do projeto.

A professora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, que nos guiou com maestria durante a segunda etapa de execução deste trabalho.

A Heidemann Construtora e seu gestor Leandro Heidemann dos Santos, por sempre ter deixado as portas da empresa abertas e não ter medido esforços em nos apoiar.

A banca, em especial ao professor Gil Felix Madalena e ao Engenheiro Romolo Cunha Filho.

A todos os outros que, de alguma forma, tiveram influência em nossas vidas e em nossa graduação.

**Matheus e Vitor**

“Eu pensei, em uma nova era, um novo amanhecer. Com novas ideias, com novas atitudes vamos vencer.” (Luciano Garcia, 2011)

## RESUMO

Está cada dia mais evidente o impacto que a evolução humana causa ao meio ambiente, e a construção civil é responsável por boa parte desse impacto. Outro fator que motivou este estudo é o alto custo e escassez de insumos da construção. Buscando achar um fator comum entre essas duas problemáticas, este estudo tem por finalidade, apresentar uma prática de fácil adaptação e implantação, e que, mesmo assim, pode gerar diversos benefícios em diversas áreas. A pesquisa teve foco na reutilização de resíduos gerados na construção e demolição (RCD). Neste caso, especificamente da construção, onde uma obra gera resíduo sólido livre de matéria orgânica, realiza o processo de beneficiamento, através da trituração e segregação, e reutiliza o produto na própria obra que gerou o resíduo. Para obter resultados fieis à realidade, buscou-se dados de consumo e geração de resíduos reais, junto a uma empresa parceira. Em sequência foi realizada análise dos dados obtidos. Podendo então, afirmar o quão vantajoso pode ser a implantação do processo de reciclagem e reutilização do resíduo.

Palavras-chave: Construção civil. Reutilização de resíduos. Impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

The human impact on environment is more and more evident, and civil construction is responsible for a large part of this impact. Another factor that motivates this study is the high cost and scarcity of construction materials. Looking for a common factor between these two issues, this search aims to present an easy practice to adapt and implement that can generate several benefits in several areas. The research had focused on the reuse of waste generated in construction and demolition, in this case, specifically from construction. Where a work generates solids residue free of organic matter, it performs the processing process through shredding and segregation, and reuses the product in the work itself that generated the residue. To obtain results true to reality, consumption and generation data were sought with the partner company. Then, analysis of the data obtained was performed, being able to affirm how advantageous can be the implementation of the waste recycling and reuse process.

**Keywords:** Civil construction. Waste reuse . Environmental impact.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Consumo de brita.....	25
Tabela 2: Consumo de areia média.....	25
Tabela 3: Consumo de geração de resíduos.....	25

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelo de trituradores .....	26
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Média em relação às três obras .....	27
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
1.2.1	Objetivo geral .....	15
1.2.2	Objetivos específicos .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1	USO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	16
2.2	LEGISLAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	17
2.3	TECNOLOGIA DE BENEFICIAMENTO DOS RCC .....	18
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
4.1	DOS DADOS .....	24
4.2	DO CONSUMO DE BRITA .....	24
4.3	DO CONSUMO DE AREIA MÉDIA .....	25
4.4	DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	25
4.5	DO PROCESSAMENTO DO MATERIAL E PRODUTIVIDADE DO TRITURADOR .....	26
4.6	DAS ANÁLISES .....	27
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Indo na contramão da situação econômica atual, a construção civil, apenas em junho de 2020 (em plena pandemia), gerou cerca de 17 mil novos postos de emprego. Enquanto o país passa por um dos períodos mais difíceis da história, o setor vem gerando renda e empregando, melhorando a vida do brasileiro (ABRAIN, 2020). Entretanto, com o aumento da demanda, as bruscas paradas na indústria, o esgotamento dos estoques e escassez de matéria prima, o preço de muitos insumos da construção sofreu relevante aumento. Tendo um cenário de aumento na produção civil, com aumento do custo do insumo, ou seja, impactando no valor do metro quadrado construído, estimula o construtor a se adaptar e encontrar maneiras de diminuir o custo de seu produto. Uma dessas maneiras, sem dúvidas é a reutilização dos resíduos, outrora descartados. Segundo Pinto (1999), cada metro quadrado de área construída gera 150kg de entulho. Ainda, cerca de 98% do resíduo gerado pela construção civil podem ser reciclados, mas a falta de informação e de ações proativas dos municípios fazem com que apenas 21% sejam de fato reaproveitados (ANFACER, 2020).

Na busca por diminuir os impactos causados pelos rejeitos da produção civil, muitos pontos devem ser analisados. Dentre eles, a eficiência do processo produtivo, projetos inovadores e sustentáveis, redução do desperdício e até o reaproveitamento de material. Não é de enorme estranheza o ato de processar e reutilizar materiais na construção civil, porém, também não é habitual ver, em obras de qualquer porte, um centro de beneficiamento e reciclagem de material, ou até mesmo a comercialização de material reciclado. A utilização do material reciclado tende a ser mais viável financeiramente e reduz o impacto ao meio ambiente. Porém, mesmo que normatizada, esta prática não é muito adotada e não há incentivo expressivo no cenário construtivo atual.

De forma geral, os resíduos da construção civil são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. Entretanto, nesses resíduos também são encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças (KARPINSKI *et al.*, 2009). De acordo com o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os resíduos de construção civil são aqueles gerados nas construções, em reformas, em reparos e em demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. São definidos e classificados em quatro classes pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002, em função do seu potencial para serem reciclados ou reutilizados: Classe A, classe B, classe C e Classe D.

- Resíduos de Classe do tipo A: Os resíduos de Classe A nas construções civis são representados pelos materiais que podem ser reutilizados na própria obra. Além disso, se não puderem ser utilizados na mesma construção, podem ser encaminhados para unidades de reciclagem de materiais ou aterros próprios para materiais de construção civil. Dessa forma, podem ser dispostos para reciclagens ou reutilizações futuras;
- Resíduos de Classe do tipo B: Os resíduos de Classe B são aqueles que podem ser reciclados para outros fins;
- Resíduos de Classe do tipo C: Os resíduos de Classe C são materiais que não podem ser reciclados pois ainda não há técnicas para o processo de reaproveitamento. Portanto, é necessária atenção especial com esses materiais durante o processo de execução de uma obra para que não haja desperdício de materiais. São exemplos de resíduos da classe C qualquer material que não se encaixe na classificação de resíduos da classe D. Esses resíduos devem ser separados de resíduos de outras classes e encaminhados para aterros preparados para o seu recebimento;
- Resíduos de Classe do tipo D: Os resíduos de Classe D são materiais perigosos que podem causar danos à saúde humana e animal e ao meio ambiente.

Os resíduos de construção civil são 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, caliças ou metralha (BRASIL, 2002).

Para Hamassaki (2000), o resíduo de construção civil ou entulho é um “conjunto de fragmentos ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira e outros provenientes do desperdício na construção, reforma ou demolição de estruturas”.

De forma organizada e planejada, a instalação de uma recicladora pode gerar diversos benefícios, tanto para o empresário que investe neste novo método de trabalho, quanto ao meio ambiente e sociedade de modo geral. Com a utilização do material que seria descartado, podendo até comercializar este produto, o retorno financeiro é quase que imediato. Enquanto o retorno social e ambiental, com grande importância e umas das prioridades do processo, se dará de forma mais sutil e no decorrer do tempo (ABRECON, 2020).

Todos os processos que são necessários para implantação, beneficiamento e utilização do material, podem ser executados de diversas formas, de acordo com a necessidade e

capacidade, em cada caso específico. Em obras de pequeno ou médio porte, onde geralmente o espaço é reduzido, não havendo possibilidade de armazenagem do material ou de instalação de um maquinário de grande porte, se faz necessário a utilização de técnicas e logísticas específicas para a situação. Utilizando uma recicladora de pequeno porte, com consumo simultâneo ao beneficiamento, diminuindo a necessidade de armazenagem, pode ser uma solução para este caso. É possível também realizar o beneficiamento em um local específico, fora da obra.

Uma vez que se tem acesso ao material beneficiado, de forma direta ou indireta, deve-se atentar à qualidade do material e ao seu uso específico. Por exemplo, com areia reciclada, recomenda-se utilizar como agregado em argamassas de assentamento, contrapisos, blocos e tijolos de vedação. Já a brita reciclada, pode ser utilizada na fabricação de concretos não estruturais (ABRECON, 2020).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional, quando considerada a significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do país pela qual é responsável e pelo contingente de pessoas que, direta ou indiretamente, emprega. Por outro lado, esta indústria é responsável por cerca de 50% do CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera e por quase metade da quantidade dos resíduos sólidos gerados no mundo (JOHN, 2000). No Brasil, as políticas públicas voltadas ao gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (RCC) buscam impulsionar as empresas geradoras de resíduos a tomarem uma nova postura gerencial e implementar medidas que visem a redução da quantidade de resíduos produzidos.

A reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos da construção civil são extremamente importantes para o controle e a atenuação dos problemas ambientais. Observando esses aspectos, a cidade de São Paulo, geradora de uma grande quantidade de entulho diário (cerca de 17 mil toneladas) acabou tornando obrigatório o uso de material reciclado de resíduos da construção civil em obras e serviços de pavimentação de vias públicas da cidade.

A determinação é de que toda obra pública use pelo menos 30% de material reciclado e as obras privadas pelo menos 20% (JORNAL TRIBUNA, 2012). Segundo o mesmo jornal, materiais reciclados de construção civil foram muito utilizados nas obras da Arena Corinthians, em São Paulo, onde, só em 2012, elas consumiram mais de 7 mil toneladas de entulho.

Caramalac (2013) afirma que algumas cidades já utilizam este recurso e tem causado diversos retornos, diminuindo o volume dos aterros e proporcionando um produto de mesma qualidade ou custo inferior. Antigamente as empresas não priorizavam questões ambientais na

tomada de decisões, seu enfoque estava na maximização do lucro. Atualmente, as organizações adotam uma postura mais responsável para com o meio ambiente e a sociedade, criando medidas preservacionistas e de cunho social.

Desta forma, identifica-se que há a necessidade da investigação em relação realização da reciclagem do resíduo gerado na construção civil no próprio canteiro de obra. Isto seria feito através de um centro de triagem e usinagem para que ali o resíduo vire um material limpo, para ser reaproveitado na própria obra ou até mesmo ser vendido como material para outras obras.

## 1.2 OBJETIVOS

Neste item estão apresentados os objetivos, geral e específico, definido para esta pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica de utilização de uma recicladora de entulho em um edifício residencial de médio porte.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos.

- I. Fomentar a reciclagem de entulho em obras residenciais;
- II. Elucidar a utilização do material reciclado como agregado em elementos não estruturais;
- III. Demonstrar economicamente o desempenho da instalação de uma recicladora em uma obra de médio porte;
- IV. Quantificar a redução na destinação de resíduos de uma obra de médio porte.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os conceitos e discutidos os principais pontos pertinentes a reutilização de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) disponíveis na bibliografia especializada.

### 2.1 USO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subproduto grande quantidade de entulho mineral. Tal fato despertou atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano e desta época datam os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras. Entretanto, só a partir de 1928, começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma sistemática, para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados, oriundos de alvenaria britada e de concreto. Porém, a primeira aplicação significativa de entulho reciclado só foi registrada após o final da 2ª Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Européias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e o escombros ou entulho resultante, foi britado para produção de agregados visando atender à demanda na época (WEDLER; HUMMEL, 1946). Assim, pode-se dizer, que a partir de 1946 teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil.

Embora as técnicas de reciclagem dos resíduos minerais de construção civil tenham evoluído, não se pode afirmar com absoluta convicção que a reciclagem tenha se tornado uma ideia amplamente difundida.

Atualmente, na Europa há um desperdício equivalente a 200 milhões de toneladas anuais entre concreto, pedras e recursos minerais valiosos. Tal volume de materiais seria suficiente para se construir uma rodovia com seis faixas de rolamento interligando as cidades de Roma e Londres (LAGUETTE, 1995).

Felizmente, nações tecnologicamente desenvolvidas como Estados Unidos, Holanda, Japão, Bélgica, França e Alemanha entre outras, já perceberam a necessidade de reciclar as sobras de construção civil e tem pesquisado o assunto intensamente visando atingir um grau de padronização dos procedimentos adotados para obtenção dos agregados, atendendo desta forma aos limites que permitem atingir um padrão mínimo de qualidade (LEVY; HELENE, 1995).

Hoje se encontram diversas pesquisas que foram elaboradas no País e no Exterior, as quais dão suporte à produção e à utilização de concreto com agregado reciclado do ponto de vista técnico econômico. As aplicações consideradas ideais para tal finalidade, seriam: pavimentos rodoviários, estruturas de concreto armado e a fabricação de elementos pré-moldados para a indústria da construção civil.

A importância deste estudo está justamente em analisar e conhecer a influência de dois dos principais resíduos de construção civil, provenientes de concreto e alvenaria, na durabilidade de novos concretos produzidos com agregados reciclados destes materiais.

## 2.2 LEGISLAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Só em 2002 foi publicada, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, a resolução CONAMA nº 307, onde se determina que os geradores devam ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização a reciclagem e a destinação final.

A Resolução define que os 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, caliça ou metralha

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou 5 especificações que tratam desde o recebimento desses materiais até a sua reutilização, são elas:

- NBR 15112: Resíduos de construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projetos, implantação e operação;
- NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil resíduos inertes – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisito.

### 2.3 TECNOLOGIA DE BENEFICIAMENTO DOS RCC

No cenário atual da construção civil, usinas de beneficiamento e trituradores de entulho ainda não tem posição de destaque. Por se tratar de uma prática relativamente nova e ainda não tão presente no mercado, há diversas dúvidas em relação à implantação, benefícios e funcionalidades.

As soluções tecnológicas encontradas para a reciclagem de RCC variam em função do tipo de resíduo a ser tratado. Neste tópico, a tecnologia apresentada se refere aos resíduos definidos pela Resolução 307 do CONAMA como sendo os RCC Classe A. Em consonância com a NR. 17 01 definidos pela Lista Européia de Resíduos que englobam os seguintes resíduos:

- De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Após a coleta seletiva, os resíduos passam por um processo de trituração. Assim, as frações se encontram misturadas e os resíduos têm pouco valor agregado. Somente após a granulagem, ou seja, a separação das frações é que se pode dar uma destinação adequada aos novos materiais. De acordo com o tamanho da fração, os resíduos serão classificados em areia, brita pedrisco, bica corrida e outros. Em seguida, poderão ser comercializados como matéria prima secundária. Já em um terceiro momento, a matéria-prima poderá servir para fabricar produtos de base para como tijolos, blocos, britas, etc.

Os métodos mais comuns e documentados que se tem acesso, são de usinas de beneficiamento, que tem como principal, ou única forma de lucro, a comercialização do material beneficiado. Estas usinas requerem certos parâmetros operacionais que abrangem um elevado custo de implantação e operação, entretanto sua capacidade produtiva também é elevada.

De acordo com estudantes da Universidade Federal de Santa Maria, em trabalho apresentado no XXI Congresso Brasileiro de Custos, em um estudo específico sobre a implantação de uma recicladora de resíduos da construção civil, da empresa GR2 – Gestão de Resíduos Ltda., uma usina de pequeno porte que produz de 25 a 100 m<sup>3</sup>/dia de resíduos, requer

a seguinte infraestrutura: Escritório, refeitório, vestiário e sanitário, galpão, mobílias e, neste caso específico, foi utilizado um terreno com 50.000 m<sup>2</sup>, tendo um custo estimado em 500 mil reais. Além do maquinário para o beneficiamento, que foi orçado pela empresa no valor de 498 mil reais, se faz necessário veículos para auxiliarem na produção e transporte do material, um caminhão caçamba, aproximadamente 200 mil reais e uma retroescavadeira, aproximadamente 215 mil reais. Estes valores foram estimados no ano de 2013 e estão sendo usados como exemplo uma vez que este trabalho não tem como foco abordar usinas de beneficiamento deste porte (CRISTO e col., 2013).

Para recicladoras ou trituradores a serem instalados em obras de pequeno e médio porte, os parâmetros operacionais são de baixo custo e relativa facilidade de implantação. Uma vez que o material a ser beneficiado já se encontra no local da recicladora e ali mesmo será reutilizado, não gerando custo de transporte, armazenagem, nem infraestrutura específica. Basicamente os custos estão relacionados à aquisição do maquinário, que se trata basicamente de um triturador, e da mão de obra de um ou mais colaboradores, de acordo com a necessidade. Este método de trabalho gera custos mínimos, porém sua produção é limitada a capacidade do maquinário, uma vez que seja instalado em uma obra necessita de grande volume de material, pode não ser o método mais adequado.

Quanto mais se compreende novas tecnologias e processos, melhor se pode aproveitá-los e aprimorá-los. No caso em questão, foi tratado uma tecnologia simples, nada revolucionária, porém, que se torna uma revolução quando somada à um problema tão grande e grave que é o excesso de produção de resíduos. Com base na premissa de conhecer melhor o processo e na busca de difundir e fomentar a reutilização do material. É esperado que o conhecimento gerado, baseado em informações confiáveis, crie credibilidade para a prática e ganhe espaço no meio da construção civil.

O Brasil tem grande potencial para a ampliação da reciclagem de RCD, mas algumas barreiras como dificuldade de introdução de novas tecnologias na construção civil, concepção errônea que um produto confeccionado com a utilização de resíduos possui qualidade inferior a outros confeccionados com matérias primas virgens, sensação de risco de baixo desempenho com relação ao uso de novas tecnologias, custo baixo dos agregados naturais e falta de cultura para segregação de resíduos são alguns dos fatores que estão relacionados a esse atraso (LORDÊLO; EVANGELISTA; FERRAZ, 2007).

Na concepção de John e Agopyan (2013) os resíduos da construção são gerados nas fases de construção, fase de manutenção e reformas, e na fase de demolição de edifícios, sendo assim:

- Na fase de construção, Pinto (1999), estipulou que 50% das perdas são convertidas em RCD em decorrência das perdas do processo construtivo, isso inclui argamassas de revestimento, concreto, tijolo cerâmico entre outros materiais. É possível combater as perdas através do aperfeiçoamento de projetos, seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhorias das condições de estoque e transporte e melhor gestão dos projetos.
- A fase de manutenção está associada a fatores como: correção de defeitos, reformas, descarte e recuperação de componentes que estejam degradados que necessitam ser substituídos. Essa fase contribuía para a redução de geração de resíduos, pois ao corrigir as patologias automaticamente há uma melhoria na qualidade da construção e aumento da vida útil da estrutura.
- A redução dos materiais provenientes da demolição depende do prolongamento da vida útil dos edifícios e dos componentes que as envolvem. A avaliação de durabilidade e soluções construtivas deve ser feita por profissionais capacitados e especialistas em patologias na área de concreto armado. Quando se tem um plano de gerenciamento em obra caracterizando os resíduos e indicando procedimentos de triagem, acondicionamento, transporte e destinação final, proporciona a promoção, qualidade e contribuição para o desenvolvimento sustentável, reduzindo desperdícios e custos. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) tem considerado a necessidade de programar diretrizes para a redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil. Após a publicação da Resolução CONAMA nº 307, no ano de 2002, houve um crescimento na construção de usinas especializadas em tratamento de RCD, pois a partir desta data os responsáveis pelos resíduos gerados começaram a ser os próprios geradores (NAGALI, 2014).

Na concepção de Nagalli (2014), os responsáveis pelo processo de gerenciamento não são apenas construtores, mas também geradores, transportadores, destinatários, agentes de licenciamento e fiscalização, fornecedores, clientes, consultores, auditores e pesquisadores. O gerenciamento se fundamenta na hierarquia de um sistema de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado. “Além do próprio benefício da redução dos resíduos, soma-se a essa diretriz a questão da redução dos custos relativos a seu gerenciamento, transporte e destino [...] quanto menor for a geração de resíduos, mais fácil será geri-los”.

Uma das grandes questões em relação à utilização do agregado reciclado em novos traços se refere a sua eficiência. Com o avanço da construção e das tecnologias construtivas, as exigências sobre a durabilidade e resistência do concreto estão cada vez maiores. Onde, por sua vez, o agregado passa a ter grande influência nas propriedades do concreto. Tratando-se de agregados ainda não tão difundidos e compreendidos, como é o caso do agregado reciclado, algumas características devem ser analisadas. Dentre elas, as mais importantes são: granulometria, absorção de água, forma e textura, resistência à compressão, módulo de elasticidade e as substâncias deletérias presentes (METHA; MONTEIRO, 1994).

Os agregados reciclados não obedecem a qualquer padrão de características ou origem, tudo depende do material que é fornecido para o processamento e, até o método de processamento, se existe ou não um processo de limpeza de impurezas, ou apenas processo mecânico de trituração. Todas essas variáveis podem influenciar diretamente na característica do concreto a ser executado, uma vez que o agregado possui propriedades desconhecidas (QUEBAUD; BUYLE-BODIN, 1999).

As peculiaridades que cada partícula do agregado reciclado possui, pode conferir diferentes resultados e desempenhos no traço pretendido. Para Pietersen e Fraay (1998), o formato, os ângulos e a superfície rugosa, são responsáveis por fornecer maior aderência a pasta de cimento, por outro lado, Rashwan e Abourizk(1997), afirmam que essas características geram maior fricção entre os agregados e requer maior quantidade de pasta de cimento para obtenção de uma boa trabalhabilidade.

Tratando-se de massa específica dos materiais, há muito a ser debatido, pois está totalmente relacionada e é dependente diretamente do material utilizado na reciclagem.

Segundo Mansur *et al.* (1999), em estudo de agregados reciclados de blocos cerâmicos de alta resistência, determinou uma massa específica de 2,55 kg/dm<sup>3</sup>. Já Hansen (1992), aponta, através de estudos bibliográficos, que a massa específica do agregado reciclado originário do concreto está em torno de 2,12 kg/dm<sup>3</sup> a 2,70 kg/dm<sup>3</sup>.

A relação água/cimento também é diretamente influenciada pela mudança do agregado natural por um agregado reciclado. Uma vez que o agregado natural possui pouca ou nenhuma porosidade, boa parte dos agregados reciclados é poroso e possui grande taxa de absorção de água, podendo furar água que seria destinada a hidratação do cimento (LEITE, 2001). De acordo Barra (1996), a influência da taxa de absorção de água do agregado reciclado pode ser alterada de acordo com o tratamento que ele é submetido. Uma vez que o agregado seco é misturado a água previamente ao seu incremento na pasta base, diminui consideravelmente o

consumo de água, podendo até fornecer água à pasta, tratando-se das partículas já quase saturadas.

Os agregados estão também, ligados diretamente à resistência do concreto, tanto sua resistência à compressão quanto a abrasão. Segundo Bazuco (1999), em estudo voltado à resistência dos agregados reciclados, o agregado reciclado seco possui perda por abrasão de 44,5%, já o saturado 42,7%. Resultando em um desgaste 60% maior do que o agregado natural. Quebaud (1996) na França, encontrou valores de perda por abrasão de 31,8%, inferior ao 40% permitido pela norma francesa NF P 18-153.

Segundo a NBR 6485 (ABNT, 1984), é permitido a utilização de agregados com até 50% de perda por abrasão, assim sendo, boa parte dos estudos sobre agregados reciclados, demonstram que os agregados reciclados se encaixam na faixa de perda máxima por abrasão.

De acordo com estudos bibliográficos, é notável a influência e importância das características dos agregados no traço do concreto ou argamassa, elas podem gerar dificuldades de execução, gerando baixa trabalhabilidade, aumentando a relação água/cimento e interferir diretamente na resistência do concreto. Porém, o mesmo pode fornecer maior economia na construção, concretos mais leves, reduz a poluição, dentre outras vantagens.

### 3 METOLOGIA

A fim de produzir dados com credibilidade para incentivo da reciclagem dos resíduos da construção civil, este estudo tem por princípio, considerar custos e variáveis da implementação de um pequeno triturador de entulhos, em uma obra de médio porte. Buscando esclarecer questões como: viabilidade financeira, utilização do resíduo processado e o impacto ambiental acarretado.

Não é de grande estranheza imaginar que, em obras residenciais de edifícios ou casas, situados em áreas consolidadas da expansão imobiliária, não existem ou são mínimos os impactos ambientais. Porém, notou-se que a produção de resíduos da construção afeta de forma considerável o meio ambiente e a sociedade. Tendo como base uma obra que se encaixa em uma área consolidada, de médio porte, certamente os resultados aqui apresentados servirão de suporte e incentivo para a implementação dessa e de outras tecnologias sustentáveis em obras residenciais.

A coleta de dados será realizada, em parceria com a Heidemann Construtora com sede na cidade de Braço do Norte, que realiza obras em Braço do Norte e região, no que diz respeito ao consumo de agregado virgem (material extraído da natureza) e à demanda de caixas de entulho. Ambas são importantes medidores para o estudo de viabilidade, uma vez que estão diretamente ligadas ao objetivo central da reciclagem de resíduos. As informações referentes aos recicladores, de diversos modelos, tamanhos e capacidade produtiva, serão obtidas através dos fabricantes dos mesmos.

A utilização do agregado reciclado não é bem difundida no meio da construção civil, o que pode tornar quase que inútil o processamento do material. Uma vez que o mesmo não tenha destinação correta, volta a ser resíduo. Para isso, realiza-se pesquisas bibliográficas de traços de concreto e argamassa, utilizando o material beneficiado, a fim de demonstrar seu potencial em substituir o agregado virgem (extraído da natureza). Dessa forma, podendo demonstrar a segurança e eficácia da utilização dos agregados recicláveis.

Após a finalização da coleta de dados, conhecimento dos custos e demais variáveis, é possível fazer uma análise detalhada dos dados, confrontando-os de diversas formas os dados obtidos, a fim de chegar a um resultado sólido, que possa esclarecer de forma prática e palpável, a ideia de que a reutilização de resíduo beneficiado, como agregado reciclado, é positiva, econômica e ambientalmente.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 DOS DADOS

Para a realização deste estudo, fez-se uso de dados de consumo reais de três obras, sendo duas situadas na cidade de Braço do Norte e outra situada na cidade de Rio Fortuna. Foi levado em consideração o consumo de brita, consumo de areia e geração de resíduos, obtidos através de relatórios do sistema de gestão utilizado pela empresa.

Em razão das obras terem sido executadas em diferentes períodos de tempo, no valor dos agregados e da demanda de caixa de entulho, será levado em consideração uma média dos valores de seis meses anteriores à apresentação deste estudo. Assim como, também, o valor do maquinário e custo de beneficiamento do material, tudo isso em virtude das abruptas mudanças na economia resultado da pandemia. O volume da geração de resíduo foi calculado através do número de caixas de entulho recolhidas e considerado o volume de 5m<sup>3</sup> (cinco metros cúbicos) por caixa (medida fornecida pelo prestador do serviço).

Os volumes relacionados ao consumo dizem respeito a diferentes obras de áreas semelhantes, mas construídas em diferentes épocas e diferentes tecnologias construtivas. Em razão disso, não existe uma relação linear entre os dados de uma obra e outra.

Todas as três obras em questão possuem sistemas construtivos similares, que impactam diretamente no volume de consumo de agregado. As peças estruturais, fundação, vigas, pilares e lajes, utilizam concreto usinado. Assim como argamassa de reboco e assentamento, também são argamassas usinadas, fornecidas por uma concreteira. Os traços de argamassa feitos no canteiro são utilizados em sua grande maioria para contra piso de regularização, vergas e contravergas, pequenas quantidades de concreto e argamassa de reboco, se caso eventualmente seja necessário.

### 4.2 DO CONSUMO DE BRITA

O valor atribuído à Brita se dá em m<sup>3</sup> e foi calculado em R\$ 97,00. Segundo os engenheiros da empresa, o insumo foi utilizado em traços de concreto, como vergas, contravergas e contrapisos. Em sua grande maioria sem função estrutural, pois a estrutura da obra foi realizada com concreto usinado e bombeado. O custo do consumo de brita por obra está apresentado na tabela abaixo.

Tabela 1: Consumo de brita

<b>Obra</b>	<b>Volume</b>	<b>Custo</b>
<b>Obra I</b>	203,96 m <sup>3</sup>	R\$ 19.784,12
<b>Obra II</b>	78,35 m <sup>3</sup>	R\$ 7.599,95
<b>Obra III</b>	73,84 m <sup>3</sup>	R\$ 7.162,48

Fonte: Autores, 2021.

#### 4.3 DO CONSUMO DE AREIA MÉDIA

O valor atribuído à areia média se dá em m<sup>3</sup> e foi calculado em R\$ 77,50. Segundo os engenheiros da empresa, o insumo foi utilizado em traços de argamassa em sua maioria sem função estrutural, como encunhamento e contra piso. A tabela abaixo apresenta o custo do consumo de areia média por obra.

Tabela 2: Consumo de areia média

<b>Obra</b>	<b>Volume</b>	<b>Custo</b>
<b>Obra I</b>	318,85 m <sup>3</sup>	R\$ 24.710,87
<b>Obra II</b>	589,43 m <sup>3</sup>	R\$ 45.680,82
<b>Obra III</b>	526,79 m <sup>3</sup>	R\$ 40.826,22

Fonte: Autores, 2021.

#### 4.4 DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

O valor atribuído à geração de resíduos se dá em m<sup>3</sup> e foi calculado em R\$ 100,00. Segundo os gestores da empresa as caixas de entulho são de uso exclusivo ao entulho sem matéria orgânica, assim como madeira, papel, metais e produtos químicos, não fazem parte do montante apresentado. Esses materiais são descartados de forma correta através de outros métodos. O custo do consumo de geração de resíduos por obra está apresentado na tabela abaixo.

Tabela 3: Consumo de geração de resíduos

<b>Obra</b>	<b>Volume</b>	<b>Custo</b>
<b>Obra I</b>	426 m <sup>3</sup>	R\$ 42.600,00
<b>Obra II</b>	786 m <sup>3</sup>	R\$ 78.600,00
<b>Obra III</b>	450 m <sup>3</sup>	R\$ 45.000,00

Fonte: Autores, 2021.

Por não ser feito nenhum processo de beneficiamento de material rejeito, não existe um local destinado ao armazenamento do mesmo. Os resíduos são separados nos pavimentos e lançados para a caixa de entulho através de dutos que estão ligados a todos os pavimentos.

#### 4.5 DO PROCESSAMENTO DO MATERIAL E PRODUTIVIDADE DO TRITURADOR

Através de pesquisas na internet e com representantes de algumas empresas, dois modelos de trituradores, que se encaixam com as necessidades, foram encontrados disponíveis no mercado, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Modelo de trituradores

<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>
Triturador de entulho TE 2 trifásico	Triturador de entulho TM3CV
CSM	AGOSTINI INDUSTRIAL
Potência – 3 cv	Potência – 3 cv (elétrico) / 6,5 cv (gasolina)
Alimentação – Trifásico	Alimentação – Monofásico/Trifásico/Gasolina
Peso – 188 kg	Peso – 420 kg
Produção – 2m <sup>3</sup> /h	Produção – 1 a 3m <sup>3</sup> /h
Valor – R\$ 19,699,40	Valor – de R\$ 14.500,00 à gasolina, fixo e sem peneira. Até R\$ 17.500,00 monofásico, móvel e com peneira de separação.

Fonte: Autores, 2021.

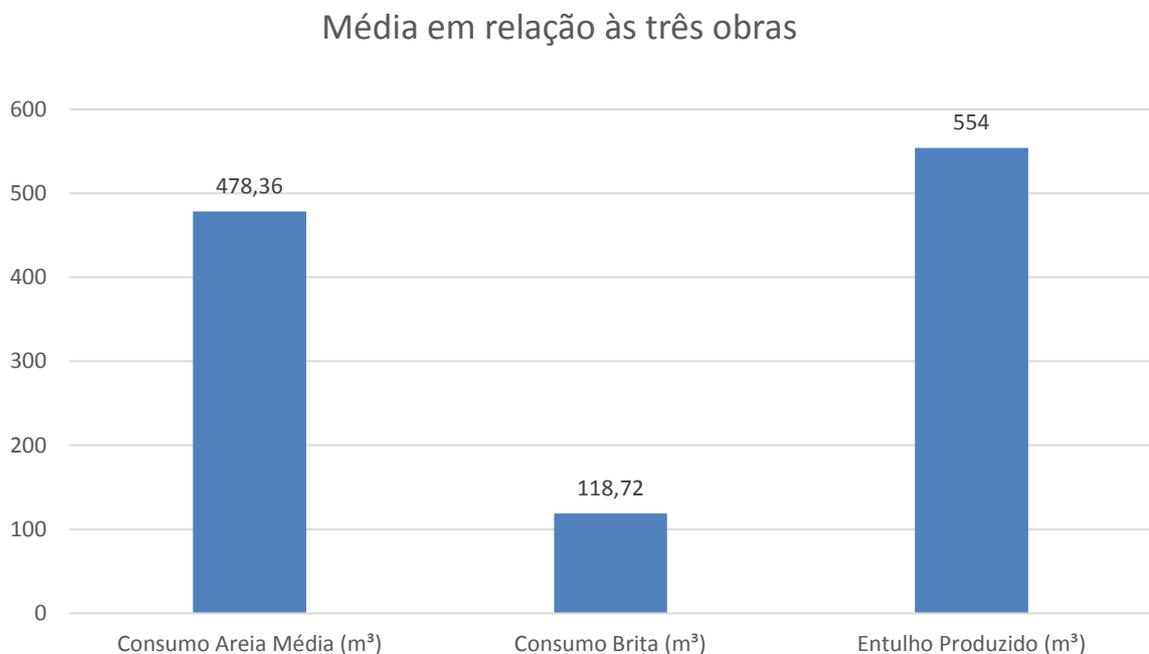
Ambas possuem um consumo aproximado de 2,2kw/h no modelo trifásico 220w.

O beneficiamento do resíduo da construção e demolição, é feito, comumente, por empresas que possuem maquinário e infraestrutura para produzir dezenas de metros cúbicos por dia, sendo necessário grandes áreas para armazenamento do resíduo não beneficiado, assim como do resíduo beneficiado, pronto para voltar ao mercado. É notável a diferença produtiva de um triturador de pequeno porte para a usina de beneficiamento com uma infraestrutura completa. Porém, para o cenário analisado, o triturador parece se encaixar muito bem, com uma produção na casa de dois metros cúbicos por hora e, com certo planejamento, provavelmente suprirá a demanda de agregados de uma obra de pequeno ou médio porte.

#### 4.6 DAS ANÁLISES

Analisando os dados de custo e volume recolhidos e apresentados nos itens 4.2, 4.3 e 4.4, foi possível observar que o custo da destinação do resíduo tem grande influência no processo. Custo esse que seria o primeiro a ser reduzido, se não cortado completamente, após a utilização do material reciclado. Muito desse alto custo da destinação do material se dá por conta das exigências que são impostas pelos órgãos ambientais, pois há uma destinação e armazenamento correto para esse material. Porém, mesmo que sendo cumpridas todas as exigências, continuam gerando acúmulo de material em aterros, o que é um mal ao meio ambiente.

Gráfico 1: Média em relação às três obras



Fonte: Autores, 2021.

Com base no gráfico apresentado podemos considerar que as três obras apresentadas produziram volume de entulho maior do que em relação ao consumo de matéria virgem, pode-se afirmar com tranquilidade que o processamento e a reutilização do material influenciariam diretamente no custo do processo, diminuindo, principalmente, o custo da destinação do material a ser descartado. Vale ressaltar que o consumo de material virgem se dá apenas em alguns elementos da obra. Todos elementos estruturais, assentamento cerâmico e reboco, é feito com concreto e argamassa usinados.

Conforme citado neste estudo, o resultado do processo de reciclagem do material, está diretamente ligado ao tipo do material rejeito, como, por exemplo, peças de concreto, blocos

cerâmicos, argamassas e pisos. Este ponto é reafirmado neste momento, para esclarecer de que não necessariamente todo o material reciclado no canteiro, terá destino certo dentro da própria obra. Conforme o processador é alimentado e conforme sua utilização, pode-se produzir mais, ou menos, de um tipo de insumo. Podendo gerar grande volume de uma granulometria de material que não tem muita utilização. Isso pode ser otimizado através das regulagens do processador.

Caso essa prática venha a ser utilizada, se fará necessário implementar no canteiro de obras, aproximadamente 4 baias para a separação do material, 3 delas destinadas a separação por granulometria do material processado, e uma destinada ao armazenamento do resíduo não processado, visando impedir sua contaminação por demais materiais.

O investimento necessário para o início das atividades é apenas de adquirir o equipamento, estimado em no máximo R\$ 20.000,00. Tendo em vista que se tratam de obras de edifícios residenciais de múltiplos pavimentos, o valor do investimento não gera tanto impacto ao custo total da obra, porém é um equipamento que deve ter função de reduzir custos, ao invés de gerar ainda mais. Para tanto, se faz uma análise referente ao período de retorno do investimento. Uma vez que o custo de operação é baixo, associado apenas ao consumo de energia, se torna confuso o cálculo do período de retorno do investimento através das fórmulas tradicionais. Entretanto basta analisarmos os dados fornecidos nos itens anteriores e admitir que:

A cada metro cúbico de entulho processado pelo triturador, gera uma economia de R\$100,00 a empresa. Como sugerem os dados, em média foi produzido 554m<sup>3</sup> de entulho por obra, sendo necessárias 227 horas de processamento, consumindo aproximadamente 610 kw/h, com o custo de R\$0,73635 por kW/h, ou seja, considerando o volume de entulho que deixaria de ser coletado e destinado a aterros, e descontando o custo de operação da máquina, teríamos uma economia de R\$54.950,82 no processo de destinação do entulho.

Considerando que toda essa quantidade de entulho processado possa ser reutilizada como insumo, substituindo a areia média e a brita (uma vez que a brita equivale a aproximadamente 20% do insumo consumido, e a areia média 80%, e custam, respectivamente, R\$77,50 e R\$97,00). Admite-se que nos 554m<sup>3</sup> processados sejam adquiridos facilmente os 20% necessários de brita, não seria mais necessário adquirir os 118,72m<sup>3</sup> de insumo virgem, gerando cerca de R\$11.515,84 de economia. Enquanto que a areia média não seria substituída por completo. Porém com a correta regulagem das mandíbulas a produção de areia e brita pode se aproximar muito da relação 80/20, cujo qual é o consumo dos insumos em obra. Não podendo então substituir a totalidade da areia média pelo insumo reciclado, admite-se 75%

desse valor, ou seja, dos 478,36m<sup>3</sup> necessários de areia, 358,77m<sup>3</sup> seriam de material reciclado, o restante se manteria de material virgem. Gerando uma economia de aproximadamente R\$27.804,67.

Totalizando, ao final de uma obra, aproximadamente 3 anos, uma economia total de R\$94.271,33.

Em discussão com o corpo técnico e engenheiros da empresa, foi questionado o fato da necessidade de mão de obra necessária para executar o procedimento de reciclagem. Os mesmos informaram que já existe mão de obra que exerce a movimentação de insumos e resíduos, a prática traria apenas uma nova rotina ao canteiro, não acarretaria em sobrecarga de funções, e que necessitaria de um espaço específico para a prática. Por isso não foi considerado em nossos cálculos o custo de mão de obra para execução do processo. Porém vale ressaltar que o estudo não é focado na implementação ou execução do processo, apenas na análise de custos.

## 5 CONCLUSÃO

Ao fim deste estudo, podemos constatar os benefícios que uma pequena prática e mudança de pensamento podem proporcionar. Unindo a reutilização de resíduo, que outrora foi rejeito, com o benefício econômico, proporciona uma relação de “Ganha-Ganha” com o meio ambiente, como é conhecida no mundo dos negócios, onde ambas as partes saem beneficiadas em uma negociação. Acreditamos que, com este estudo, tenhamos fomentado a utilização dessa prática.

No caso apresentado, temos a redução da poluição de diversas formas, desde o acúmulo de resíduo em lixões, menor consumo e extração de matéria virgem, até a diminuição da demanda de tráfego de caminhões fazendo o transporte do material. Economicamente se torna interessante ao construtor, uma vez que a implementação de um único processo pode cortar custos na utilização dos agregados, assim como na demanda de caixas de entulho, e pode vir até a se tornar uma estratégia de marketing e valorização do produto, a boa relação e boas práticas perante ao meio ambiente.

Foi apresentado, também, a versatilidade e eficácia de utilização do material reciclado em relação ao material virgem. Ressaltando sempre que o produto da reciclagem está diretamente relacionado ao material que é submetido ao processo de reciclagem.

Foi possível demonstrar o desempenho econômico do processo, quando relacionamos o consumo de material, com a produção de resíduos e capacidade produtiva do triturador.

A reutilização do material reciclado não é uma prática desconhecida ou pouco convencional, é, na verdade, pouco explorada. Esperamos que, com este estudo, possamos ter esclarecido dúvidas e reprimido os medos do investimento em uma prática pouca difundida, para que possa cada vez mais estar presente em obras das mais diversas características e tamanhos.

Existe uma relação muito forte entre a economia e a redução da destinação do resíduo, uma vez que se reduz a destinação, é sinal de que está sendo reutilizado na obra e diminuindo o consumo do material virgem. Como foi mostrado, o volume de resíduo analisado diz respeito ao resíduo “limpo” sem material orgânico e outros indesejáveis, podendo então ser processado e reutilizado quase que em sua totalidade. E, como visto, a obra tem demanda para o material reciclado.

Com base em tudo que foi apresentado, podemos concluir e afirmar como tranquilidade que a utilização de um triturador de pequeno porte, com finalidade de beneficiamento de RCD

em obra, é viável e muito interessante de diversos aspectos, como: financeiro, social e ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ABRAINCO – Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias. **Construção civil: gerando empregos e impulsionando a retomada econômica durante a pandemia.** 2020. Disponível em: <https://www.abrainco.org.br/abrainco-news/2020/08/20/construcao-civil-gerando-empregos-e-impulsionando-a-retomada-economica-durante-a-pandemia/>. Acesso em: 30 set. 2020.
- ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição. **Mercado.** Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/>. Acesso em: 30 set. 2020.
- ANFACER – Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneres. **Brasil pode reciclar 98% dos resíduos da construção civil, mas só consegue dar conta de 21%.** 2019. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/site/brasil-pode-reciclar-98-dos-residuos-da-construcao-civil-mas-so-consegue-dar-conta-de-21>. Acesso em: 30 set. 2020.
- BARRA, M. **Estudio de ladurabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación como hormigón armado.** Barcelona, 1996. 223 p. Tese (doutorado). Escola técnica Superior d'Enginyers de Camin, Canal i Ports. Universitat Politècnica de Catalunya.
- BAZUCO, R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos.** Florianópolis, 1999. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>. Acesso em 15 set. 2020.
- CARAMALAC, C. A. **Reciclagem de resíduos na construção civil.** Toledo Leme Construção Civil. São Paulo. 2013. Disponível em: <http://www.toledoconstrucao civil.com.br/news/a-reciclagem-de-residuos-na-construcao-civil-/>. Acesso em: 01 out. 2020.
- CRISTO, Aline Fátima Iensen de; e col. (2013) Parâmetros operacionais para implantação de uma recicladora de resíduos da construção civil. **XXI Congresso Brasileiro de Custos** – Natal, RN, Brasil, 17 a 19 de novembro de 2014.
- HAMASSAKI, Luiz Tsuguio. Processamento do lixo – reciclagem de entulho. *In*: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, 2000. Cap. 4, p. 179-189.
- HANSEN, T.C. **Recycled of demolished concrete and masonry.** London: Chapman & Hall, 1992. 316p. Part One: Recycled aggregates and recycled aggregate concrete, p. 1-160. (RILEM TC Report 6).
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil** – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola

Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES. Anais [...]. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Cetesb, 2000.

JORNAL TRIBUNA. **Sustentabilidade em palavras:** construção civil de ribeirão preto. 2012. Disponível em < <http://www.tribunaribeirao.com.br/especial/especiallixoparte3.pdf> > Acesso em: 15 set. 2020.

KARPINSKI, LuiseteAndreis et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.** Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

LAGUETTE, M. J. Reciclaje: la clave para la conservación de recursos. **ConstructionPan-Americana**, julho 1995.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. Reciclagem de entulhos na construção civil a solução política e ecologicamente correta. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassas, 1º, Goiânia, Brasil. Agosto 1995. **Anais.** Goiânia, p. 315-325.

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

LORDÊLO, P. M.; EVANGELISTA, P. P. A.; FERRAZ, T. G. A. Gestão de Resíduos na Construção Civil: redução, reutilização e reciclagem. Salvador: SENAI-BA, 2007.

MANSUR, M. A.; WEE, T. H.; CHERAN, L. S. Crushed bricks as coarse aggregate for concrete. **ACI Materials Journal**, v. 96, n. 04, p. 478-484, 1999.

MAZON, R. Revista de administração de empresas. São Paulo, 1998.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994. 573p.

PIETERSEN, H. S.; FRAAY, A. L. A.; HENDRIKS, C. F. Application of recycled aggregates in concrete: experiences from the Netherlands. **Three-Day CANMET/ACI International Symposium on Sustainable Development of the Cement and Concrete Industry.** Ottawa, Canada, 1998. [S.l.: s.n.], p.131-146.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T. de P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

RASHWAN, M. S.; ABOURIZK, S. The properties of recycled aggregate concrete. **Concrete International**, v.19, n.7, p.56-60, 1997.

QUEBAUD, M. Caracterisation des granulats recycle et étude de la composition et du comportement de betons incluant ces granulats. França, 1996. 247p. Tese (Doutorado) – Universidade d'Artois.

QUEBAUD, M. R.; BUYLE-BODIN, F. A reciclagem de materiais de demolição: utilização dos agregados reciclados no concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5., 1999, São Paulo. **Anais...** [CD-ROM]. São Paulo: ABCP, 1999. Arquivo: 3-01, 14p.

WEDLER, B.; HUMMEL, A. **Trümmerverwertung und Ausbau von Brandruinen.** Wilhelm Ernest & Sohn, Berlin, 1946.