

Universidade Brasil  
Curso de Engenharia Civil, Campus Descalvado

CARLOS ALBERTO PRATTA FILHO  
FERNANDO GABRIEL VITOR PETRUCCELLI

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DA  
CONSTRUÇÃO, DEMOLIÇÃO OU DESASTRES NATURAIS PARA CRIAÇÃO  
DE BLOCOS ESTRUTURAIS COM ENCAIXE PARA MONTAGEM.

DESCALVADO

2017

Carlos Alberto Pratta Filho  
Fernando Gabriel Vitor Petrucelli

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DA  
CONSTRUÇÃO, DEMOLIÇÃO OU DESASTRES NATURAIS PARA CRIAÇÃO  
DE BLOCOS ESTRUTURAIS COM ENCAIXE PARA MONTAGEM.

Orientadora: Profa. Valeria Peruca de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Brasil, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Civil.

Descalvado, SP

2017

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:

Assinatura do aluno:

Data:

CARLOS ALBERTO PRATTA FILHO  
FERNANDO PETRUCELLI

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO, DEMOLIÇÃO OU  
DESASTRES NATURAIS PARA CRIAÇÃO DE BLOCOS  
ESTRUTURAIS COM ENCAIXE PARA MONTAGEM.

Trabalho de Conclusão  
apresentado como exigência para a  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil, à Universidade  
Brasil, desenvolvido sob a orientação  
da professora Valéria Peruca de  
Melo.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_ de 2017.

Com Nota \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

\_\_\_\_\_.

Profa. Orientadora (Valéria Peruca de Melo)

\_\_\_\_\_.

Prof. Convidado.

\_\_\_\_\_.

Prof. Convidado.

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, amigos e parceiras, por caminharem diariamente ao nosso lado, acreditando, auxiliando e apoiando para a conclusão deste sonhado objetivo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, primeiramente, pela proteção, bênção e força nos momentos mais difíceis.

Aos nossos pais, Márcia Aparecida Bertolucci Pratta, Carlos Alberto Pratta, Aparecida de Fátima Vitor Petrucelli e José Carlos Petrucelli; aos nossos irmãos, Elyeges Fernanda Aparecida Vitor Petrucelli, Caio Vinícius Pratta e Nara Pratta; e às nossas namoradas, Larine Laisner Fregonezi e Daiane Beatris Rosa; o nosso muito obrigado por tudo o que fizeram no decorrer desta caminhada, pois sem vocês nada disso seria possível.

A todos nossos familiares que acreditaram e auxiliaram de alguma forma, seja essa direta ou indireta.

À Profa. Valeria Peruca de Melo, pela disponibilidade, atenção e carinho com que nos orientou para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins, atual coordenadora do curso de Engenharia Civil, por toda a ajuda também prestada.

A todos os professores da Universidade que contribuíram com nosso atual conhecimento para atuação no mercado de trabalho, assim como por todas as experiências vividas.

Nosso Muito Obrigado A Todos!!!

“Insanidade é continuar fazendo sempre as mesmas coisas, e esperar por resultados diferentes”.

*Albert Einstein*

## RESUMO

São produzidos todos os dias, no mundo, toneladas de detritos inorgânicos. Esses variam de acordo com sua natureza, sendo classificados desde familiar, hospitalar, químico, industriais, até aqueles gerados pela construção civil, habitualmente denominado entulho. Este trabalho teve como objetivo propor a ideia do desenvolvimento de blocos com encaixe para montagem, resultantes da compactação de resíduos sólidos gerados pela construção civil, provenientes da construção, demolição ou desastres naturais. Trazendo, dessa forma, uma solução viável para a problemática de toneladas de entulho que se encontram sem destinação adequada e se acumulam, trazendo prejuízo à saúde pública e ambiental, afetando, inclusive, a economia e a situação financeira das comunidades e, conseqüentemente, do país como um todo. Além disso, a solução consiste em um sistema construtivo sustentável, baseado na reutilização dos detritos fundamentado na estrutura de montagem do brinquedo Lego, tornando a construção mais ágil, prática, eficiente, eficaz, simples e segura, proporcionando uma resistência superior às de construções comuns.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil, Reutilização, Sistema Construtivo, Lego

## **ABSTRACT**

Tons of inorganic waste is produced every day in the world. These vary according to their nature, being classified from familiar, hospital, chemical, industrial, to those generated by civil construction, usually called rubble. The objective of this work was to propose the idea of the development of blocks with fitting for assembly, resulting from the compacting of solid waste generated by the construction industry, from construction, demolition or natural disasters. In this way, a viable solution to the problem of tons of debris is found that is not properly destined and accumulates, causing damage to public and environmental health, affecting even the economy and the financial situation of the communities and, consequently, of the country as a whole. In addition, the solution consists of a sustainable construction system, based on the reuse of debris based on the Lego toy assembly structure, making the construction more agile, practical, efficient, simple and safe, providing a higher resistance than ordinary constructions .

Keywords: Construction Waste, Reuse, Construction System, Lego

## Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo RCD com descarte incorreto.....	14
Figura 2 - Descarte incorreto dos resíduos sólidos de construção civil.....	14
Figura 3 - Total de RCD Coletados no Brasil e Regiões .....	15
Figura 4 – Bloco Construtivo Q-Brixx .....	20
Figura 5 – Moradores em frente a moradias destruídas pelo terremoto.....	21
Figura 6 – Moradias preparadas com blocos de encaixe .....	22
Figura 7 – Fabricação dos blocos Q-Brixx .....	24
Figura 8 - Residências Finalizadas .....	25

## Sumário

1.	Introdução .....	11
1.1.	Objetivo .....	12
1.2.	Metodologia.....	12
1.3.	Justificativa.....	12
2.	Revisão Bibliográfica.....	13
2.1.	Definições.....	13
2.2.	Impactos da Construção Civil.....	16
2.2.1.	Classificação dos Resíduos da Construção Civil .....	16
2.2.2.	Saúde Pública .....	18
2.3.	Geração de Resíduos Sólidos.....	18
3.	Desenvolvimento.....	20
3.1.	The Mobile Factory.....	20
3.2.	Sistema Construtivo Q-Brixx .....	23
4.	Conclusão .....	26
5.	Referências Bibliográficas .....	28

## 1. Introdução

As terminologias Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RCD) e Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC) vêm sendo difundidas nos meios acadêmicos brasileiros para a denominação de resíduos sólidos frequentemente chamados de entulho de obras, caliça ou metralha. A sigla RCD provavelmente é oriunda da tradução do termo em inglês Construction and Demolition Waste (OLIVEIRA, 2016).

Detritos sólidos provenientes da construção, demolição e desastres são formados por argamassas, areia, cerâmica, concretos, madeiras, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos e tintas. Esse material nem sempre é direcionado para o melhor fim, deixando um grande acúmulo de lixo, conforme citado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2011).

O impacto ambiental causado pelo excesso de lixo é real. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2011), o Brasil perde oito bilhões de reais por ano simplesmente por não reciclar ou reutilizar seus produtos. Além disso, dados estatísticos mostram que cerca de 60% do lixo sólido das cidades são originários da construção e 70% destes poderiam ser reutilizados. Esses indicativos são baseados, além de entulhos de construções, naqueles derivados de demolições e até os causados por desastres naturais, como o grande terremoto no Haiti que, apesar de ter ocorrido em 2010, é um exemplo de desastre que deixou milhões de toneladas de ruínas ainda nos dias de hoje.

A partir desse problema, a empresa holandesa “The Mobile Factory” criou uma solução que transforma os destroços em matéria-prima. Os escombros são colocados em uma máquina que os tornam cimento líquido e, como produto final, tem-se blocos para construção prontos para serem recolocados no mercado. Esses blocos encaixam-se uns aos outros, objetivando a facilidade e agilidade de montagem. A máquina destaca-se por ser capaz de produzir blocos suficientes para construir de 10 a 20 casas por dia (CORREIA, 2015).

Além da falta de locais apropriados para receberem os resíduos, o desperdício pode ser atribuído à maneira como esses recursos são utilizados. De acordo com um estudo da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ, 2014), não se pensava em alternativas que não fossem simplesmente estocar

o lixo em aterros ou descarta-los de forma irregular no ambiente, até a Revolução Industrial, na segunda metade do Século XIX. Atualmente, há uma conscientização nacional para a reciclagem e reutilização da maioria desses recursos.

### **1.1. Objetivo**

Partindo dos princípios apresentados, a proposta deste estudo é a ideia do desenvolvimento de blocos com encaixe para montagem, resultantes da compactação de resíduos sólidos provenientes da construção, demolição ou desastres naturais.

Pelo exposto, o presente trabalho discute a viabilidade técnica e econômica para que ocorra o reaproveitamento dos resíduos sólidos dentro da própria construção civil, especificamente no âmbito da confecção de blocos que se encaixam, facilitando a montagem, a disposição, a simetria e a estética dos edifícios, sem deixar de considerar os aspectos estruturais envolvidos, como resistências à tração, compressão e cisalhamento.

### **1.2. Metodologia**

Para isso, é apresentado o estudo técnico da estrutura suportando os esforços previamente conhecidos para cada obra e o dimensionamento dos blocos utilizados pela empresa holandesa “The Mobile Factory”. Será apresentado, ainda, a simulação de economia, equivalência ou superioridade em resistência e a prospecção da diminuição do lixo sólido ao longo do tempo.

### **1.3. Justificativa**

O estudo de alternativas que levem ao reaproveitamento desses materiais é de suma importância e possui impactos positivos não apenas sob o aspecto ambiental, mas também financeiro, econômico, estético e estrutural.

Tal estudo abre espaço ainda para o desenvolvimento de novas práticas, técnicas e ferramentas, ao demonstrar que o projeto é viável e, conseqüentemente, gerar vantagens aos empreendedores, consumidores imediatos do empreendedorismo e para a sociedade, em geral.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Definições**

Impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades químicas, físicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de energia ou matéria resultante das atividades humanas que, de maneira direta ou indireta, conseguem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. O conjunto de práticas relacionadas à aquisição de produtos e serviços que visam a diminuição ou até mesmo a eliminação dos impactos ao meio ambiente; atitudes positivas que preservam recursos naturais, mantendo o equilíbrio ecológico no planeta, relacionando à diminuição da poluição, incentivo à reciclagem e eliminação do desperdício, são algumas definições para Sustentabilidade e Consumo Sustentável de Recursos Naturais. (CONAMA, 1986).

O Consumo Sustentável envolve a escolha de produtos que utilizam menos recursos naturais em sua produção, que garantem o emprego decente aos que os produziram, e que são facilmente reaproveitados ou reciclados. Significa comprar aquilo que é realmente necessário, estendendo a vida útil dos produtos tanto quanto possível. O consumo se torna sustentável quando as escolhas de compra são conscientes, responsáveis, com a compreensão de que há consequências ambientais e sociais – positivas ou negativas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Apresenta-se o exemplo de Resíduos da Construção Civil como material de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.

A Figura 1 apresenta o exemplo de Resíduos da Construção Civil como material de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.



Figura 1 - Exemplo RCD com descarte incorreto.  
Fonte: Machado, 2014

O ramo da construção civil é um grande consumidor de materiais que em muitos casos não tem uma destinação correta, conforme Figura 2. O volume de entulho gerado chega a ser duas vezes maior que os resíduos urbanos. São cerca de dois mil e quinhentos caminhões cheios por dia, mas para que os impactos ambientais sejam diminuídos é necessário que ocorra uma postura mais rígida por parte das empresas, segundo Oliveira (2016, apud MACHADO, 2014).



Figura 2 - Descarte incorreto dos resíduos sólidos de construção civil  
Fonte: <http://omeueco-sistema.blogspot.com.br/2015/05/construcao-civil-gestao-ambiental.html>

Quanto aos dados relativos aos resíduos de construção civil e demolição (RCD), a ABRELPE (2014), ilustrado na Figura 6, apresenta a quantidade de RCD que os municípios coletaram, sendo que houve uma coleta de 45 milhões de toneladas de RCD em 2014, o que implica no aumento de 4,1% em relação a 2013. Esta situação, também observada em anos anteriores, exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCD, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos.

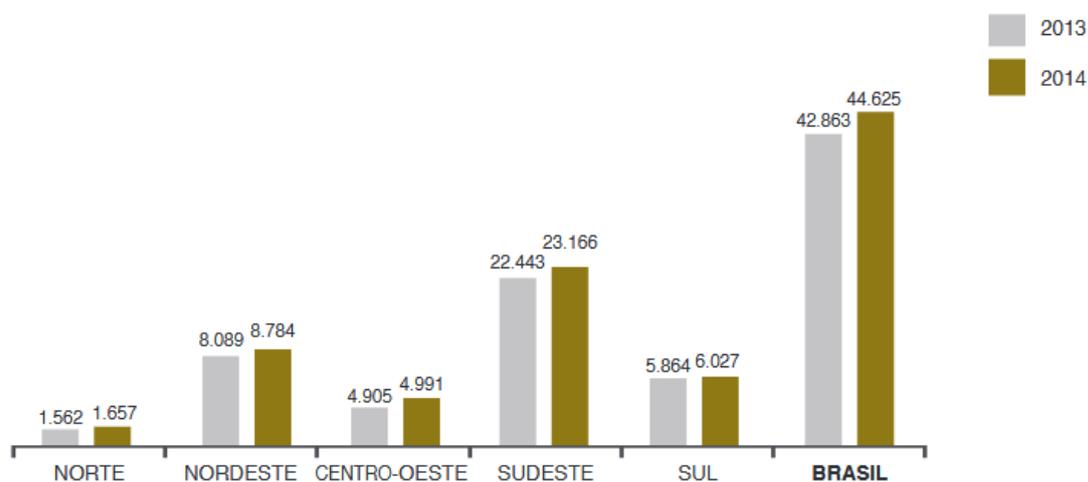


Figura 3 - Total de RCD Coletados no Brasil e Regiões (tx1000/ano).  
Fonte: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>

No Estado de São Paulo, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), a geração dos resíduos da construção é de forma difusa e se concentra na sua maior parcela no pequeno gerador, cerca de 70% do resíduo gerado, provenientes de reformas, pequenas obras e nas obras de demolição, em muitos casos coletados pelos serviços de limpeza urbana. Os 30 % restantes são provenientes da construção formal.

As empresas de coleta de resíduos estão se associando e se organizando por meio de sindicatos. Atualmente, já é um negócio estabelecido em quase todas as grandes cidades brasileiras. Envolvem empresas contratadas pela prefeitura para recolher entulhos depositados irregularmente operando em aterros de resíduos, que trabalham com o transporte de entulho por meio de caminhões com guindaste e caçambas . Estima-se que existam na

cidade de São Paulo, cerca de 400 empresas de coleta de resíduos de construções ativas (OLIVEIRA, 2016, apud WOLSKI; IONNGBLOOD, 2010).

Afirma Dias (2004), que a reciclagem é ressaltada como importante medida para a redução da demanda de agregados naturais e dos custos de energia relacionados à sua extração e transporte, redução dos custos ambientais associados, e prováveis benefícios comerciais com o uso dos resíduos.

## **2.2. Impactos da Construção Civil**

Dentre os impactos ambientais gerados pela construção civil, pode-se destacar a grande geração de Resíduos da Construção Civil – RCC (PINTO, 1999). O governo Federal deu passos importantes com a Resolução nº 307/02, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre a gestão e resíduos sólidos da construção civil, entendendo-os como aqueles provenientes de construções, reformas, reparos, demolições, desastres naturais e os remanescentes da preparação e escavação de terrenos, como tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros, gesso, argamassas, e outros que são, comumente, conhecidos como entulhos de obras (BRASIL, 2002).

Muitas podem ser as causas do desperdício nas obras de construção civil, iniciando desde a fase do projeto, quando este é realizado de maneira incorreta, passando pela fase de instalação do canteiro, de planejamento da obra, transporte e armazenamento inadequado de materiais, imperfeições no próprio material de construção e erros de execução por desqualificação da mão de obra (ALVES; QUELHAS, 2004).

### **2.2.1. Classificação dos Resíduos da Construção Civil**

Segundo a Resolução do CONAMA 307, modificadas pela Resolução 348, de 16 de Agosto de 2004, e a Resolução 431, de 24 de maio de 2011, os resíduos da construção civil são classificados da seguinte forma:

- **I – Classe A:** são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
  - 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;
- **II – Classe B:** são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso, os quais deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. Após moagem podem ser destinadas para confecção de base e sub-base de pavimentação, drenos, camadas drenantes, rip-rap e como material de preenchimento de valas. Madeiras podem ser encaminhadas para empresas ou entidades que a utilizem como energético ou matéria-prima;
- **III – Classe C:** são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. Deverão ser armazenados, transportados e receber destinação adequada em conformidade com normas técnicas específicas. Com relação ao gesso, cabe ao gerador buscar soluções com o fabricante;
- **IV – 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 materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e receber destinação adequada em conformidade com a legislação e as normas técnicas específicas.

### **2.2.2. Saúde Pública**

Os escombros são capazes de destruir o ambiente e serem extremamente perigosos para a saúde de todas as pessoas que são obrigadas a viver entre eles. Segundo Marchetti (2015), o acúmulo de entulho pode atrair e possibilitar a reprodução de diversos animais indesejáveis, como escorpiões, ratos, caramujos e, principalmente, o mosquito causador da dengue. Com isso, a população fica sujeita a diversas doenças que vão desde a dengue, chikungunya e zika, até leptospirose e hantavirose. Diante disso, é possível observar que a geração de resíduos sólidos, mesmo quando se trata de detritos ligados à construção civil, pode ter interferência direta ou indireta na Saúde Pública.

Todas as etapas do processo construtivo, tais como extração da matéria-prima, produção de materiais, construção, utilização e demolição causam impactos ambientais que afetam direta ou indiretamente a saúde, a segurança, o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

### **2.3. Geração de Resíduos Sólidos**

Segundo Castro (2012), os resíduos sólidos provenientes da construção civil têm magnitude significativa, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a geração de resíduos da construção civil situa-se em torno de 450 kg por habitante por ano, variando naturalmente de cidade a cidade e com a oscilação da economia.

Ao serem analisados 100 canteiros de obras inicialmente em 12 estados do Brasil, constatou-se o tamanho do desperdício da construção civil: em média, gastam-se, em reais, 3 a 8% a mais em material do que o necessário em função das perdas, tanto as incorporadas na própria edificação (2/3 desse volume), quanto aquelas sob a forma de entulho (ALVES E QUELHAS, 2004).

Entre os fatores que influenciam a geração de perdas, pode-se destacar: falhas de projeto; não compatibilização de projetos; escolha da tecnologia; falta de procedimentos padronizados de serviços e, armazenamento e transporte inadequados de materiais no canteiro. O que mais se perde é argamassa, concreto, aço, blocos, cerâmica, gesso e madeira. Vale ressaltar que os

principais responsáveis pela geração de volumes significativos que devem ser considerados no diagnóstico são:

- Executores de reformas, ampliações e demolições - atividade que raramente é formalizada com a aprovação de plantas e solicitação de alvarás, mas que, no conjunto, consiste na fonte principal desses resíduos;
- Construtores de edificações novas, térreas ou de múltiplos pavimentos - com áreas de construção superiores a 300 m<sup>2</sup>, cujas atividades quase sempre são formalizadas;
- Construtores de novas residências, tanto aquelas de maior porte, em geral formalizadas, quanto às pequenas residências de periferia, quase sempre autoconstruídas e informais.

Embora a redução na geração de resíduos seja sempre uma ação necessária, ela é limitada, uma vez que existem impurezas na matéria-prima, envolvendo custos e patamares de desenvolvimento tecnológico (JOHN, 2000). Por isso, é de extrema importância a implantação de um Sistema de Gestão de Resíduos.

No Brasil, para a prática da gestão dos resíduos da construção civil é necessária a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios.

O poder público tem como responsabilidades orientar, controlar e fiscalizar a conformidade da execução dos processos de gerenciamento do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil. Compete-lhe, também, equacionar soluções e adotar medidas para a estruturação da rede de áreas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes de resíduos de obra civil para posterior destinação às áreas de beneficiamento (CUNHA, 2005).

Por conseguinte, segundo Castro (2012, p. 18, apud BLUMENSCHNEIN, 2007), o responsável por construções tem a responsabilidade de preparar seus projetos de gestão de resíduos e abranger um Plano de Redução de Resíduos, um plano de Reutilização de Resíduos e um Plano de Gestão de Resíduos nos Canteiros de Obras. Este último depende e influencia diretamente a qualidade do processo de reciclagem dos resíduos de construção.

### 3. Desenvolvimento

#### 3.1. The Mobile Factory

Nenhum edifício dura para sempre. A demolição, a guerra e os desastres naturais eventualmente transformarão toda estrutura artificial em escombros. Conforme descrito pelos mentores do projeto *The Mobile Factory*, o entulho é um verdadeiro assassino. É o maior poluidor do mundo em volume, destrói o meio ambiente e é um perigo para a saúde das pessoas que são forçadas a viver entre eles. Entretanto, a empresa fornece uma solução sustentável para dar nova função a todos esses escombros.

*The Mobile Factory* (traduzido para A Fábrica Móvel) transforma os detritos, no local da obra, em novos blocos de construção certificados para habitação rápida, segura e acessível. O Q-Brixx empilhável tem a mesma forma que os blocos de Lego™, conforme mostrado na Figura 4. Isso garante uma construção altamente resistente ao terremoto e elimina a necessidade de argamassa. Também torna a construção mais flexível para construir, reduz custos e o tempo de construção. O Q-Brixx é produzido em locais de concentração de detritos. A empresa treina vítimas de desastres para construir suas próprias casas. Desta maneira, pode construir um mundo seguro e saudável. Especialmente para os mais desfavorecidos.



Figura 4 – Bloco Construtivo Q-Brixx  
Fonte: <http://themobilefactory.org/news/aidex/>

O terremoto ocorrido no Haiti, no ano de 2010, matou mais de 200 mil pessoas e gerou 25 milhões de toneladas de detritos. Muitas famílias foram afetadas, perderam suas casas e ainda viviam em tendas com um rendimento abaixo do limiar da pobreza, mesmo anos após o ocorrido (SAMPAIO, 2017). A Figura 5 mostra a situação em que viviam os moradores após dois anos da ocorrência do sinistro, ainda em meio a escombros.



Figura 5 – Moradores em frente a moradias destruídas pelo terremoto.

Fonte: <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2012/01/dois-anos-apos-terremoto-o-haiti-mal-comecou-a-reconstrucao.html>

Considerando esse problema, e a existência de outros lugares além do Haiti, Gerard Steijn criou uma solução que torna os destroços em matéria-prima. Ideia que pode ser um fim viável para os resíduos gerados no Brasil.

Gerard Steijn, fundador e diretor da empresa “The Mobile Factory”, alcançou a distinção como consultor de comunicação e consultor de organização. Participou em 2002 de um estudo sobre sustentabilidade na indústria da construção e, como resultado, tornou-se cada vez mais consciente da reutilização sustentável de detritos de construção. Esses resíduos de construção são desperdícios caros, que provocam impactos ecológicos elevados. Sua confiança em uma fórmula combinada de sustentabilidade e mercado econômico foi traduzida no estabelecimento da “Mobile Factory” em

2007. Nos quatro anos seguintes, ele foi comissionado por ONGs holandesas e internacionais para fazer pesquisas sobre a reutilização de restos de construção para a reconstrução em áreas de favelas de países como El Salvador, Kenia, Nigéria e Haiti. Foi, então, que desenvolveu o sistema de construção sustentável, Q-Brixx, que permite construir casas em qualquer forma rapidamente. Esses tijolos são projetados de forma que podem ser simplesmente empilhados uns nos outros. Uma ideia simples, porém muito prática, usual e objetiva, que foi originada a partir dos conhecidos brinquedos para crianças com blocos de montar, como mostrado na Figura 6.



Figura 6 – Moradias preparadas com blocos de encaixe

Fonte: <https://www.boredpanda.com/disaster-debris-new-houses-the-mobile-factory/>

Tal como o nome indica, “Mobile Factory” é uma “fábrica móvel” que cabe dentro de dois contentores de expedição, podendo ser enviados para qualquer localização onde haja destroços para serem convertidos em blocos para construção. Segundo a “Mobile Factory”, serão ainda realizadas formações aos interessados, para que elas possam construir as suas próprias casas e ensinar outros a fazê-lo também, ajudando-os a reconstruir as comunidades que perderam. Essa abordagem cria novos empregos, reduz a pobreza, estimula a economia, alivia parcialmente o estresse após desastres e traz um conceito sustentável para o cenário (CORREIA, 2015).

Milhões de toneladas de entulho são suficientes para a construção de dezenas de milhares de novas casas seguras, sustentáveis e resistentes, construídas por pessoas desfavorecidas, com a ajuda da empresa “The Mobile Factory”.

Para justificar a hipótese de que é possível transformar destroços de qualquer origem em matéria-prima para construção, serão desenvolvidos quatro capítulos para discutir o estudo técnico da estrutura, baseado nos cálculos e resultados já alcançados a partir de análise da empresa “The Mobile Factory”. Envolverá, ainda, a simulação da economia que o projeto trará, visto que grande parte da matéria-prima para a reconstrução estará disponível; analisando-se as resistências geradas pelos blocos Q-Brixx e os esforços suportados pelas estruturas por esses construídas. Assim, será realizada a prospecção da diminuição do lixo sólido originado pela construção civil, com o passar do tempo, após o início da utilização da solução apresentada neste trabalho.

### **3.2. Sistema Construtivo Q-Brixx**

A fábrica móvel, desenvolvida pela equipe holandesa, apresenta a facilidade e praticidade de se encaixar em dois contêineres para transporte, podendo ser enviada para qualquer lugar do mundo. Os escombros, resíduos, detritos e demais substâncias entram em uma de suas extremidades, são processados, transformando-os em concreto líquido, que, por sua vez, sai através da extremidade oposta como novos blocos de construção, propriamente desenvolvidos para que se encaixem entre si, imitando o sistema de construção do brinquedo Lego, como ilustrado na Figura 7.

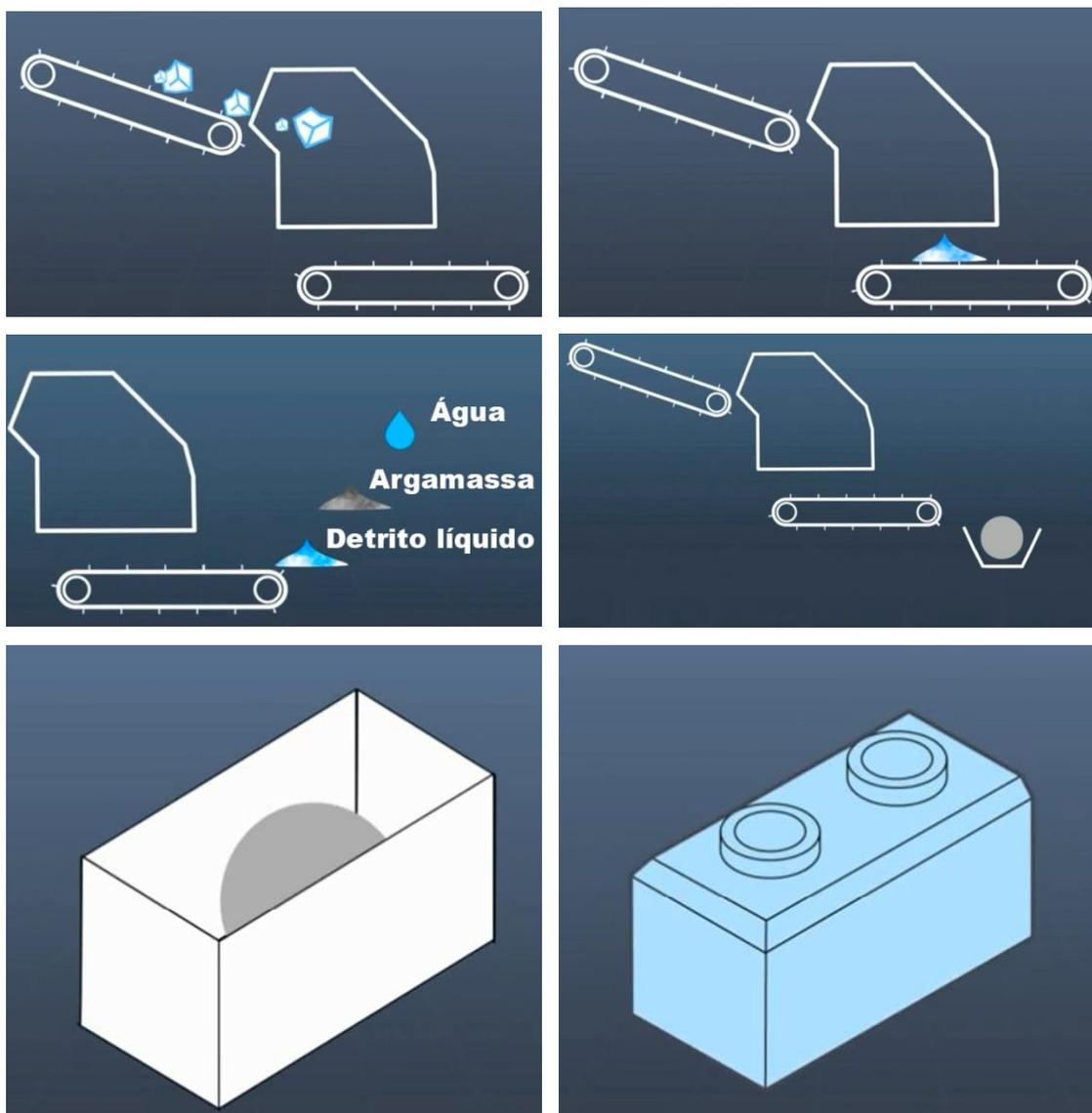


Figura 7 – Fabricação dos blocos Q-Brixx  
 Fonte: <http://themobilefactory.org/videos/>

Esses blocos permitem que as vítimas de guerra ou que enfrentaram grandes desastres naturais, construam suas próprias casas. Essas casas apresentam uma resistência superior às comuns em casos de terremotos. Além de apresentar a facilidade em sua execução, o menor tempo para finalização, a utilização de um conceito sustentável, melhorando o aproveitamento de resíduos que, anteriormente, não tinham seu devido aproveitamento e descarte, auxiliando inclusive na prevenção do acúmulo de entulho e, conseqüentemente, da poluição geral do planeta. Atuando secundariamente na redução da transmissão de doenças e na saúde pública, humana, animal e ambiental.

Na Figura 8 é possível observar algumas residências finalizadas e já com acabamento realizado, demonstrando a praticidade e a estética muito bem aproveitada em seu aspecto final.



Figura 8 - Residências Finalizadas

Fonte: <http://noctulachannel.com/destrocos-reciclagem-de-entulho/>

#### 4. Conclusão

Através do presente estudo, conclui-se que a possibilidade de reciclagem de resíduos sólidos provenientes da construção civil apresenta grande perspectiva e, até mesmo, necessidade, garantindo sustentabilidade, economia e saúde.

O levantamento de dados referente aos resíduos sólidos urbanos comprovaram efeitos alarmantes que ocasionam dificuldades diversas, afetando até mesmo o meio ambiente. A problemática da saúde pública e da probabilidade de transmissão de doenças é real, e torna indispensável uma atitude em relação aos detritos que acabam sendo descartados ao longo de vias, rios e córregos. Lembrando também daqueles resultantes de desastres naturais, os quais acabam não tendo a destinação adequada, e que são materiais com grande potencial para a própria reconstrução do que foi perdido.

Os programas de coletas desses resíduos e de sua respectiva reciclagem já se encontram normatizados no Brasil através de resoluções como o CONAMA e da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Conforme apresentado, a opção para destinação do entulho para reutilização como matéria prima apresentada pela empresa *The Mobile Factory*, é viável e extremamente eficaz no cumprimento de sua função. Tanto para uma melhor finalidade dos detritos, como a praticidade de construção, eficiência e rapidez na conclusão da moradia e até mesmo no que diz respeito ao trabalho para aqueles que enfrentaram algum tipo de catástrofe de causas naturais.

De forma geral, o objetivo principal deste estudo, que era a apresentação de uma nova proposta para sustentabilidade dentro da construção civil, e oferecendo um novo sistema construtivo, extremamente prático e funcional, foi alcançado e teve resultado positivo. E, muito embora o conhecimento sobre o assunto ainda seja vago e limitado, devido à falta de estudos, é possível constatar que a resistência dos blocos apresentados é igual, ou até mesmo, superior aos sistemas construtivos comuns atualmente utilizados.

É imprescindível que os responsáveis inclusos em universidades de engenharia civil realizem estudos para que se analisem, discutam e inovem empregos para os resíduos das construções e demolições. Assim como os que

já operam e atuam em campo, coloquem em prática os estudos realizados, para comprovação dos resultados obtidos, auxiliando na conscientização geral do conceito de sustentabilidade.

Para estudos futuros, sugerimos um estudo de caso, buscando informações e desenvolvimento dos blocos apresentados, bem como seus devidos testes e ensaios de resistência, para melhor aproveitamento e conhecimento sobre o tema, abordando a utilização dos resíduos de construção civil e demolição reciclada em matérias primas para reconstruções (ou construções) de novas moradias, através do sistema construtivo utilizando blocos com encaixe para montagem.

## 5. Referências Bibliográficas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: set. 2017.

ALVES, C. E.; QUELHAS, O. L.. **A ecoeficiência e o ecodesign na indústria da construção civil**. 2004. 10f.. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) Associação Educacional Dom Bosco, Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: mai. 2017.

Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON). Disponível em: <<https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>. Acesso em: jan. 2017.

BLUMENSCHHEIN, Raquel Naves. Manual técnico: **Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007. 48p. Disponível em: <<http://www.biblioteca.sebrae.com.br>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Consumo Sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/conceitos/consumo-sustentavel>>. Acesso em: jun. 2017.

CASTRO, Cristina Xavier. **Gestão de Resíduos na Construção Civil**. Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2012.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 001, de 23 de Janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 jan. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: jun. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 jul. 2002, Seção 1, p. 95-96. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/36\\_09102008030504.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/36_09102008030504.pdf)>. Acesso em: mai. 2017.

CORREIA, Sofia Marques. Disponível em: <<http://noctulachannel.com/destrocos-reciclagem-de-entulho/>>. Acesso em: nov. 2015.

CUNHA, Nelson B.. **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil**. 2005. 39f. Disponível em: <[http://www.projutoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/residuos\\_solidos.pdf](http://www.projutoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: fev. 2017.

DIAS, J. F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese doutor em Engenharia Civil. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16122004-130717/en.php>>. Acesso em set. 2017.

JOHN, V. M.. **Reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MARCHETTI, Rachel. Disponível em: <http://osoldiario.clicrbs.com.br/sc/noticia/2015/03/acumular-entulhos-pode-provocar-doencas-como-dengue-e-leptospirose-4712798.html>>. Acesso em: abr. 2017.

OLIVEIRA, João A. de Jesus. **Resíduos da construção civil aplicado em pavimentos**. Descalvado, 2016. Universidade Brasil.

PARKER, SWOAN. **Dois anos após terremoto, Haiti mal começou sua reconstrução**. Disponível em: <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2012/01/dois-anos-apos-terremoto-o-haiti-mal-comecou-a-reconstrucao.html>>. Acesso em: set. 2017.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.

SAMPAIO, Kleber. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-01/apos-7-anos-haiti-ainda-tenta-se-recuperar-de-terremoto>>. Acesso em: abr. 2017.

SILVA, Tiago. **Descarte incorreto dos resíduos sólidos de construção civil**. Disponível em: <http://omeueco-sistema.blogspot.com.br/2015/05/construcao-civil-gestao-ambiental.html>>. Acesso em: set. 2017.

**Sistema Construtivo Q-Brixx, similar a LEGO**. Disponível em: <http://www.globalecomall.com/view/champions/the-mobile-factory/23334>>. Acesso em: set. 2017.

THE MOBILE FACTORY. **Bloco Construtivo Q-Brixx**. Disponível em: <http://themobilefactory.org/news/aidex/>>. Acesso em: out. 2017.

THE MOBILE FACTORY. **Fabricação dos blocos Q-Brixx.** Disponível em: <<http://themobilefactory.org/videos/>>. Acesso em: ago. 2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO. **Você sabe o que é reciclagem?** Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/44-guia-da-reciclagem/2046-reciclagem-o-que-e-como-surgiu-reaproveitamento-upcycle-origem-como-reciclar-coleta-seletiva-onde-reciclar.html>>. Acesso em: nov. 2016.

VAN DEN BERG, D.. **Empresa transforma detritos de desastre em blocos de lego para novas casas.** Disponível em: <<https://www.boredpanda.com/disaster-debris-new-houses-the-mobile-factory/>>. Acesso em: set. 2017.