

**ALLISON HENRIQUE SALDANHA PEREIRA**

**DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO EM SÃO  
CARLOS - SP**

**SÃO CARLOS**

**2019**

**ALLISON HENRIQUE SALDANHA PEREIRA**

**DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO EM SÃO  
CARLOS - SP**

**Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do  
Centro Universitário Central Paulista, como  
requisito para a obtenção do título de bacharel  
em Engenharia Civil.**

**Orientador: VICTOR BALDAN**

## **SÃO CARLOS**

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por essa realização, aos meus pais, meus irmãos, minha namorada, meus amigos e a todos que me deram sempre todo apoio e ajuda para eu caminhar.

---

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VI</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	8
1.2 OBJETIVO.....	8
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
2.1 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DESCARTADOS .....	9
2.2 ARGAMASSA.....	10
2.3 MATERIAIS CERÂMICOS .....	11
2.4 CONCRETO.....	12
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>14</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

---

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1 -</b>	<b>RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL APÓS DEMOLIÇÃO.....</b>	<b>08</b>
<b>FIGURA 2 -</b>	<b>COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DESCARTADOS .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 3 -</b>	<b>MATERIAIS CERÂMICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 4 -</b>	<b>CONCRETO.....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 5 -</b>	<b>CONSTRUÇÃO INFINITY TOWER .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 6 -</b>	<b>CONSTRUÇÃO INFINITY TOWER .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 7 -</b>	<b>CONSTRUÇÃO INFINITY TOWER .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 8 -</b>	<b>MÁQUINA DE TRITUTAR RESÍDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 9 -</b>	<b>INÍCIO DA CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 10 -</b>	<b>FINALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 11 -</b>	<b>EDIFÍCIO DA UNIVERSIDADE DE BRIGHTON .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 12 -</b>	<b>EXEMPLO SIMPLES DE CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>TABELA 1 -</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS .....</b>	<b>16</b>
<b>GRÁFICO 1 -</b>	<b>COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DESCARTADOS .....</b>	<b>09</b>
<b>GRÁFICO 2 -</b>	<b>REPRESENTAÇÃO DAS CLASSES DE ACORDO COM O GERADO NO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>16</b>
<b>GRÁFICO 3 -</b>	<b>T ORIGEM DO MATERIAL GERADO .....</b>	<b>17</b>

## RESUMO

Cada vez mais tem se comentado sobre reciclagem, sustentabilidade e meio ambiente, esses três afinal estão interligados. Além de falar sobre esses assuntos, é importante buscar meios de colocar em prática, ações que fazem a diferença, reciclando um determinado material, gerando mais sustentabilidade e melhorando o meio ambiente.

Assim é na construção civil, um setor que gera muito resíduo sólido, sendo os principais argamassa, materiais cerâmicos e concreto, e que com a quantidade de resíduos gerados é possível realizar benfeitorias para todos, desde habitações a itens de uso pessoal, promovendo a partir de reciclagens, melhorias para a sociedade e o meio ambiente.

Com uma análise realizada em um empreendimento de São Carlos – SP sobre a quantidade de resíduos gerados, haveria possibilidade de reutilização desses resíduos para fabricação de tijolos e construção de habitações.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade, a construção civil é executada de forma manual, produzindo grande quantidade de entulho mineral. Hoje em dia tem-se como assunto abordado diariamente na mídia, a sustentabilidade. Muitas empresas buscam formas de se mostrarem sustentáveis e darem exemplos disso. Apesar de empresas terem planos de sustentabilidade de seus produtos, a quantidade de resíduos gerados diariamente pelo ser humano é gigantesca.

A construção civil é uma das áreas que mais geram resíduos para o meio ambiente e se torna uma situação muito grave, conforme apresenta a quantidade de entulho na Figura 1, pois grande parte desses resíduos não recebem a destinação correta, sendo posto em terreno baldio, vias públicas e até áreas de preservação. No Brasil, a construção civil gera mais de 122 mil toneladas de resíduos por dia, conforme o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil publicado pela ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em 2014, hoje esse valor pode ser bem maior.

Para muitos, o pensamento de reutilização e reciclagem é apenas voltado à economia que é gerada no ramo, porém além desse fator, já que podemos diminuir o custo na obra, pode ser revendido para outros utilizarem. Porém o benefício que trará à população, é fundamental e importante para o futuro e o meio ambiente.

Um destino muito comum desses resíduos, é a pavimentação de rodovias, por exemplo.

Freitas (2018) afirma que em nosso país, embora seja conhecida a existência de usinas de reciclagem de RCD (Resíduo de Construção e Demolição) nas cidades de São Paulo-SP, Belo Horizonte-MG, Londrina-PR, João Pessoa-PB e Petrolina-PE, além de São Carlos -SP, pode-se considerar que ainda são modestas as iniciativas para o reaproveitamento desses materiais.

FIGURA 01: RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL APÓS DEMOLIÇÃO



Fonte: <http://rmai.com.br/brasil-gera-122-262-dia-de-residuos-na-construcao-civil/>

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade de buscar alternativas para a utilização de produtos que já não servem para determinadas atividades mostra oportunidades para aproveitamento de resíduos. Sendo que a construção civil utiliza muita matéria prima, empregar resíduos já descartados, gera aumento na sustentabilidade e dessa forma traz benefícios para o meio ambiente e para a própria construção, já que afeta a economia no processo. A reutilização de resíduos nos mostrará o quão importante pode ser para o meio ambiente, de acordo com o direcionamento da Resolução CONAMA nº 307, os resíduos sólidos da construção civil passíveis de utilização na pavimentação, como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, rocha, argamassas, telhas, pavimentos asfálticos, entre outros.

## 1.2 OBJETIVO

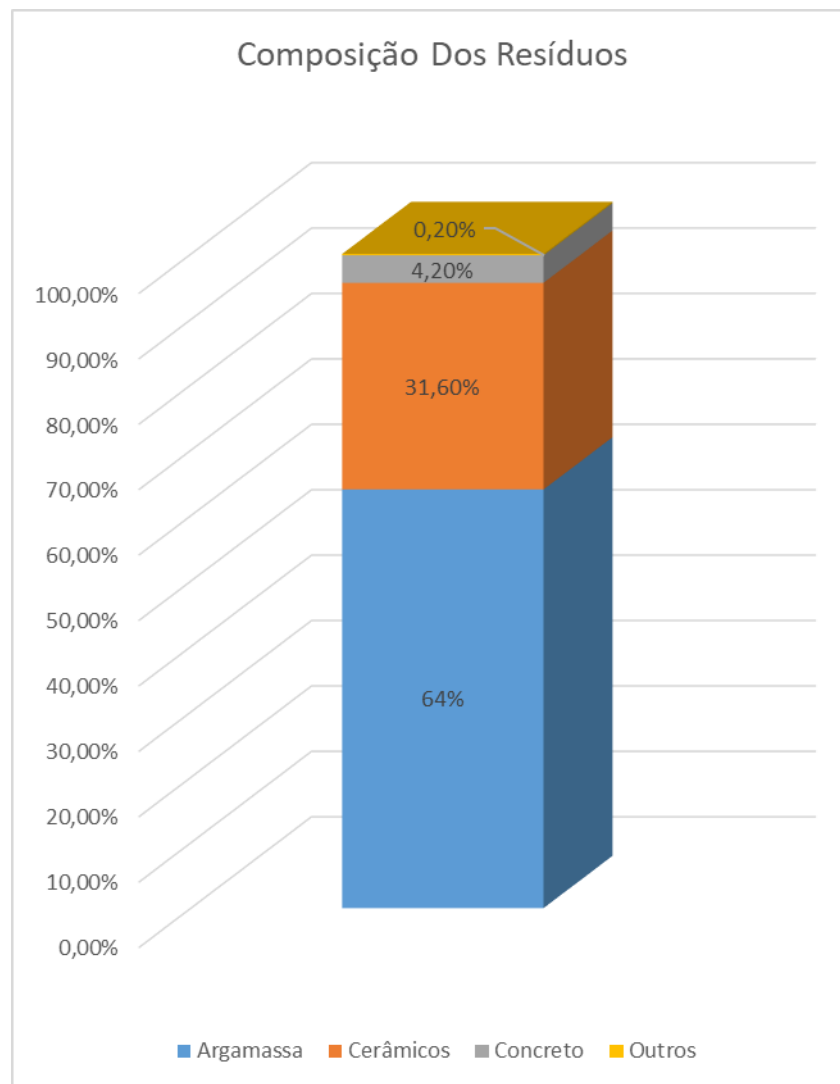
Apresentar medidas eficientes para a destinação de RCD, Resíduos de Construção e Demolição, tanto para o descarte correto, como para a aplicação em novas construções e empreendimentos, e ideias para uso, onde apresenta benefícios significativos à sociedade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DESCARTADOS

Na construção civil temos muitos tipos de resíduos descartados durante toda a realização do projeto, mas para isso temos três principais com os maiores índices, que são argamassa, materiais cerâmicos e concreto, conforme apresenta o gráfico com o percentual, no gráfico 1.

GRÁFICO 01: COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DESCARTADOS



Fonte: <https://domtotal.com/noticia/1262733/2018/06/reaproveitamento-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-no-brasil/>

---

### 2.1.1 ARGAMASSA

Segundo a Norma Brasileira NBR 13529 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a argamassa é “uma mistura homogênea de agregado (s) miúdos, aglomerante (s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”

Ela trabalha como um agente para que ocorra aderência os materiais, como uma “cola”, como por exemplo, para as situações abaixo:

- Na união entre blocos de concreto ou cerâmicos, em alvenaria de vedação ou estrutural.
- Como revestimento (chapisco, emboço ou “massa-grossa”, reboco ou “massa-fina”), conforme mostra a Figura 2.
- Compondo o substrato para revestimentos (emboço).
- No rejuntamento de calçadas em pedras naturais (impermeabilizando e conferindo detalhe arquitetônico).
- No rejuntamento de revestimento cerâmico (quando à base de cimento Portland).
- Dentre outras aplicações.

FIGURA 02: COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DESCARTADOS



Fonte: <https://www.quartzolit.weber/solucoes-tecnicas-quartzolit-para-reparos-protecao-e-reforco/como-fazer-argamassa-com-mais-liga>

## 2.1.2 MATERIAIS CERÂMICOS

Os materiais cerâmicos são inorgânicos, formados por elementos metálicos ou não metálicos, ligados entre si por ligações iônicas ou covalentes.

Matérias-primas: gnaisses, micaxisto, feldspatos alterados, argila e água

Muitas pessoas, pensam que materiais cerâmicos são apenas vidros e azulejos, porem é muito mais do que isso, pode-se dizer que estão por toda parte, já que a indústria cerâmica é responsável pela fabricação de pisos, azulejos, tijolos (figura 3), lajes, telhas e vidro, que são muito utilizados na construção civil. Devido ao seu elevado ponto de fusão, as cerâmicas são resistentes a altas temperaturas.

FIGURA 03: MATERIAIS CERÂMICOS



Fonte: <https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2013/08/materiais-ceramicos.html>

### 2.1.3 CONCRETO

Concreto (figura 4) é basicamente o resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia, sendo que o cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia).

No preparo do concreto, um ponto de atenção é o cuidado que se deve ter com a qualidade e a quantidade da água utilizada, pois ela é a responsável por ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Se sua quantidade for muito pequena, a reação não ocorrerá por completo e se for superior a ideal, a resistência diminuirá em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar.

FIGURA 04: CONCRETO



Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-concreto/>

### 3 ESTUDO DE CASO

A aplicação de agregados reciclados na produção de elementos como blocos de alvenaria, concretos, pavimentação, entre outros, vem aumentando no Brasil recentemente.

Para entendimento da quantidade de resíduos gerados, em São Carlos, São Paulo, foi observado o empreendimento Infinity Tower, da construtora Giardino, figuras 5, 6 e 7.

FIGURA 05: CONSTRUÇÃO INFINITY TOWER



Fonte: Pesquisa de campo

FIGURA 06: CONSTRUÇÃO INFINITY TOWER



Fonte: Pesquisa de campo

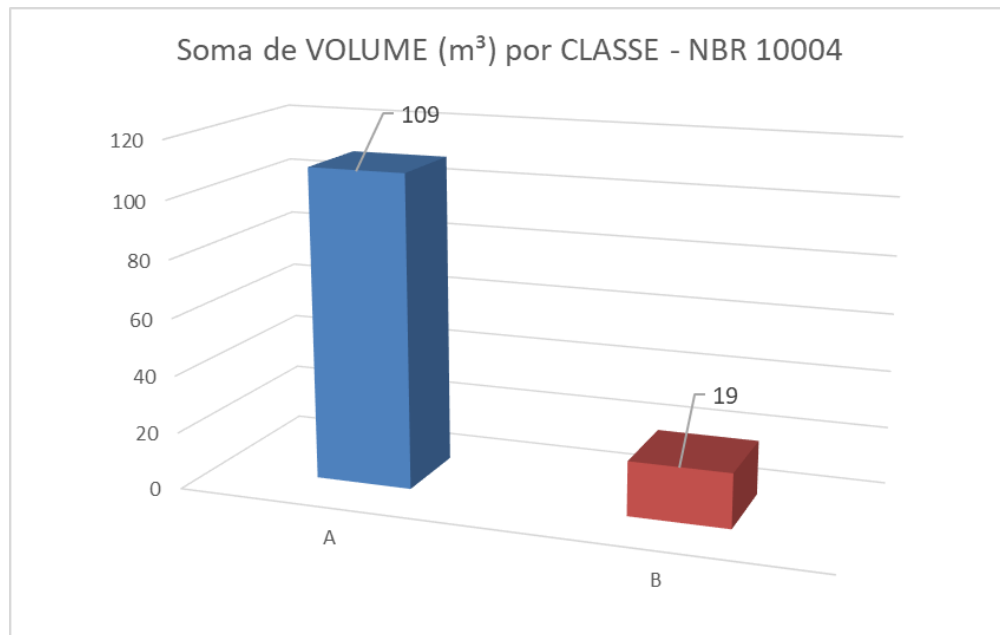
FIGURA 07: CONSTRUÇÃO INFINITY TOWER



Fonte: Pesquisa de campo

No momento da análise, havia terminado a concretagem da primeira laje, onde havia gerado aproximadamente 128 toneladas de resíduos, conforme mostra o gráfico 2.

GRÁFICO 02: REPRESENTAÇÃO DAS CLASSES DE ACORDO COM O GERADO NO EMPREENDIMENTO



Fonte: Baseado nos dados de pesquisa de campo

Os resíduos gerados são classificados pelo CONAMA nº 307 e nº 431, conforme a tabela 1.

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

Tabela 1 - Classificação dos resíduos conforme Conama nº 307 e nº 431

Classes	Integrantes predominantes considerados na composição gravimétrica
<b>A</b>	Resíduos recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra
<b>B</b>	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
<b>C</b>	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação
<b>D</b>	Resíduos perigosos como tintas, solventes, óleos e amianto (contaminados)

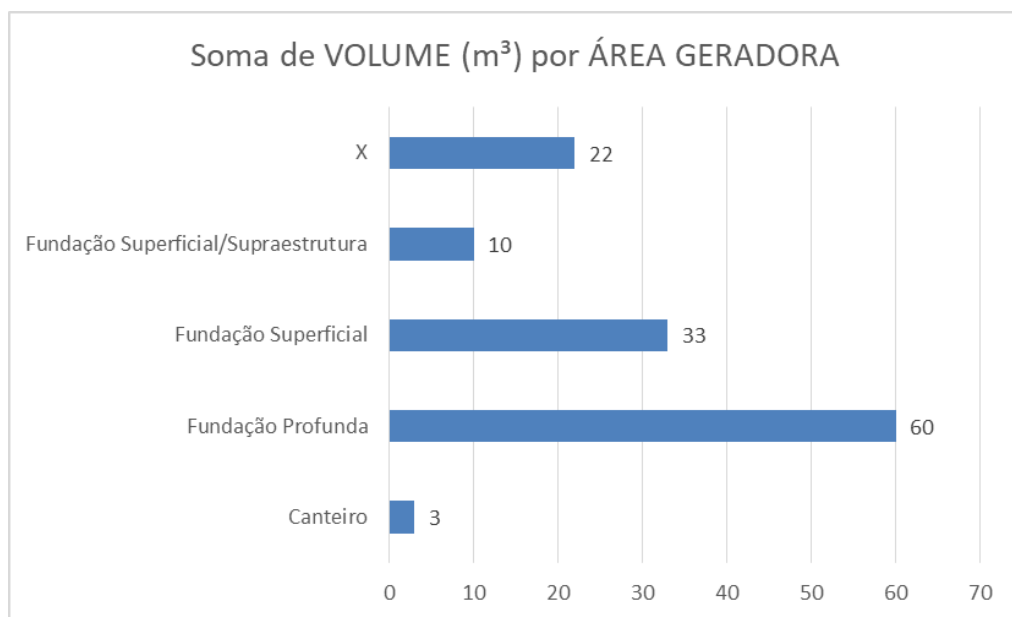
Fonte: Brasil (2002; 2011).

Fonte: CONAMA nº 307 e nº 431

Ao analisar a gráfico 03, é possível identificar que aproximadamente 47% dos resíduos gerados nesse processo inicial do empreendimento, foi a partir da Fundação Profunda, que é um tipo de fundação onde se realiza a estabilização de estruturas da edificação, utilizada principalmente em empreendimentos de grande porte, já que é muito seguro.

Como o próprio nome já diz, a fundação profunda tende a ser mais profunda, sendo o mínimo de profundidade de 3 metros, com isso são gerados mais resíduos.

GRÁFICO 03: ORIGEM DO MATERIAL GERADO



Fonte: Baseado nos dados de pesquisa de campo

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, ABRECON, busca soluções para o problema do descarte irregular dos resíduos da construção e sustentabilidade para a construção civil.

Através da ABRECON, é possível identificar mais de 350 usinas e aterros, tanto para o descarte correto dos resíduos gerados nas construções, como usinas que irão promover a reciclagem desses resíduos.

Os principais recebidos nessas usinas são argamassa, blocos e tijolos de concreto, materiais cerâmicos, terra orgânica, entre outros.

Nessas usinas, o RCD, passará por diversas mudanças, inclusive por peneiramentos e britagem, até chegar a ser o agregado reciclado, como por exemplo areia e brita. Dessa forma converterá problemas sérios para a natureza, em utilidades para

novas construções. Na figura 8 é possível verificar uma máquina utilizada na trituração de resíduos

FIGURA 8: MÁQUINA DE TRITUTAR RESÍDUOS SÓLIDOS



Fonte: <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>

Esses agregados gerados, podem gerar economia de até 30% com o gasto de materiais. O ideal é a utilização em partes não estruturais, sendo direcionado para o uso em produção de concreto para contra pisos, por exemplo. Quando esse agregado, gerar novos resíduos, é possível reciclar novamente e utilizar em pavimentação de estacionamentos, terraplanagens para correções em terrenos e até mesmo confecção de artefatos, ou seja, ainda é possível buscar meios de utilizar de forma benéfica, muitos resíduos de construções.

No Brasil, em 2011, foi construída a primeira casa feita com RCD, no estado do Rio Grande Do Sul. Na construção de 52m<sup>2</sup>, foram utilizadas 28,15 toneladas de entulhos e o preço final do imóvel foi de 45 mil, 40% menor do valor liberado para aquisição de imóveis, pelo Minha Casa, Minha Vida, na época de sua construção.

## 4 RESULTADOS

Em análise pela quantidade de toneladas de entulhos gerados no empreendimento Infinity Tower, considerando que a casa construída de 52m<sup>2</sup> utilizou 28,15 toneladas de entulho, é possível a construção de pelo menos quatro casas também de 52m<sup>2</sup>. Essas casas podem abrigar pelo menos quatro famílias, com quatro pessoas cada, já que a casa construída na situação, possuía dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro. Nas figuras 9 e 10 é possível visualizar a casa citada e exemplo para a utilização dos resíduos.

FIGURA 9: INÍCIO DA CONSTRUÇÃO



Fonte: <http://www.grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/rio-grande-do-sul-tem-a-primeira-casa-feita-com-entulhos-de-obras-do-brasi>

FIGURA 10: FINALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO



Fonte:

[http://www.tecnologiademateriais.com.br/noticias/2011/plastico\\_engenharia/marco/RIO\\_GRANDE\\_DO\\_SUL\\_TEM\\_A\\_PRIMEIRA\\_CASA\\_FEITA\\_COM\\_ENTULHOS\\_DE\\_OBRAS\\_DO\\_BRASIL.html](http://www.tecnologiademateriais.com.br/noticias/2011/plastico_engenharia/marco/RIO_GRANDE_DO_SUL_TEM_A_PRIMEIRA_CASA_FEITA_COM_ENTULHOS_DE_OBRAS_DO_BRASIL.html)

No Reino Unido, em 2014, foi construído um edifício no campus da Universidade de Brighton, figura 11, feito quase que totalmente com resíduos da construção civil. Além de RCD, também foram utilizados materiais domésticos.

FIGURA 11: EDIFÍCIO DA UNIVERSIDADE DE BRIGHTON



Fonte: <https://www.engenhariacivil.com/casa-construida-residuos-construcao-demolicao>

Com aproximadamente 23 toneladas de entulho, é possível a fabricação de 8640 tijolos.

Buscando utilização para as 109 toneladas de entulhos de classe A, gerados no empreendimento Infinity Tower, é possível a fabricação de 40946 tijolos.

Simulando a quantidade de tijolos para uma construção simples de um pavimento, conforme Tagilani, temos para uma construção:

- Duas paredes de 4m e duas paredes de 2m;
- Pé-direito de 2,7m;
- Oitão de 80cm;
- Uma janela de 120x120cm; e
- Uma porta de 90x210cm.

Somando o perímetro das paredes temos 12m. Multiplicando esse valor pelo pé-direito tem-se 32,4m<sup>2</sup>. Somando esse valor à área dos oitões, de 3,2m<sup>2</sup>, chega-se a 35,6m<sup>2</sup>. Subtraindo a área das aberturas, a área total de paredes da casa é de 32,27m<sup>2</sup>. Com a utilização de um tijolo maciço, de rendimento de 80 tijolos por metro quadrado, pode-se estimar o consumo de aproximadamente 2582 peças para se erguer a construção. Acrescentando mais 10%, chega-se ao número final de 2840 tijolos.

---

Com os 40946 tijolos fabricados com os resíduos do empreendimento, chegamos a um número de 14 construções, conforme as citadas por Tagilani.

Agora para construção de um pavimento, figura 12, porem maior, temos:

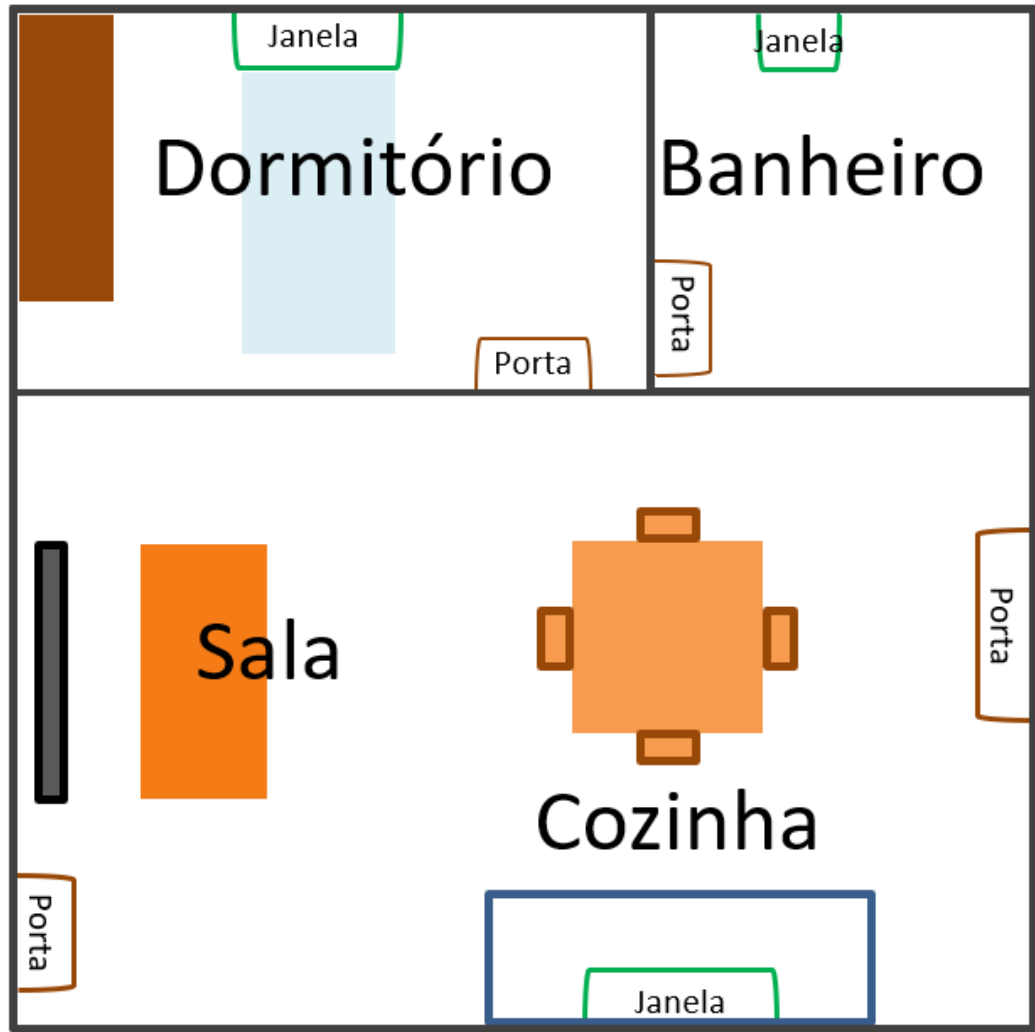
- Cinco paredes de 8m e uma de 3m;
- Pé- direito de 2,7m;
- Oitão de 80cm;
- Uma janela de 130x110cm;
- Uma janela de 70x70cm;
- Uma janela de 60x150cm;
- Três portas de 90x210cm; e
- Uma porta de 150x210cm.

Somando o perímetro das paredes temos 43m. Multiplicando esse valor pelo pé-direito tem-se 102,6m<sup>2</sup>. Somando esse valor à área dos oitões, de 3,2m<sup>2</sup>, chega-se a 119,3m<sup>2</sup>. Subtraindo a área das aberturas, a área total de paredes da casa é de 107,66m<sup>2</sup>.

Com a utilização de um tijolo maciço, de rendimento de 80 tijolos por metro quadrado, pode-se estimar o consumo de aproximadamente 8.612 peças para se erguer a construção. Acrescentando mais 10%, chega-se ao número final de 9.474 tijolos.

Dessa forma, com os 40.946 tijolos fabricados com as 109 toneladas de entulhos do Infinity Tower, temos a possibilidade de construir no mínimo quatro casas do modelo citado, podendo fazer uma outra construção com medidas reduzidas ainda.

FIGURA 12: EXEMPLO SIMPLES DE CONSTRUÇÃO



## 5 CONCLUSÃO

Apesar de ser recente no Brasil a reciclagem de RCD e utilização nas construções, tem ocorrido um aumento nessa modalidade, já que apresenta benefícios tanto na natureza, como economicamente para o empreendimento, tanto o gerador do resíduo, como para o que adquire o agregado reciclado, e é perceptível e visível a quantidade de entulhos que encontramos nas cidades, em um simples passeio que realizamos.

Todos são responsáveis pelos entulhos que geram, pensando em construções na cidade de São Carlos – SP, através da ABRECON, é possível localizar em um raio de 100 km, 13 destinos para os entulhos, para que os responsáveis procurem descartes correto.

Quando buscamos essas alternativas, desde as mais simples às mais complexas, como a construção, garantimos qualidade, sustentabilidade, segurança e economia. Interessante seria detalhamento em próximos trabalhos, sobre as resistências mecânicas, por exemplo das casas construídas com RCD, como as citadas nesse trabalho.

## REFERÊNCIAS

MELLO, M. Reutilização de materiais na construção. **Cimento Itambé**.

Disponível em: < <https://www.cimentoitambe.com.br/reutilizacao-de-materiais-na-construcao/>>.

Acesso em: out. 2019.

FREITAS, L. Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil no Brasil. **Dom Total**, junho. 2018.

Disponível em: < <https://domtotal.com/noticia/1262733/2018/06/reaproveitamento-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-no-brasil/>>.

Acesso em: out. 2019.

REDAÇÃO. Brasil gera 122.262 t/dia de resíduos na construção civil. **Meio Ambiente Industrial**, julho. 2017.

Disponível em: < <http://rmai.com.br/brasil-gera-122-262-tdia-de-residuos-na-construcao-civil/>>.

Acesso em: out. 2019.

PEREIRA, C. Argamassa: O que é, principais tipos e propriedades. **Escola Engenharia**, abril. 2019.

Disponível em: < <https://www.escolaengenharia.com.br/argamassa/>>.

Acesso em: out. 2019.

PEREIRA, C. Tipos de concretos utilizados na construção civil. **Escola Engenharia**, julho. 2019.

Disponível em: < <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-concreto/>>.

Acesso em: out. 2019.

CORTESÃO, J. Materiais Cerâmicos. **Engenharia Civil Virtual**, ago. 2013.

Disponível em: < <https://engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2013/08/materiais-ceramicos.html>>.

Acesso em: out. 2019.

Assessoria de Imprensa. Rio Grande do Sul tem a primeira casa feita com entulhos de obras do Brasil. **Grandes Construções**, 19 set. 1998. Disponível em:

<<http://www.grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/rio-grande-do-sul-tem-a-primeira-casa-feita-com-entulhos-de-obras-do-brasil>>.

Acesso em: out. 2019.

TAGILANI, S. **COM QUANTOS TIJOLOS (POR M<sup>2</sup>) SE FAZ UMA CASA?**.

Disponível em: <<https://biomassadobrasil.com.br/com-quantos-tijolos-por-m%C2%B2-se-faz-uma-casa-aprenda-a-calculas/>>.

Acesso em: out. 2019.

**Onde utilizar os Agregados Reciclados para Construção.** Disponível em:

<<http://recentulho.com.br/onde-utilizar-os-agregados-reciclados-para-construcao/>>.

Acesso em: out. 2019.

Freitas, L. Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil no Brasil. **Dom Total**, 05 jun. 2018. Disponível em:

<<https://domtotal.com/noticia/1262733/2018/06/reaproveitamento-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-no-brasil/>>

Acesso em: out. 2019