UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**Britador de Resíduos Sólidos da Construção Civil:
Projeto de Equipamento Móvel de Pequeno Porte**

WILLIAM MIOSSO MOURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Versão corrigida

Área de Concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

São Carlos - SP

Novembro/2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

- M924b Moura , William Miosso
 Britador de Resíduos Sólidos da Construção Civil:
Projeto de Equipamento Móvel de Pequeno Porte / William
Miosso Moura; orientador Javier Mazariegos Pablos. São
Carlos, 2015.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em
Arquitetura e Urbanismo e Área de concentração em
Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia - Instituto de Arquitetura
e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2015.
1. Resíduos Sólidos Classe A. 2. Equipamento Britador
de Resíduoa Sólidos. 3. Resíduos Sólidos 4. Resíduos de Obras
Novas. 5. Resíduos de demolição

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Arquiteto e Urbanista William Miosso Moura

Título da dissertação: "Britador de resíduos sólidos da construção civil: projeto de equipamento móvel de pequeno porte"

Data da defesa: 18/12/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos (Orientador)
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo - USP)

APROVADO

Prof. Dr. Bruno Luís Damineli
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo - USP)

APROVADO

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Córdoba
(Universidade Paulista - UNIP)

APROVADO

Coordenadora e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Profa. Dra. Cibeles Saliba Rizek

À minha esposa Mirela e às minhas filhas Sofia e Mariana, que nos momentos difíceis e decisivos da minha vida, sempre me levaram a um porto seguro, e representam o que entendo por felicidade.

Aos meus pais José Francisco e Alice pela dedicação na formação do meu caráter.

Ao Professor Dr. Javier Mazariegos Pablos, orientador e acima de tudo amigo, por sua enorme capacidade de me inspirar e me guiar.

Aos amigos, que contribuíram com a sensibilidade e a presteza necessárias para conclusão deste trabalho

Dedico

Agradecimentos

A Deus, por me conceder saúde, força e fé.

A todos os docentes que participaram e de alguma maneira contribuíram com a minha formação acadêmica.

Ao meu Professor na graduação e hoje grande amigo, Flávio Cesar Mirabelli Marchesoni, que nos trabalhos das madrugadas, sem medir esforços, colocou à disposição todo o seu conhecimento, generosidade e alma docente.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Fortulan pela importante contribuição inicial que prestou ao bom desenvolvimento das pesquisas.

Aos professores (as), David Moreno Sperling, Eduvaldo Sichieri, Fabio Lopes de Souza Santos, Javier Mazariegos Pablos, Karin Maria Soares Chvatal, Marcelo Montaña, Rosana Maria Caram e Ruy Sardinha Lopes, docentes estes que incansavelmente transmitiram seus conhecimentos na aplicação de suas aulas.

Aos funcionários do Laboratório da Construção Civil (LCC-IAU), Paulo, Sergio e Tico pelo profissionalismo, paciência e dedicação na realização dos ensaios e emissão dos laudos técnicos.

A empresa REICLAX Reciclagem de Resíduos da Construção Civil Ltda, na pessoa do Sr. Miguel Porto Neto, por ter contribuído com os materiais reciclados necessários ao desenvolvimento das Pesquisas.

Ao amigo Roberto Bergamo, parceiro, companheiro durante todo esse período, e acima de tudo um grande entusiasta.

Ao novo amigo Victor Baldan, pelas enorme disposição em ajudar. Grande homem.

Ao novo amigo Antonio Ângelo Marchesoni, que do alto da sua experiência de vida e com a generosidade dos sábios, indicou caminhos simples e eficientes para projetos de máquinas.

Ao velho amigo e irmão Rangel Leandro Romão, pela caminhada de 30 anos, pela condução da nossa empresa, pelo compartilhamento da luta diária, pelas ideias inovadoras, pela inspiração de sempre, mas principalmente pela amizade de quase uma vida.

À Sirene Marley Gregoldo, conselheira, sócia e amiga, que durante mais de 20 anos de convivência sempre apontou uma solução e um caminho seguro.

Resumo

O cenário positivo pelo qual a construção civil atravessou nas últimas duas décadas trouxe incontáveis benefícios ao país, porém alguns aspectos relevantes devem ser avaliados neste panorama de crescimento, principalmente os relacionados aos impactos ambientais ocasionados pelo setor. Uma destas preocupações é a quantidade de resíduos sólidos produzidos e sua respectiva disposição final. O equipamento, objeto deste estudo, propõe que os resíduos produzidos sejam processados, transformados novamente em materiais, e reutilizados dentro do próprio processo construtivo, sem que haja necessidade de transportá-los às áreas de processamento e disposição. Para tanto, foram analisadas amostras de material Classe A, inertes, passíveis de serem reincorporados ao processo construtivo, substituindo o agregado (pedra britada) em determinadas situações. Foram avaliadas ainda as condições conceituais, materiais e mecânicas do equipamento britador, para melhor aproveitamento dos materiais que serão produzidos e reincorporados ao ciclo construtivo da Construção Civil. Os estudos resultaram no projeto de uma máquina britadora de resíduos, de pequeno porte, porém capaz de transformar resíduos sólidos Classe A, em materiais passíveis de serem reutilizados em forma de agregados, sem que haja necessidade de retirá-los da obra para processamento.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Classe A, Equipamento Britador de Resíduos Sólidos, Resíduos Sólidos, Resíduos de Obras Novas, Resíduos de Demolição.

Abstract

The positive scenario which construction has gone through in the last two decades in Brazil brought countless benefits to the country, however, some important aspects must be evaluated in this growth panorama, especially those related to environmental impacts caused by the activity. One of these concerns is the solid waste amount production and its respective final disposal. The device, object of this study, proposes that the produced waste is processed, transformed back into materials and reused in the construction process itself, discarding transportation to processing sites and deposition. For this purpose, inert Class A waste samples were analyzed under certain situations aiming to be able to reincorporation in the construction process, replacing the aggregate (crushed stone). The crusher equipment's conceptual, material and mechanical conditions were also evaluated to achieve better results on the use and reincorporation of the processed materials in the construction cycle. The studies resulted in the design of a crusher waste machine, small, but able to turn Class A solid waste, insusceptible materials to be reused in the form of aggregates, with no need to remove them from workplace for processing.

Keywords: Solid Waste Class A, Crusher equipment for C&D Waste, C&D Debris, News Construction Waste, Demolition Waste.

Índice de Figuras

Figura 01: Composição do déficit habitacional nas unidades da federação Fonte: Fundação João Pinheiro (FJP). Centro de Estatística e Informações (CEI).....	27
Figura 02: Gráfico - Fonte: IBGE, Pesquisa Anual da Indústria de Construção 2009-2013. Número de empresas ativas na indústria da construção com uma ou mais pessoas ocupadas – Brasil 2009 - 2013	29
Figura 03: Fonte: Autor – Deposição irregular de RCC - Local: Bairro Parque dos Pinus, Ribeirão Preto – SP (Janeiro/2015)	45
Figura 04: GRÁFICO: Fonte: (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI 2009. P.7.) - Usinas de reciclagem de RCD classe A inauguradas ao longo dos anos.....	56
Figura 05: Circuito típico da indústria recicladora emergente como Brasil e China para produção de bica corrida e rachão - Lima, 2013	57
Figura 06: Britador de Resíduos estacionário.....	58
Figura 07: Equipamento britador móvel e carreta transportadora	59
Figura 08: Equipamento não estacionário	59
Figura 09: Conformação do triturador de mandíbulas (vista expandida).	62
Figura 10: Inconformidades na acomodação primária dos materiais no canteiro de obras	66
Figura 11: Blocos cerâmicos novos, acomodados na pilha de entulhos.....	66
Figura 12: Tubulação de água pluvial disposta como rejeito	67
Figura 13: Empilhamento de materiais de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.....	67
Figura 14: Desperdício verificado na aplicação do reboco.....	67
Figura 15: Argamassa utilizada como meio de correção da imperfeição do prumo das paredes	68
Figura 16: Materiais novos, quebrados durante o processo de implantação da rede de água pluvial.....	68
Figura 17: Caçamba avaliada nos levantamentos (3m ³).....	69
Figura 18: Separação do Material Classe A	69
Figura 19: Separação do Material Classe B (Plásticos.....	69

Figura 20: Separação do Material Classe B (Papeis	69
Figura 21: Materiais Orgânicos	70
Figura 22: Alguns tipos de materiais novos.....	70
Figura 23: Separação de pisos e revestimentos.....	70
Figura 24: Revestimentos encontrados (6,4m ²).....	70
Figura 25: Pesagem do material a ser aplicado	73
(Quantificação do material aplicado inicialmente).....	73
Figura 26: Pesagem do material a ser aplicado.....	73
(Peso da lata de 18 lts (cheia) – 23,900 kg).....	73
Figura 27: Pesagem do material a ser aplicado	74
(Peso líquido do material 21,000 kg).....	74
Figura 28: Verificação do rendimento por área de aplicação (Local de aplicação)	74
Figura 29: Verificação do rendimento por área de aplicação (Início do procedimento de aplicação do material).....	74
Figura 30: Verificação do rendimento por área de aplicação (Medição da área de cobertura (material com aderência).....	74
Figura 31: Recolhimento e pesagem do material sem aderência (Raspagem das lonas para o recolhimento do material sem aderência).....	74
Figura 32: Recolhimento e pesagem do material sem aderência (Material sem aderência recolhido para pesagem)	74
Figura 33: Quantificação do material sem aderência	75
Figura 34: Peças cerâmicas utilizadas para regularização da altura do andaime .	76
Figura 35: Recolhimento e formação de pilhas para contagem dos Tijolos inteiros, ou partes em condições de uso que se encontravam espalhados pelo canteiro de obras	76
Figura 36: Recolhimento e formação de pilhas para contagem dos elementos de concreto inteiros ou partes, em condições de uso que se encontravam espalhados pelo canteiro de obras	76
Figura 37: Material Classe A analisado	78
Figura 38: Pesagem dos agregados	78

Figura 39: Peneiramento dos agregados.....	78
Figura 40: Caracterização do material	78
Figura 41: Separação e pesagem dos materiais	79
Figura 42: Modelo – 01 - Conjunto de imagens referentes ao desenvolvimento do equipamento – posição do motor – articulações do eixo e dimensões do chassi.....	83
Figura 43: Modelo – 01 - Conjunto de imagens referentes ao desenvolvimento do equipamento – posição das polias	83
Figura 44: Modelo – 02 - Conjunto de imagens referentes ao desenvolvimento do equipamento – Dimensões – Conjunto britador de rolos – Detalhamento do rolo britador	85
Figura 45: Proposta para o modelo 02 - Sistema de fragmentação composto por triturador de rolos.....	85
Figura 46: Modelo – 02 - Desenvolvimento do equipamento – Vista explodida e quadro de elementos da máquina.....	86
Figura 47: Modelo – 03 - Desenvolvimento do equipamento – Elementos da máquina e perspectiva e britador de mandíbula	87
Figura 48: Modelo – 03 - Desenvolvimento do equipamento – Vista explodida ..	88
Figura 49: Perspectiva Frontal do equipamento – Identificação dos principais elementos mecânicos	93
Figura 50: Perspectiva Traseira do equipamento – Identificação dos principais elementos mecânicos	94
Figura 51: Dimensões gerais do equipamento	98
Figura 52: Elemento de máquina 01 – Detalhamento da Tampa de alimentação	99
Figura 53: Elemento de máquina 04 – Detalhamento do Passador da tampa de alimentação	100
Figura 54: Elemento de máquina 05 – Detalhamento da carcaça superior....	101
Figura 55: Elemento de máquina 06 – Detalhamento do Anel vedação	102
Figura 56: Elemento de máquina 07 – Detalhamento do eixo de articulação da carcaça superior	103

Figura 57: Elemento de máquina 09 – Detalhamento da tampa dos componentes móveis.....	104
Figura 58: Perspectiva do sub conjunto do britador – Identificação dos principais elementos.....	105
Figura 59: Elemento de máquina 10.1 – Detalhamento dos componentes da caixa do sub conjunto britador, localizados na lateral direita do equipamento (considerando-se a vista frontal do equipamento).....	106
Figura 60: Elemento de máquina 10.2 – Detalhamento dos componentes da caixa do sub conjunto do triturados, localizados na lateral esquerda do equipamento (considerando-se a vista frontal do equipamento).....	107
Figura 61: Elemento de máquina 10.3 – Detalhamento do suporte das bieletas do conjunto britador (10)	108
Figura 62: Elemento de máquina 10.4 - Perspectiva do sub conjunto: Placa móvel do britador de mandíbula (10) – Identificação dos principais elementos	109
Figura 63: Elementos de máquina 10.4.1 e 10.5.1 – Placa de impacto do sub conjunto: Placa móvel (10.4) do britador de mandíbula (10)	110
Figura 64: Elemento de máquina 10.4.2 – Base da placa do sub conjunto da placa móvel (10.4) do britador de mandíbula (10)	111
Figura 65: Elemento de máquina 10.5 –Perspectiva do sub conjunto: Placa fixa do britador de mandíbula (10) – Identificação dos principais elementos.....	112
Figura 66: Elemento de máquina 10.5.2 – Base da placa fixa do sub conjunto: Placa fixa (10.5) do britador de mandíbula (10)	113
Figura 67: Elemento de máquina 10.6 –Eixo excêntrico do britador de mandíbula (10)	114
Figura 68: Elemento de máquina 10.7 –Polia do eixo excêntrico do britador de mandíbula (10)	115
Figura 69: Elemento de máquina 10.8 –Perspectiva do sub conjunto: Bielela do britador de mandíbula (10) – Identificação dos principais elementos.....	116
Figura 70: Elemento de máquina 10.8.1 – Bielela do sub conjunto: Bielela (10.8) do britador de mandíbula (10).....	117
Figura 71: Elemento de máquina 10.8.2 – Pino da bieleta do sub conjunto: Bielela (10.8) do britador de mandíbula (10).....	118

Figura 72: Elemento de máquina 10.9 – Representação das dimensões de um motor convencional com potência entre 5 a 15 hp - Motor do britador de mandíbula (10)	119
Figura 73: Elemento de máquina 10.10 – Eixo do motor do britador de mandíbula (10)	120
Figura 74: Elemento de máquina 10.11 – Polia do motor do britador de mandíbula (10)	121
Figura 75: Elemento de máquina 10.12 – Correia do britador de mandíbula (10).	122
Figura 76: Elemento de máquina 11 – Carcaça inferior – Cortes A-A e B-B – Detalhamento dos cortes e dimensões da peça	123
Figura 77: Elemento de máquina 11 – Carcaça inferior – Vista superior – Detalhamento dos cortes e dimensões da peça	124
Figura 78: Elemento de máquina 12 – Coluna direita – Detalhamento e dimensões da peça	125
Figura 79: Elemento de máquina 13 – Trava da coluna direita – Detalhamento e dimensões da peça	126
Figura 80: Elemento de máquina 14 – Coluna esquerda – Detalhamento e dimensões da peça	127
Figura 81: Elemento de máquina 15 – Trava da coluna esquerda – Detalhamento e dimensões da peça	128
Figura 82: Elemento de máquina 16 –Perspectiva do sub conjunto: Elementos de fixação da coluna – Identificação dos principais elementos	129
Figura 83: Elemento de máquina 17 –Perspectiva do sub conjunto: Roda fixa – Identificação dos principais elementos	130
Figura 84: Elemento de máquina 17.1 – Garfo do sub conjunto: Roda fixa (17)....	131
Figura 85: Elementos de máquina 17.2 e 18.2 – Roda do sub conjunto: Roda fixa (17)	132
Figura 86: Elementos de máquina 17.3 e 18.3 – Eixo da roda do sub conjunto: Roda fixa (17)	133
Figura 87: Elemento de máquina 17.5 – Freio do sub conjunto: Roda fixa (17)	134

Figura 88: Elemento de máquina 18 –Perspectiva do sub conjunto: Rodízio –	
Identificação dos principais elementos	135
Figura 89: Elemento de máquina 18.1 – Garfo do sub conjunto: Rodízio (18)	136
Figura 90: Elemento de máquina 18.4 – Freio do sub conjunto: Rodízio (18)	137
Figura 91: Elemento de máquina 19 – Passador do rodízio - Detalhamentos e	
dimensões das peças	138
Figura 92: Elemento de máquina Sistema de Acionamento – Mecanismos de	
acionamento / Tomada de força - Detalhamentos e dimensões das peças	139

Índice de Tabelas

Tabela 01: Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) da construção civil	29
Tabela 02: Proclamação de princípios fundamentais para o desenvolvimento sustentável	31
Tabela 03: Classificação de resíduos sólidos	36
Tabela 04: Aspectos considerados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente para estabelecer a CONAMA 307/2002 e atualizações.	37
Tabela 05: Classificação dos Resíduos Sólidos segundo Resolução CONAMA 307/02	38
Tabela 06: Principais causas das perdas de materiais	39
Tabela 07: Estimativa de coleta de RCC por origem (2008).....	41
Tabela 08: Fontes geradoras e componentes de RCC (Em %).....	41
Tabela 09: Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil (Em %)	41
Tabela 10: Geração de Resíduos de Construção em Cidades do Estado de São Paulo	42
Tabela 11: Serviços de manejo de resíduos da construção e demolição em municípios, segundo seu tamanho e sua densidade populacional (2008)	43
Tabela 12: Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por existência e tipo de processamento dos resíduos, segundo as Grandes Regiões – 2008 (IBGE 2008).....	44
Tabela 13: Objetivos da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (PNRS, 2010)	47
Tabela 14: Indicação de utilização do produto	52
Tabela 15: Conjunto de Normas Técnicas destinadas à caracterização e utilização de agregados	53
Tabela 16: Informações básicas sobre os sistemas de britagem	60
Tabela 17: Metodologia	65
Tabela 18: Identificação, classificação, peso e percentual dos resíduos identificados	70

Tabela 19: Quantidade e percentual de materiais constituintes, considerando a sua respectiva classificação conforme determina a Resolução CONAMA 307/02 e atualizações (Resíduos Classe A)	71
Tabela 20: Quantidade e percentual de materiais constituintes, considerando a sua respectiva classificação conforme determina a Resolução CONAMA 307/02 e atualizações (Resíduos Classe B).....	71
Tabela 21: Quantidade e percentual de materiais constituintes, considerando a sua respectiva classificação conforme determina a Resolução CONAMA 307/02 e atualizações (Resíduos Classe D)	71
Tabela 22: Quantidade e percentual de Materiais Constiuintes sem classificação empecífica na Resolução CONAMA 307/2002 (Outros elementos).....	71
Tabela 23: Quantidade e percentual dos resíduos identificados nas avaliações (Totais)	72
Tabela 24: Possibilidade de reciclagem dos resíduos identificados nas avaliações	72
Tabela 25: Resíduos Classe A identificados nas avaliações	72
.....	75
Tabela 26: Quantidade de argamassa desperdiçada durante o processo de aplicação	75
Tabela 27: Quantidade de peças cerâmicas ou elementos de concreto com uso ou armazenamento inadequado	77
Tabela 28: Normas utilizadas.....	78
Tabela 29: Resultado: Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis	79
Tabela 30: Resultado: Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados	79
Tabela 31: Resultado: Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios	80
Tabela 32: Resultado: Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica aparente	80
Tabela 33: Demonstrativo de necessidades e conceitos atendidos	89
Tabela 34: Descrição dos principais elementos do equipamento	92

Tabela 35: Descrição dos elementos constituintes.....	95
---	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABDS	Associação Brasileira de Desenvolvimento Social
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ABRELP	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CBCI	Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
CNIS	Sistema Nacional de Informação Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FBCF	Formação Bruta de Capital Fixo
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FJP	Fundação João Pinheiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSCD	Resíduos Sólidos de Construção e Demolição

Sumário

Índice de Figuras.....	X
Índice de Tabelas	XVI
RSCD Resíduos Sólidos de Construção e Demolição	XIX
Sumário	XX
1. Introdução	24
1.1. Justificativa	25
1.2. Objetivo Precípuo.....	26
1.3. Objetivo Específico.....	26
2. Revisão Bibliográfica	27
2.1. Aspectos sociais e econômicos relacionados a cadeia produtiva da construção civil	27
2.2. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável	30
2.3. Desenvolvimento e sustentabilidade no setor da construção civil	33
2.4. Resíduos sólidos	35
2.4.1. Definição de resíduos sólidos	35
2.4.2. Quanto a periculosidade dos resíduos sólidos	36
2.5. Resíduos da construção civil	36
2.5.1. Definição de resíduos da construção civil	37
2.5.2. Classificação de resíduos da construção civil	38
2.6. Produção e gestão de resíduos sólidos da construção civil	38
2.6.1. Manejo, processamento e destinação final de resíduos sólidos da construção Civil	41

2.6.2.	Logística Reversa	46
2.6.3.	Sobre a utilização de subprodutos provenientes do processamento de resíduos da construção civil	48
2.6.4.	Logística Reversa no setor da construção civil.....	53
2.7.	Centros de triagem e reciclagem de RCC.....	54
2.7.1.	Características dos equipamentos utilizados nos centros de triagem e reciclagem de RCC.....	57
2.7.2.	Características dos materiais e mecanismos de britagem utilizados nos equipamentos destinados a reciclagem de RCC.....	59
2.8.	A importância do aprimoramento tecnológico como contribuição para a redução na geração de RCC	62
2.9.	Sustentabilidade na Construção Civil e a participação do Arquiteto e Urbanista	64
3.	Materiais e Métodos	65
3.1.	Características dos processos de geração de RCC	65
3.1.1.	Características do RCC gerado.....	68
3.1.2.	Resultados: Características do RCC gerado:	70
3.2.	Avaliação do processo de geração do resíduo sólido Classe A.	72
3.2.1.	Análise do resíduo sólido Classe A, fornecido por empresa recicladora, como agregado.....	77
3.2.2.	Resultados das análises dos resíduos Classe A	79
3.3.	Estudos preliminares.....	80
3.3.1.	Conceitos do equipamento	81
3.3.2.	Apresentação dos ante projetos.....	82

3.4.	Projeto: Britador de resíduos sólidos da construção civil: Equipamento móvel de pequeno porte.....	88
3.4.1.	Programa de necessidades.....	89
3.4.2.	Detalhamento dos componentes mecânicos e projetos.....	91
3.4.3.	Análise do projeto	140
4.	Conclusões e recomendações.....	141
5.	Referências.....	143

1. Introdução

A quantidade de Resíduos Sólidos provenientes dos setores que envolvem as atividades da Construção Civil tem aumentado principalmente nos países em processo de desenvolvimento.

Elevadas quantidades de RCC são geradas diariamente, representando a parcela majoritária na proporção de resíduos produzidos no país, entre 50 e 70% da massa de resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2005).

Em peso, segundo Pinto (2005), “Os Resíduos da construção civil podem representar 61% dos resíduos sólidos urbanos produzidos”.

Apesar de serem considerados em sua maioria de baixa periculosidade, de acordo com KARPINSK (2009), “[...] nesses resíduos também são encontrados material orgânico, produtos perigosos e de embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças”.

A necessidade de expandir-se, associada às iniciativas no sentido de se mitigar o histórico déficit habitacional do país, potencializam a geração de resíduos sólidos e trazem à luz, as dificuldades dos setores público e privado em compartilhar responsabilidades e propor ações efetivas para reduzir este aspecto negativo.

Conforme Pucci (2006), “historicamente o manejo dos RCC esteve a cargo do poder público, que enfrentava o problema de limpeza e recolhimento dos RCC depositados em locais inapropriados, como áreas públicas, canteiros, ruas, praças e margens de rios”.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, criada através da Lei nº 12.305, de 2010, em seus artigos 4 a 24, indica a obrigatoriedade da elaboração dos planos de resíduos sólidos próprios envolvendo os poderes públicos em todas as esferas, e os grandes geradores.

No ano anterior à criação da obrigatoriedade legal, conforme Marques (2009), “considerando 5.564 municípios no total, apenas 1% dos municípios brasileiros haviam

estabelecido seus planos de gerenciamento de RCC. Neste contexto portanto, fica claro o desafio apresentado ao país para as próximas décadas”.

Alguns índices disponíveis apontam evolução na coleta efetuada pelos municípios, segundo ABRELP (2012), através do relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, no ano de 2012 foram coletadas de 35 milhões de toneladas de RCD (Resíduos de Construção e Demolição), representando um aumento de mais de 5% na quantidade coletada pelos municípios, passando de 106.549 t/dia em 2011, para 112.248 t/dia em 2012, e afirmam ainda que esta progressão também é observada em anos anteriores, o que exige atenção especial quanto ao destino final dado a estes resíduos, visto que a quantidade é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos.

A PNRS, obriga o setor da Construção Civil a dar destinação ambientalmente adequada aos resíduos de construção, considerando que outro ponto relevante, e que deve ser abordado, é o distanciamento entre os locais em que os resíduos são produzidos e as áreas licenciadas para o seu correto recebimento e processamento, fato este que colabora decisivamente com a deposição irregular.

Neste contexto, tornam-se imprescindíveis os esforços conjuntos entre os poderes públicos, a iniciativa privada e o meio acadêmico para que sejam encontradas soluções viáveis que contribuam com as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos sólidos em 2010.

1.1. Justificativa

Considerando a obrigatoriedade legal imposta aos geradores quanto destinação ambientalmente adequada, e ainda as dificuldades encontradas pelo setor em adequar-se à esta nova realidade, este trabalho de pesquisa propõe o desenvolvimento do projeto de equipamento britador portátil, destinado ao processamento de resíduos sólidos da construção civil ainda em sua fonte geradora, possibilitando aos geradores a oportunidade de processar os resíduos da obra, e transforma-los em material passível de ser reutilizado dentro dos seus processos produtivos.

A adição do material agregado produzido pelo equipamento proposto, além de contribuir com os aspectos ambientais, reduzindo a quantidade de resíduos sujeitos a disposições irregulares, e diminuindo os impactos relacionados ao trânsito no transporte dos resíduos aos locais licenciados, colabora na mitigação do cenário negativo que gestores públicos enfrentam para disponibilizar novas áreas para estes fins.

1.2. Objetivo Precípuo

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver o projeto de um equipamento, capaz de processar o resíduo volumoso produzido (Classe A), transformando-o novamente em material passível de ser reincorporado ao processo construtivo na própria obra geradora.

1.3. Objetivo Específico

- Caracterização das fontes geradoras do “Resíduo Classe A” da construção civil.
- Apresentar informações a respeito de suas formas de produção;
- Analisar e avaliar as características físicas dos resíduos produzidos;
- Analisar os resultados obtidos em todo o processo de pesquisa, com vistas ao desenvolvimento e aprimoramento do projeto do equipamento britador de resíduos sólidos da construção civil.
- Apresentação de ante projetos indicando o desenvolvimento do conceito do equipamento britador;
- Apresentação do projeto do equipamento britador de resíduos sólidos da construção civil como produto final deste trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Aspectos sociais e econômicos relacionados a cadeia produtiva da construção civil

De acordo com Oliveira, Gilvisiez e Rios-Neto, (2009), “estima-se que no ano de 2007, faltavam, aproximadamente, 6,3 milhões de residências para atender a população”.

Em 2010, o censo demográfico (IBGE,2010) apontou um déficit habitacional de 6,490 milhões de unidades, o correspondente a 12,1% dos domicílios do país.

Os motivos são diversificados conforme demonstrado na Figura 01, representando a composição do déficit habitacional nas unidades da federação (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2010).

Figura 01: Composição do déficit habitacional nas unidades da federação Fonte: Fundação João Pinheiro (FJP). Centro de Estatística e Informações (CEI).

Observa-se ainda a demanda associada falta de infraestrutura urbana.

Quase 30% das moradias permanecem sem acesso à rede de esgoto e 12 estados retrocederam nesta necessidade, desde 2005, demonstrando, assim, a

incapacidade do modelo atual em considerar a demanda. No quesito abastecimento de água temos, ainda, cerca de 16% de domicílios não atendidos (PNAD-2007; IBGE, 2008).

Mesmo com o desafio apresentado ao país em solucionar as demandas por moradia e infraestrutura e a premente necessidade de se ampliar investimentos, o setor detém grande representatividade nos cenários econômico e social do país. O valor adicionado pela cadeia produtiva da construção civil representou 8,9% do Produto Interno Bruto (PIB) do país em 2011, ante 8,1% no ano anterior, o que soma R\$ 315,3 bilhões [Abramat-FGV (2012)].

A construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados, a indústria da construção promove incrementos capaz de elevar o crescimento econômico. Isso ocorre principalmente pela proporção do valor adicionado total das atividades, como também pelo efeito multiplicador de renda e sua interdependência estrutural. (TEIXEIRA, 2010)

Para Gondin *et al.* (2004) “[...] analisando a cadeia produtiva percebe-se a forte ligação com outros setores de atividades como a indústria de matéria-prima, serviços e equipamento”.

“Sua importância, sob o ponto de vista econômico, é facilmente evidenciada pelo peso dos indicadores em relação à participação no PIB, na produção e no emprego, assim confrontados, em relação aos demais indicadores de outros setores da economia”. (KURESKI *et al.*, 2008).

Segundo IBGE (2000), a formação bruta de capital fixo (FBCF) é a operação do Sistema de Contas Nacionais (SCN) que registra a ampliação da capacidade produtiva futura de uma economia por meio de investimentos correntes em ativos fixos, ou seja, bens produzidos factíveis de utilização repetida e contínua em outros processos produtivos por tempo superior a um ano sem, no entanto, serem efetivamente consumidos pelos mesmos.

Segundo IBGE (2013), a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) da construção civil em 2013 tenha atingido 41,48% do total brasileiro, este índice alcançou o patamar de 47,3% em 2002 e, mesmo considerando as oscilações verificadas na Tabela 1, observa-se grande representativa no cenário nacional.

Tabela 01: Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) da construção civil

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
FBCF CONST. CIVIL / FBCF TOTAL	46,5%	47,3%	44,2%	43,7%	42,3%	40,4%	38,3%	36,3%	42,3%	40,6%	41,4%	43,8%	41,8%

Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBCI (2014)

Em 2013 porém, a cadeia produtiva da construção diminuiu sua participação na economia brasileira passando a representar 8,5% do valor adicionado total do País, contra uma participação de 8,9% no ano anterior [Abramat-FGV (2012)], mesmo ante a desaceleração apontada, a imagem 02 (Gráfico), distingue a dinâmica setorial dos diversos elos da cadeia produtiva.

Figura 02: Gráfico - Fonte: IBGE, Pesquisa Anual da Indústria de Construção 2009-2013. Número de empresas ativas na indústria da construção com uma ou mais pessoas ocupadas – Brasil 2009 - 2013

De acordo com o Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Estado de São Paulo, para cada 100 empregos diretos gerados na construção civil, outros 285 postos de trabalhos são abertos em atividades ligadas a este setor (IBGE, 2008).

2.2. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Nº 6.938, de 31 de agosto 1981, Art. 3º, considera que para os fins previstos na Lei, o termo meio ambiente, como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981).

O Art. 4º, da mesma lei, institui a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981).

Segundo a transcrição do art. 225 da Constituição Federal, a obrigatoriedade de defesa do meio ambiente é assim descrita:

Art.225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 2010, p. 90)

Para Gomes; Bulzico, (2010, p.52) “(...) inegável é a constatação do direito humano ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, tutelado não apenas por normas de Direito Internacional Ambiental, como por normas de direitos humanos”.

Conforme Teles (2007), “não há possibilidade de concretização dos demais direitos fundamentais sem o direito ao meio ambiente, que se traduz em última análise como o próprio direito a vida”.

Conceitos precursores quanto ao desenvolvimento sustentável foram estabelecidos há algumas décadas e aprimorados nas diversas conferências oficiais realizadas nos anos posteriores.

O relatório “Os limites do Crescimento” (Meadows et al., 1972) realizado pelo Clube de Roma em 1972, onde torna-se explícita a denúncia de que o crescente consumo mundial ocasionaria um colapso do ecossistema global.

A Conferência de Estocolmo realizada em 16 de junho de 1972 deu início aos conceitos constitucionais no reconhecimento do meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito humano fundamental entre os direitos sociais do homem, com sua característica de direitos a serem realizados e direitos a não serem perturbados. (GOMES; BULZICO, 2010, p. 59)

Em 1992 a Conferência da Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, conhecida como ECO 92, avançou em relação às questões preservacionistas reforçando entre as nações signatárias a necessidade do desenvolvimento sustentável, fundamentando a temática, onde se destacam alguns princípios, conforme demonstrados na tabela 02:

Tabela 02: Proclamação de princípios fundamentais para o desenvolvimento sustentável

Princípios	Descrição dos princípios segundo a Declaração
Princípio 1	Os seres humanos estão no centro das preocupações com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza
Princípio 3	O direito ao desenvolvimento deve ser exercido de modo a permitir que sejam atendidas equitativamente as necessidades de desenvolvimento e de meio ambiente das gerações presentes e futuras.
Princípio 4	Para alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção ambiental constituirá parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente deste.
Princípio 9	Os Estados devem cooperar no fortalecimento da capacitação endógena para o desenvolvimento sustentável, mediante o aprimoramento da compreensão científica por meio do intercâmbio de conhecimentos científicos e tecnológicos, e mediante a intensificação do desenvolvimento, da adaptação, da difusão e da transferência de tecnologias, incluindo as tecnologias novas e inovadoras.
Princípio 15	Com o fim de proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deverá ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental.

Fonte: (ONU, 1992), Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Modificada pelo autor

Na literatura, há grande abrangência tanto para a definição do termo meio ambiente, quanto para os conceitos de desenvolvimento sustentável, constatação esta que parece ser consenso entre pesquisadores.

O conceito de meio ambiente há de ser, pois, globalizante, abrangente de toda a natureza original e artificial, bem como os bens

culturais correlatos, compreendendo, portanto, o solo, a água, o ar, a flora, as belezas naturais, o patrimônio histórico, artístico, turístico, paisagístico e arqueológico. (SILVA, 2002, p. 20).

Quanto ao desenvolvimento sustentável, diversos autores abordam o assunto, conforme Vargas (2002), “não basta entender desenvolvimento de um ponto de vista e de um caráter economicista sem levar em conta, variantes que possam influenciar ou ser influenciadas por esse desenvolvimento”.

O desenvolvimento sustentável é como a fonte da capacidade de gestão e dos recursos técnicos e financeiros indispensáveis à resolução dos desafios ambientais que necessitam partilhar do entendimento de que deve haver um objetivo comum, e não um conflito, entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, tanto para o momento presente como para as gerações futuras (ANDRADE, TACHIZAWA e CARVALHO, 2004)

Num momento em que a sociedade efetivamente vivencia as consequências dos efeitos danosos causados ao meio ambiente, após várias décadas de consumo descontrolado dos recursos naturais e, em função disto, acompanha e fiscaliza mais intimamente as ações que governo e iniciativa privada têm tomado frente a essa realidade, torna-se cada vez mais importante e vital às empresas buscarem novas alternativas e práticas que possibilitem seu desenvolvimento organizacional e econômico de forma sustentável, e até mesmo sua própria sobrevivência no mercado (ALMEIDA, 2004).

Leff (2006), ressalta o discurso do desenvolvimento sustentável como algo que procura estabelecer um terreno comum para uma política de consenso capaz de integrar os interesses de países, povos ou classes sociais na apropriação da natureza.

No entendimento de Duarte e Bueno (2006), “[...] os ecossistemas podem ser levados a um estado de perturbação devido às ações antrópicas”.

Silva, (2010) considera que “em termos econômicos, a sustentabilidade prevê que as organizações têm que ser economicamente viáveis, face ao seu papel na

sociedade e que deve ser cumprido levando em consideração o aspecto da rentabilidade, dando retorno ao investimento realizado pelo capital privado”.

2.3. Desenvolvimento e sustentabilidade no setor da construção civil

Segundo Souza (2004) “A indústria da construção civil tem sido motivo de discussões quanto à necessidade de se buscar o desenvolvimento sustentável por apresentar-se como grande consumidora de recursos naturais e geradora de uma elevada quantidade de resíduos”.

Sobre as diferenças fundamentais entre crescimento e desenvolvimento, Veiga (2010), aborda o tema:

Ninguém duvida de que o crescimento é um fator muito importante para o desenvolvimento. Mas não se deve esquecer que no crescimento a mudança é quantitativa, enquanto no desenvolvimento ela é qualitativa. Os dois estão intimamente ligados, mas não são a mesma coisa. E sob vários prismas a expansão econômica chega a ser bem mais intrigante que o desenvolvimento. (VEIGA, 2010, p.56).

Em levantamentos mais recentes, segundo Nogueira (2011), “A produção de materiais de construção consome aproximadamente 50% dos recursos naturais gastos no mundo”.

Segundo Schenini, Bagnati e Cardoso (2004), “no Brasil, a inexistência de uma consciência ecológica na indústria da construção civil resultou em danos ambientais irreparáveis, que foram agravados pelo maciço processo de migração ocorrido na segunda metade do século passado, que ocasionou uma enorme demanda por novas habitações”.

Alguns pensamentos exprimem o sentido de sustentabilidade e prestam grande serviço à consolidação do tema, principalmente quando ligados à situações práticas, neste sentido, pensar globalmente e agir localmente (Agenda 21 – ECO92, 1992).

Canepa (2007), em sua caracterização sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, aproxima-se da dinâmica encontrada na cadeia da construção civil.

(...) o desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como um estado fixo de harmonia, mas sim como um processo de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro.” (CANEPA, 2007).

O Consumo de matérias primas não renováveis pelo setor é notável, conforme Wines (2000), “[...] a construção e o uso dos edifícios são um dos maiores consumidores dos recursos naturais no ambiente, consumindo 16,6% do fornecimento mundial de água pura, 25% de sua colheita de madeira e 40% de seus combustíveis fósseis e materiais manufaturados”.

Quando se avaliam os danos determinados pela atividade construtiva, estes são normalmente classificados quanto a: gradativo esgotamento de matérias-primas; dano ecológico causado pela extração destes materiais; consumo de energia em todos os estágios de produção (incluindo transporte); consumo de água; poluição por ruídos e odores; emissões danosas, entre as quais aquelas diretamente relacionadas à redução da camada de ozônio; aquecimento global e chuvas ácidas; aspectos relativos à saúde humana; risco de desastres; durabilidade e manutenção; reuso e desperdícios (Sattler, 2006).

Além dos impactos primários aludidos, a fabricação dos materiais também resultam em consideráveis danos, a indústria cimenteira por exemplo, responsável pela geração de mais de 6% do total de CO₂ gerado (Brasil, 2007)

De uma forma geral, estes ciclos para a construção tentam aproximar a construção civil do conceito de desenvolvimento sustentável, entendido aqui como um processo que leva às mudanças na exploração de recursos, na direção dos investimentos, na orientação do desenvolvimento tecnológico e nas mudanças institucionais, todas visando à harmonia e ao entrelaçamento nas aspirações e necessidades humanas presentes e futuras. Este conceito não implica somente multidisciplinariedade, envolve também mudanças culturais, educação ambiental e visão sistêmica (AGOPYAN, 2000).

Conforme Barreto (2005), “a construção civil é uma indústria que produz grandes impactos ambientais, desde a extração das matérias-primas necessárias à produção de materiais, passando pela execução dos serviços nos canteiros de obra até a destinação final dada aos resíduos gerados, ocasionando grandes alterações na paisagem urbana, acompanhadas de áreas degradadas”.

Segundo (Kilbert, 1995, apud Schenini; Bagnati; Cardoso, 2004), “minimizar o consumo de recursos; maximizar a reutilização deles; usar recursos renováveis ou recicláveis; proteger o meio ambiente; criar um ambiente saudável e não tóxico e buscar a qualidade na criação do ambiente construído, representam fundamentos de uma postura sustentável”.

Segundo Tickell (2001), as cidades são como organismos que absorvem recursos e emitem resíduos.

2.4. Resíduos sólidos

2.4.1. Definição de resíduos sólidos

Definição segundo art. 3º da Política Nacional de Resíduos sólidos (2010):

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (PNRS. 2010)

Segundo a ABNT NBR 10004:2004, para efeito da norma aplica-se a seguinte definição:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em

equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT NBR 10004:2004)

2.4.2. Quanto a periculosidade dos resíduos sólidos

Segundo a ABNT NBR 10.004/2004, "A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido".

Ainda conforme a ABNT NBR 10.004/2004, para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

Tabela 03: Classificação de resíduos sólidos

Classe	Classificação
I	Resíduos perigosos
II	Resíduos não perigosos
II A	Resíduo não inertes
II B	Resíduos inertes

2.5. Resíduos da construção civil

Em 2 de janeiro de 2003, entrou em vigor a Resolução CONAMA 307 de 05 de julho de 2002, considerando sete aspectos ao estabelecer as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Tais aspectos são a seguir, através da Tabela 04, enumerados e transcritos integralmente conforme Resolução CONAMA 307/2002, com o objetivo de, conforme seu Art. 1º, "Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais".

Tabela 04: Aspectos considerados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente para estabelecer a CONAMA 307/2002 e atualizações.

1	A política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001
2	A necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil
3	Que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental
4	Que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas
5	Que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos
6	A viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental
7	Que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental

Posteriormente, a Resolução CONAMA 307/2002, foi alterada pelas Resoluções nº 348/04, classificando o Amianto como resíduo perigoso, nº 431/11, alterando a classificação do Gesso como resíduo passível de ser reciclado e ainda, complementada pela Resolução nº 448/12, alterando os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º

Assim, foram instituídas as linhas de base para o regramento do setor da construção civil, quanto ao tratamento adequado aos resíduos sólidos e efluentes produzidos não somente nas obras, mas, almeja-se, em todos os elos da cadeia produtiva.

2.5.1. Definição de resíduos da construção civil

Definição segundo art. 13º da Política Nacional de Resíduos sólidos (2010):

Resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (PNRS. 2010)

Segundo a Resolução CONAMA 307 de 5 de julho de 2002, Resíduos Sólidos da construção civil, são definidos da seguinte maneira:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como:

tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA 307/2002)

2.5.2. Classificação de resíduos da construção civil

Conforme a Resolução CONAMA 307 de 5 de julho de 2002, Resíduos Sólidos da construção civil, são classificados da seguinte maneira:

Tabela 05: Classificação dos Resíduos Sólidos segundo Resolução CONAMA 307/02

Classificação	Descrição
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção

2.6. Produção e gestão de resíduos sólidos da construção civil

Para Lunelli (2011), “Os padrões de consumo da sociedade atual provocam uma retirada de recursos do meio natural maior que sua capacidade de restauração e uma produção de resíduos maior que a sua capacidade de absorção”.

“A parcela que o entulho representa no total de Resíduos Sólidos Urbanos gerados diariamente nas áreas urbanas existentes em todo o planeta torna necessário o estabelecimento de um modelo de gerenciamento sustentável para esses resíduos”. (PINTO, 2001).

A geração de resíduos sólidos e a maneira como são produzidos contribuem negativamente com as estratégias de crescimento do país, denunciando a ineficiência dos processos produtivos e construtivos, portanto, conforme MATOS (2009), “O crescimento no consumo, associado a alguns fatores, tem elevado os níveis de perdas de materiais e consequentemente, geração de resíduos sólidos”.

É considerada como perda a quantidade de material sobre utilizada em relação às especificações técnicas ou às especificações de projeto, podendo ficar incorporada ao serviço ou transformar-se em resíduo. Dentre os tipos de perdas, quatro são destacadas por gerarem resíduos de construção civil: perda por transporte, processamento em si, estoque e elaboração de produtos defeituosos. (KARPINSKI, 2009).

Conforme Karpinski (2009), “A questão das perdas em processos construtivos vem sendo tratada de forma intensa no Brasil. A classificação adotada partiu do conceito das sete perdas de Shingo (1981), que foi adaptada para a construção civil [...]”.

A Tabela 06, reproduz conforme (Shingo 1981 apud Karpinski, 2009¹ p.38) o motivo e a descrição dos processos de perda de materiais:

Tabela 06: Principais causas das perdas de materiais

Perdas por superprodução
Referem-se às perdas que ocorrem por causa da produção em quantidades superiores às necessárias, como, por exemplo, produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho, excesso de espessura de lajes de concreto armado.
Perdas por espera
Relacionadas com a sincronização e o nivelamento do fluxo de materiais e as atividades dos trabalhadores, podem envolver tanto perdas de mão-de-obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais.
Perdas por transporte
Estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em razão de uma má programação das atividades ou de um <i>layout</i> ineficiente, como, por exemplo, tempo excessivo despendido no transporte em virtude de grandes distâncias entre os estoques e o guincho, quebra de materiais pelo seu duplo manuseio ou uso de equipamento de transporte inadequado.
Perdas no processamento em si
Têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na sua execução inadequada; decorrem da falta de procedimentos padronizados e da ineficiência nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão-de-obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos. São exemplos deste tipo de perdas: quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações, quebra manual de blocos em razão da falta de meios-blocos.
Perdas nos estoques

¹ KARPINSKI, Luisete Andreis *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009

Continuação da Tabela 06

Estão associadas à existência de estoques excessivos, em virtude da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros no orçamento, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a deposição; também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital como, por exemplo, custo financeiro dos estoques, deterioração do cimento por causa do armazenamento em contato com o solo e/ou em pilhas muito altas.

Perdas no movimento

Decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores durante a execução das suas atividades e podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso; falta de estudo de *layout* do canteiro e do posto de trabalho; falta de equipamentos adequados, etc. São exemplos deste tipo de perda tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho por causa da falta de programação de uma sequência adequada de atividades e esforço excessivo do trabalhador em função de condições ergonômicas desfavoráveis.

Perdas pela elaboração de produtos defeituosos

Ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados; geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo, da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final, como, por exemplo, falhas nas impermeabilizações e pinturas, descolamento de azulejos.

Fonte: (Shingo 1981 apud Karpinski, 2009 p.38), adaptada pelo autor

[...] no Brasil, os RCC podem representar de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos RSUs (Brasil, 2005b).

Conforme Vahan (2011), “Como consequência da grande massa de materiais manejada pela construção civil, agravada pelas elevadas perdas, o setor é um grande gerador de resíduos”.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, (IPEA), através do relatório de pesquisa do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, divulgado em 2012, fornece vários índices oficiais sobre a geração de RCC e sua composição dentro da cadeia construtiva. Tais índices podem ser observados nas Tabelas 07-08-09.

Conforme IPEA (2012), a pesquisa do SNIS (Brasil, 2010c), com base nos dados de 2008, identificou os municípios brasileiros¹ que coletam RCC diretamente ou por contratação de terceiros. A soma das quantidades coletadas nos municípios participantes da pesquisa pode representar uma estimativa de geração de RCC nacional. É importante esclarecer que estas quantidades não correspondem ao total de RCC gerados, mas apenas aos coletados. Ver Tabela 07.

Tabela 07: Estimativa de coleta de RCC por origem (2008)

Brasil	Quantidade coletada de RCC de origem pública (t/ano)	Quantidade coletada de RCC de origem privada (t/ano)
Amostra da pesquisa: 372 municípios	7.192.372,71	7.365.566,51

Fonte: IPEA (2012), SNIS (Brasil, 2010c).

Segundo IPEA (2012), “há possibilidade de geração de resíduos advindas de diversas fontes”, ver Tabela 08

Tabela 08: Fontes geradoras e componentes de RCC (Em %)

Componentes	Trabalhos rodoviários	Escavações	Sobras de demolições	Obras diversas	Sobras de limpeza
Concreto	48	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolo	-	0,3	6,3	12,0	5,0
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo-poeira-lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,6	-	1,6	1,0	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5
Papel-material orgânico	-	1,0	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: IPEA (2012), Levy (1997 apud Santos, 2009).

Ainda segundo IPEA (2012), “além dos dados quantitativos, para o diagnóstico da situação dos RCC, também é necessário conhecer a composição destes”. A tabela 09 apresenta uma caracterização dos materiais presentes nos RCC em obras no Brasil, segundo (IPEA, 2012).

Tabela 09: Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil (Em %)

Componentes	Porcentagem
Argamassa	63,0
Concreto e massa	29,0
Outros	7,0
Orgânicos	1,0
Total	100

Fonte: IPEA (2012), Silva Filho (2005 apud Santos, 2009).

2.6.1. Manejo, processamento e destinação final de resíduos sólidos da construção Civil

Estima-se que um valor médio de 0,50 t por habitante de RCC é gerado anualmente em algumas cidades brasileiras. Contudo, para maior representatividade, serão necessárias mais caracterizações para verificar esta estimativa também para municípios de pequeno porte (IPEA, 2012).

Segundo Pinto (1999. P. 45.) "Grande parte dos municípios brasileiros emprega ações corretivas em relação aos RCC, somente agindo após o acontecimento das disposições ilegais, realizando limpezas emergenciais dos locais atingidos".

No Brasil, constitucionalmente, é de competência do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2008, 61,2% das prestadoras dos serviços de manejo dos resíduos sólidos eram entidades vinculadas à administração direta do poder público; 34,5%, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização; e 4,3%, entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e consórcios. (IBGE, 2008)

Tarcísio de Paula Pinto e Juan Luís Rodrigo Gonzáles² apresentam a estimativa de geração de RCC discriminada por município e a correlação percentual com o total de resíduos gerados:

Tabela 10: Geração de Resíduos de Construção em Cidades do Estado de São Paulo

Geração de Resíduos de Construção em Cidades do Estado de São Paulo		
Município	Geração (ton/dia)	Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos
São Paulo	17.240	55%
Guarulhos	1.308	50%
Diadema	458	57%
Campinas	1.800	64%
Piracicaba	620	67%
São José dos Campos	733	67%
Ribeirão Preto	1.043	70%
Jundiaí	712	62%
São José do Rio Preto	687	58%
Santo André	1.013	54%

Fonte: PINTO; GONZALES (2005), adaptada pelo autor

² PINTO, Tarcísio de Paula; GONZÁLES, Juan Luís Rodrigo (coord.). **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, 2005, v. 1, p. 24. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/publicacao/125_publicacao014102009060137.pdf>. Acesso em 09 mar. 2014.

Segundo IPEA (2012) o PNSB (IBGE, 2010) revela informações importantes a respeito dos municípios com manejo de RCC, conforme os grupos de tamanho dos municípios e a densidade populacional. (Ver Tabela 11)

Tabela 11: Serviços de manejo de resíduos da construção e demolição em municípios, segundo seu tamanho e sua densidade populacional (2008)

Grupos	Total de municípios	Municípios com serviços de manejo de resíduos	Municípios com serviços de manejo de RCC	
			Absoluto	Porcentagem (%)
Brasil	5.564	5.562	3.985	71,65
Até 50 mil habitantes e densidade menor que 80 habitantes/km ²	4.511	4.509	3.338	74,03
Até 50 mil habitantes e densidade maior que 80 habitantes/km ²	487	487	328	67,35
Mais de 50 mil e menos de 100 mil habitantes e densidade menor que 80 habitantes/km ²	148	148	101	68,24
Mais de 50 mil e menos de 100 mil habitantes e densidade maior que 80 habitantes/km ²	165	165	77	46,67
Mais de 100 mil e menos de 300 mil habitantes e densidade menor que 80 habitantes/km ²	39	39	20	51,28
Mais de 100 mil e menos de 300 mil habitantes e densidade maior que 80 habitantes/km ²	135	135	69	51,11
Mais de 300 mil e menos de 500 mil habitantes	43	43	21	48,84
Mais de 500 mil e menos de 1 milhão de habitantes	22	22	19	86,36
Mais de 1 milhão de habitantes	14	14	12	85,71

Fonte: IPEA (2012), PNBS (IBGE, 2010).

Em relação as características do manejo de RCC demonstrada nos municípios distribuídos nas 6 regiões pesquisadas, de acordo com a PNSB (IBGE, 2010), dos 5.564 municípios brasileiros, 4.031 municípios (72,44%) apresentam serviços de manejo dos RCC. Contudo, apenas 392 municípios (9,7%) possuem alguma forma de processamento dos RCC. (IPEA 2012), ver Tabela 12.

Tabela 12: Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por existência e tipo de processamento dos resíduos, segundo as Grandes Regiões – 2008 (IBGE 2008)

Grandes regiões	Municípios							
	Total	Com serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição						
		Total	Existência e tipo de processamento dos resíduos					
			Total	Triagem simples dos resíduos de construção e demolição Reaproveitáveis (classes A e B)	Triagem e trituração simples Dos resíduos classe A	Triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica Dos agregados reciclados	Reaproveitamento dos Agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos	Outros
Brasil	5.564	4.031	392	124	14	20	79	204
Norte	449	293	29	5	-	-	6	18
Nordeste	1.793	1.454	178	38	4	6	32	118
Sudeste	1.668	1.272	109	50	7	12	25	38
Sul	1.188	639	54	24	3	2	14	16
Centro Oeste	466	373	22	7	-	-	2	14

Fonte: Adaptado de (IBGE,2008) - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

Nunes et al (2004, p. 2), avaliando os municípios que processam RCC, verificou que “A grande maioria dos municípios brasileiros, 4.960 de 5.507, manejavam os resíduos da construção civil de forma incorreta levando a causar sérios problemas ambientais e de saúde pública”.

Outro ponto preocupante e ligado à temática central deste trabalho, refere-se a prática da deposição irregular dos resíduos sólidos produzidos nas cidades, onde apesar dos progressos obtidos, verificasse a persistência do problema.

Neste sentido, cabe uma reflexão quanto à citação de PINTO (1999). “[...] o problema da deposição irregular não se encerra através de ações puramente corretivas”.

Inexistindo soluções para a captação dos RCD gerados nessas atividades construtivas, inevitavelmente, seus geradores ou os pequenos coletores que os atendem, buscarão áreas livres nas proximidades para efetuar a deposição dos resíduos. Havendo ou não

a aceitação da vizinhança imediata, essas áreas acabam por se firmar como sorvedouros dos RCD, num “pacto” local, atraindo, por fim, todo e qualquer tipo de resíduo para o qual não se tenha solução de captação rotineira. A inexistência de solução impõe a rotina da correção pela administração pública, num processo cíclico que não pode ser interrompido nos marcos da Gestão Corretiva. (PINTO, 1999).

A figura 03, denuncia uma situação crítica e comum aos centros urbanos em 2015, ou seja, 13 anos após serem criadas regras claras para o setor construção civil quanto ao manejo de RCC.

Figura 03: Fonte: Autor – Deposição irregular de RCC - Local: Bairro Parque dos Pinus, Ribeirão Preto – SP (Janeiro/2015)

Pinto (1999), completa o raciocínio dizendo que “A ampla facilitação do descarte, a diferenciação integral dos resíduos captados e a adoção da reciclagem como forma de valorização de resíduos constituem um útil e eficaz instrumental para controle dos resíduos de forma sustentável”.

A saúde pública também é diretamente afetada pelo descarte irregular de RCC, segundo Pinto (2005), “O acúmulo de RCD em local inadequado atrai resíduos não-inertes e, invariavelmente, torna-se abrigo para animais peçonhentos”.

Silva (2004) considera que “mesmo quando o entulho é depositado adequadamente, os mesmos provocam um impacto negativo à paisagem e ainda, o desperdício de espaços físicos urbanos”.

Leite (2003) alerta para o fato de que “a cadeia industrial produtora ou o próprio produtor, que de certa maneira agride o meio ambiente, deve se responsabilizar pelo seu produto até a decisão correta do seu destino após seu uso original”.

Nunes (2004), conclui que que “A grande maioria dos resíduos de construção e demolição no Brasil não é reciclado”.

Sobre a quantidade de resíduos gerados, Souza (2005), afirma que “[...] este desperdício representa em média 120 kg/m² de RCD por obra”.

2.6.2. Logística Reversa

Em 2 de agosto de 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pela Lei nº 12.305, regulamentada pelo Decreto Nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, dispondo sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Entre os princípios instituídos pela PNRS (2010), figura o instrumento da Logística Reversa, descrito da seguinte maneira:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação. (BRASIL,2010)

Em seu capítulo III, a PNRS (2010.p.27.) descreve a responsabilidade dos geradores e do poder público. Em seu art. 3º, parágrafo único, refere-se sobre a responsabilidade compartilhada no que diz respeito ao ciclo de vida dos produtos, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13: Objetivos da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (PNRS, 2010)

I	Compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis
II	Promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas
III	Reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais
IV	Incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade
V	Estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis
VI	Propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade
VII	Incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental

Fonte: (PNRS, 2010). Adaptada pelo autor

Leite (2002), apresenta de forma sintética uma evolução de definições da Logística Reversa, compilando citações de cinco autores.

Em (C.L.M., 1993, apud Leite, 2002.p.2) “Logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidos no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens [...]”.

Em (Stock, 1998, apud Leite, 2002.p.2) encontra-se a definição: “Logística Reversa: em uma perspectiva de logística de negócios, o termo refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura [...]”

Em (Rogers e Tibben-Lembke 1999, apud Leite, 2002.p.2) a Logística Reversa é definida como: “Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, do custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques de processo, produtos acabados e as respectivas informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar o seu destino”

A definição de Logística apresentada pelos autores (Dornier et al 2000, apud Leite, 2002.p.2) abrange áreas de atuação novas incluindo o gerenciamento dos fluxos reversos:

Logística é a gestão de fluxos entre funções de negócio. A definição atual de logística engloba maior amplitude de fluxos que no passado. Tradicionalmente as companhias incluíam a simples entrada de matérias-primas ou o fluxo de saída de produtos acabados em sua definição de logística. Hoje, no entanto, essa definição expandiu-se e inclui todas as formas de movimentos de produtos e informações [...]. (DORNIER et al 2000, apud LEITE 2002³)

(Bowersox e Closs 2001, apud Leite, 2002.p.2) apresentam, por sua vez, a ideia de “Apoio ao Ciclo de Vida”.

2.6.3. Sobre a utilização de subprodutos provenientes do processamento de resíduos da construção civil

Sob a ótica da preservação do meio ambiente, é consenso entre diversos autores o uso satisfatório de materiais reciclados.

O mercado da construção civil se apresenta como uma das melhores alternativas para consumir materiais reciclados, pois a atividade de construção é realizada em qualquer região, o que já reduz custos como o de transporte. Outro fator que deve ser salientado é que os materiais necessários para produção da grande maioria dos componentes de uma edificação não precisam de grande sofisticação técnica. O raio de alcance que o resíduo beneficiado pode ter é um ponto importante no conjunto da análise da possibilidade de sua reutilização. (BRAGA; PEREIRA; SOUZA; MEMEGUETTI, 2011)

Para Casanova (2008), “[...] os subprodutos (resíduos) podem ser utilizados satisfatoriamente para substituir materiais nobres e caros, economizar energia e salvaguardar o meio ambiente”.

³ LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa Nova Área da Logística Empresarial. 2002. SÃO PAULO, EDIT. PUBLICARE, 2002. p. 2

Conforme Ângulo; Zordan; John (2001) "A diminuição de riscos de impactos ambientais e a redução de custos na construção civil são fatores que tornam a reciclagem uma prática sustentável para o setor".

De acordo com Paula (2010), "a utilização de resíduos na produção de novos elementos deve configurar uma das práticas com o intuito de minimizar o uso indiscriminado de recursos naturais e a consequente escassez desse produto".

As pesquisas sobre materiais tem avançado significativamente nas últimas décadas, permitindo a utilização parcial o mesmo total de resíduos em determinadas composições não estruturais.

As vantagens na utilização de RCC em forma de agregados são consideráveis, porém, alguns aspectos determinam sua utilização, entre eles suas características heterogênicas. Zordan (2000), Zordan (2003) e Ferreira (2009) abordam esta questão, apresentando as características encontradas por eles, nos materiais analisados.

Zordan (2000), aponta entraves na aplicação de agregados reciclados:

Um entrave a aplicação de agregados reciclados de RCD, é a possível variabilidade de sua composição que apresenta diferentes percentuais de argamassa, concretos, materiais cerâmicos e outros (Gesso, asfalto, madeira, etc.) em massa e de outras propriedades, como granulometria, absorção de água e massa específica. Não se conhecem exatamente os efeitos que essa variação pode acarretar no desempenho dos produtos gerados pela reciclagem. (ZORDAM, 2000)

Zordan (2003), sobre as características físicas, dimensionais e ainda sobre a composição do RCD:

RCD se apresenta na forma sólida, com características físicas variadas, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção como a da areia e a da brita, como em formatos e dimensões irregulares como pedaços de madeira, argamassas, concretos, plásticos, metais etc. (ZORDAN, 2003).

Ferreira (2009), também descreve as características e os materiais constituintes dos resíduos sólidos da construção civil:

“Os principais resíduos são constituídos de pedras, tijolos, blocos, areia, cimento, argamassa, madeira, cal e ferro. Em menor escala são os rejeitos oriundos de restos de tintas, vernizes, fiação, restos de alumínio, tubulações de PVC e papel oriundos de embalagens e das atividades humanas nas obras. (FEREIRA et al., 2009)

Segundo Cavalcanti (2003), “O entulho que sai dos canteiros de obras é composto, em média, por 64% de argamassa, 30% de componentes de vedação, e 6% de outros materiais”.

Conforme Lima (2013); Silva (2007), “Existe uma gama muito grande de aspectos que interferem na quantidade, composição e características desse resíduo”.

Alguns obstáculos à utilização de material reciclável da construção civil são citados por Rao, Jha e Misra (2006).

- Não aceitação popular, pois a falta de conhecimento técnico da população dificulta a utilização de materiais de qualidade em função da sua origem;
- Falta de instalações apropriadas para a reciclagem pois para isso são necessários investimentos, mas devido a falta de estudos e conhecimento de consumidores não é possível prever retorno para investimentos, tornando-os não atrativos economicamente;
- Falta de tecnologias apropriadas, pois ainda não existem estudos suficientes sobre a possibilidade de utilização do agregado reciclado que garantam a segurança necessária;
- Falta de incentivo dos governos que não se interessam pelos problemas sociais e esperam até que estes estejam em situação

extrema para tomar providências, entre outros. (RAO, JHA e MISRA, 2006 apud LS Mariano, 2008⁴.p.31)

Quanto a utilização, Braga; Pereira, Souza; Meneguetti (2011), apontam alguns requisitos necessários na utilização de materiais reciclados, especificamente na composição de concretos.

Para viabilizar o uso do reciclado em concretos segundo, "é necessário que o material atenda a algumas especificações, de maneira a se tornar competitivo com o convencional. Embora as especificações variem de país para país, pode-se identificar exigências gerais a que qualquer agregado deve atender:

- Ser suficientemente resistente para o uso no tipo de concreto em que for usado;
- Ser dimensionalmente estável conforme as modificações de umidade;
- Não reagir com o cimento ou com o aço usado nas armaduras;
- Não conter impurezas reativas;
- Ter forma de partículas e granulometria adequadas à produção de concreto com boa trabalhabilidade. (BRAGA; PEREIRA; SOUZA; MEMEGUETTI, 2011)

Conforme GRIGOLI (2001), o entulho que uma obra produz, pode ser utilizado e consumido de forma reciclável dentro da própria obra.

2.6.3.1. Indicações de utilização do material agregado reciclado

Pinto (2000) indica os potenciais usos de agregados miúdos e graúdos provenientes da reciclagem de RCD:

- aterramento de valas e reconstituição de terreno;

⁴ LS MARIANO, Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com Reaproveitamento Estrutural: Estudo de Caso em Uma Obra com 4.000m². Dissertação de Mestrado Universidade Estadual do Paraná. 2008. P.38

- execução de estacas ou sapatas para muros com pequenas cargas;
- lastro e contrapiso em áreas comuns externas e passeio público;
- contrapiso e piso em abrigo de automóveis;
- contrapiso em ambientes internos nas unidades habitacionais;
- contrapiso ou enchimento em casa de máquinas e áreas comuns internas;
- sistema de drenagem em estacionamentos, poço de elevador e floreiras;
- vergas e pequenas colunas de concreto com baixa solicitação;
- assentamento de blocos e tijolos;
- enchimentos em geral em alvenarias, lajes desniveladas e escadarias;
- chumbamento de batentes, contramarcos e esquadrias;
- chumbamento das instalações elétricas, hidráulicas e de telefonia;
- revestimentos internos e externos em alvenarias.

Ainda quanto às especificidades de utilização de materiais recicláveis, a tabela 14 indica algumas aplicações em forma de agregado, inclusive alguns materiais nobres como a areia:

Tabela 14: Indicação de utilização do produto

Produto	Características	Indicação de uso
Areia	Dimensão máxima do material: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inferior a 4,8 mm Condicionantes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Isento de impurezas ▪ Proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Argamassa de assentamento ▪ Alvenaria de vedação ▪ Contrapiso ▪ Solo-cimento ▪ Blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco	Dimensão máxima do material: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inferior a 6,3 mm Condicionantes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Isento de impurezas ▪ Proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricação de artefatos de concreto ▪ Blocos de vedação ▪ Pisos Inter travados ▪ Manilhas de esgoto, mobiliário, entre outros.
Pedra brita (reciclada)	Dimensão máxima do material: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inferior a 39 mm Condicionantes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Isento de impurezas ▪ Proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricação de concreto não estrutural ▪ Utilização em obras de drenagem
Pedra brita (corrida)	Condicionantes: <p>Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, tais como blocos de concreto, materiais cerâmicos e outros</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obras de base e sub-base de pavimentação ▪ Reforço e subleito de pavimentos Regularização de vias não pavimentadas ▪ Nivelamento topográfico de terrenos. ▪ Aterros

Rachão	<p><u>Continuação da Tabela 14</u></p> <p>Dimensão máxima do material:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inferior a 150 mm <p>Condicionantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Isento de impurezas ▪ Proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. 	Obras de pavimentação, drenagem e terraplanagem.
--------	---	--

Fonte: (Revista Thecne apud SILVA 2014⁵) – adaptada pelo autor

2.6.4. Logística Reversa no setor da construção civil

A Resolução CONAMA 307/2002, em seu Art. 4º estabelece como um dos objetivos, a reutilização dos resíduos produzidos, pelos próprios geradores.

“Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final”. (CONAMA 302/2002)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicou um conjunto de Normas que tratam desde a instalação das recicladoras e respectivo recebimento dos resíduos, à distinção das características técnicas de cada material após seu processamento, tendo em vista sua correta aplicação, ver Tabela 14.

Tabela 15: Conjunto de Normas Técnicas destinadas à caracterização e utilização de agregados

Norma	Título
NBR 7218:1987 Atualizada: NBR7218:2010	Agregados – Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis
NBR NM 248:2003	Agregado – Determinação da composição granulométrica
NBR 15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15114:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Área da reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos

⁵ SILVA, Margarete Bernal de Lima. **NOVOS MATERIAIS À BASE DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) E RESÍDUOS DE PRODUÇÃO DE CAL (RPC) PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2014.

Continuação da Tabela 15	
NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos
NBR NM 45:2006	Agregados- Determinação da massa unitária e do volume de vazios
NBR NM 46:2003	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados
NBR 7211:2009	Agregados para concreto - especificação
NBR NM 52:2009	Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente

Sobre a má gestão de recursos materiais dentro dos limites da obra, esta pode ser mitigada, compreendendo que a Logística Reversa da Indústria de Construção Civil, abordado por NUNES, K.R.A.; MAHLER, C.F.; VALLE, R.A. Valle. (2009) em artigo publicado no *"Journal of Environmental Management"*, sob o título *"Reverse logistics in the Brazilian construction industry"*, "[...] é apenas um dos componentes dentro de um plano de gestão".

Assim descrevem seus autores, uma das vertentes possíveis dentro do processo, a "logística integrada":

"[...] como proposta mitigadora dos impactos ocasionados pela má gestão, há a proposta de logística integrada, onde os materiais entram na cadeia produtiva e antes de serem descartados, são reciclados e reutilizados ou simplesmente reincorporados ao ciclo".

Além de representar para as empresas a redução no passivo ambiental, o retorno ao ciclo construtivo dos resíduos já em forma de materiais passíveis de serem utilizados, pode representar uma relevante diminuição dos impactos sociais, minimizando a necessidade de novas áreas licenciadas para destinação final dos resíduos.

2.7. Centros de triagem e reciclagem de RCC

Para Jadoviski (2005) "[...] usina de reciclagem nada mais é que uma área na qual existe um espaço suficiente para estocagem de material (RSCD e seus agregados) bem como para instalação e acomodação dos maquinários que compõem as linhas de produção dos respectivos processos".

O mesmo autor complementa, afirmando que:

Uma usina bem projetada que apresente grande capacidade produtiva necessita de espaço para armazenamento do entulho, espaço para estocagem dos agregados, área para instalação do maquinário (britadores ou trituradores, peneiras, esteiras transportadoras, balança) bem como para a construção de um prédio administrativo, além de veículos pesados como caminhões e tratores para transporte de materiais. (JADOVISKI, 2005).

Para Miranda; Ângulo; Careli (2009) “[...] podem ser citadas pelo menos 47 usinas de reciclagem, sendo 24 públicas (51% do total) e 23 privadas (49% restante). Das 36 usinas que estão em operação ou em instalação, 15 (42%) são públicas e 21 (58%) são privadas.

Outro fator importante abordado pelos mesmos autores se refere a qualidade do material fornecido aos centros recicladores

A triagem em canteiros ainda beneficia a reciclagem nas usinas. Numa usina privada do Estado de São Paulo, inicialmente era utilizada mão-de-obra de triagem na quantidade de 1 funcionário para cada 50 m³/dia recebidos de RCD, composto de aproximadamente 90% de resíduo misto com cerâmica e até 10% de resíduos classe B. Após a implantação de uma regra na usina de se receberem somente resíduos mistos limpos ou resíduos de concreto, a necessidade de funcionários para triagem foi reduzida pela metade. (MIRANDA, ÂNGULO E CARELLI, 2009⁶).

Miranda; Ângulo; Careli (2009) expõem ainda algumas dificuldades sobre o panorama dos centros de reciclagem e afirmam que “Entre as 47 usinas implantadas no Brasil até 2009, inexistia controle da qualidade dos produtos fornecidos nelas, e 11 dessas usinas estão desativadas ou paralisadas”.

⁶ Idem 4

Figura 04: GRÁFICO: Fonte: (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI 2009⁷. P.7.) - Usinas de reciclagem de RCD classe A inauguradas ao longo dos anos

Nunes, K.R.A.; Mahler, C.F.; Valle, R.A. Valle. (2009) discorrem sobre as dificuldades encontradas na absorção dos resíduos produzidos:

[...] após estudos realizados em 14 unidades de reciclagem de materiais, observa que o desinteresse do setor privado, deixando a construção e operação destes centros, exclusivamente ao poder público, é um fator decisivo relacionado à inoperância constatada nos centros estudados, relacionando ainda esta pouca eficiência às particularidades regionais quanto aos fatores econômicos, custos de transporte, operação, a relação entre capacidade planejada e volumes de produção. Um dos caminhos indicados no estudo orienta os municípios a considerarem as experiências negativas quanto à gestão destes centros e aprimorar as experiências futuras principalmente em

⁷ MIRANDA, L. F.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre. 2009.

relação à escala de produção de materiais reciclados, levando-se em conta que o país não tem tradição em utilização do material produzido.⁸ (NUNES, K.R.A.; MAHLER, C.F.; VALLE, R.A. VALLE, 2009)

2.7.1. Características dos equipamentos utilizados nos centros de triagem e reciclagem de RCC

Em um modelo típico de maquinários utilizados nos centros de reciclagem, predominam as máquinas estacionárias de grande porte. A figura 05 representa segundo Lima (2013), uma ilustração esquemática dos circuitos típicos dos equipamentos utilizados no Brasil para reciclagem de RCC.

Figura 05: Circuito típico da indústria recicladora emergente como Brasil e China para produção de bica corrida e rachão - Lima, 2013

A figura 06 demonstra um equipamento estacionário de grande porte composto por centro alimentador, centro de britagem e esteira, menos complexo do que a ilustração apresentada na figura 08, porém, capaz de desempenhar a função de processamento dos resíduos Classe A.

⁸ NUNES, K.R.A.; MAHLER, C.F.; VALLE, R.A. Valle. *Reverse logistics in the Brazilian construction industry*. **Journal of Environmental Management**. 2009, p. 2.

Figura 06: Britador de Resíduos estacionário

Alguns equipamentos móveis, que dispõem de princípios de funcionamento semelhantes aos equipamentos estacionários, com capacidade para processamento contínuo de grandes quantidades de RCC, representam grande avanço para o setor da construção civil, uma vez que, por sua capacidade de locomoção processam os resíduos nos locais em que são gerados, facilitando a utilização dos agregados produzidos, na própria obra.

No entanto, como pode ser observado nas figuras 07 e 08, apesar de serem providos de certa mobilidade, considerando seu porte relativamente reduzido se comparados aos equipamentos estacionários, estes equipamentos móveis não são totalmente autônomos e dependem de transporte para transitarem entre os pontos geradores de resíduos sólidos.

Figura 07: Equipamento britador móvel e carreta transportadora

Figura 08: Equipamento não estacionário

2.7.2. Características dos materiais e mecanismos de britagem utilizados nos equipamentos destinados a reciclagem de RCC

Os elementos mecânicos que constituem os diferentes tipos de britadores, devendo se adequar à resistência do material a ser triturado. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), vinculado ao Governo do Estado de São Paulo aponta algumas características acerca das variáveis encontradas na resistência dos materiais transformados em resíduos através da ineficiência dos processos construtivos.

[...] os concretos (e alguns tipos de argamassa) os que normalmente têm maior resistência (com um valor teórico estimado de 20 MPa); enquanto que as argamassas (de revestimentos e assentamento de

blocos, em edificações) apresentam resistências baixas (valor teórico estimado de 5 MPa)". (IPT/ CEMPRE 2000, p. 187)

[...] um tijolo comum maciço pode ter resistência entre 3 e 6 MPa e, ladrilhos cerâmicos podem ser de alta durabilidade, com resistência a ácidos e tensão de ruptura elevada (IPT/ CEMPRE, 2000, p. 187).

Para Varela (2011), "Entre os inúmeros fatores que influenciam a escolha e, conseqüentemente, o desempenho dos equipamentos utilizados na britagem e moagem, encontram-se as características físicas das matérias-primas minerais, como a dureza, a abrasividade e a coesividade".

Segundo Zordan (1997) "as usinas de reciclagem geralmente usam equipamentos com maior capacidade, como por exemplo, britadores primários de impacto [...]".

Os mecanismos de britagem dos resíduos, apresentam características distintas com aspectos positivos e negativos relacionados a cada sistema, ver tabela 16, conforme Lima (1999).

Tabela 16: Informações básicas sobre os sistemas de britagem

Equipamentos de britagem	Funcionamento	Vantagens	Desvantagens
Britadores de impacto	Os resíduos são britados pelo choque contra martelos maciços e placas de impactos.	Processa peças de concreto e de madeira; Ótima redução das peças, gerando bom percentual de finos; Geração de grãos mais íntegros; Baixa emissão de ruídos.	Alto custo de manutenção, com substituição periódica dos martelos e das placas de impactos.
Britadores de mandíbula	Os resíduos são esmagados.	Menor custo de manutenção.	Empregados como britadores primários, pois geram alto percentual de grãos; Geração de grãos lamelares, que geralmente apresentam baixa qualidade; Dificuldades na britagem de peças em concreto armado e de peças robustas de madeira Alta emissão de ruídos.
Moinhos de martelo	Os resíduos são britados pelo choque contra martelos maciços e placas de impactos.	Alta geração de finos.	Empregados como britadores secundários, acompanhados de britadores de mandíbulas.

Fonte: Lima (1999), modificada pelo autor

2.7.2.1. Considerações sobre os britadores de mandíbula

Sobre as vantagens deste tipo de fragmentador de materiais, para Varela (2011), “Os britadores de mandíbulas e o giratório/cônico reduzem o material utilizando elevadas forças de compressão, o que torna estes equipamentos a escolha ideal para o processamento de materiais duros com resistência a compressão de até 400 Mpa”.

Dadas as características apresentadas por Corrêa, Cursino e Silva (2009), os britadores de mandíbula, apresentam vantagens significativas em relação ao baixo custo de manutenção e vida útil do material empregado, se contrapondo em alguns aspectos às características encontradas em outros tipos de britadores.

Usado para geração do material reciclado conforme diâmetro desejado para britar pedra de alta e média dureza. A capacidade de resistência à pressão é inferior a 200 Mpa, o que o torna adequado para britagem primária. O britador de mandíbula tem baixo custo de manutenção porque é projetado com aços-liga de alta resistência o que aumenta a vida útil do material. Sua montagem e desmontagem são muito fáceis, e as peças de reposição são encontradas no mercado nacional. Algo que outros britadores não possuem, a vida é longa, isto acontece pela lubrificação com graxa nos rolamentos e a vedação dos labirintos. (CORRÊA; CURSINO; SILVA 2009 p.3.)

A simplicidade dos materiais encontrados neste sistema de britagem representa outro ponto interessante a ser abordado, conforme Almeida; Figueira e Luz (2004) estes britadores “[...] são formados basicamente por uma estrutura de aço fundido sobre a qual são montadas duas mandíbulas em forma de V”.

Varela (2011), ratifica estas informações e aborda ainda a robustez e a difusão deste tipo de fragmentador de materiais

O britador de mandíbulas, provavelmente o tipo de britador mais difundido no mundo, também é um britador muito robusto, cujo princípio de britagem está baseado em forças de compressão. O material é britado entre uma mandíbula fixa e outra mandíbula móvel,

esta integrada a um volante. O sistema de acionamento deste equipamento é realizado por polias e correia em V. (VARELA, 2011)

A configuração apontada pelos autores citados, é demonstrada através da figura 09.

Figura 09: Conformação do triturador de mandíbulas (vista expandida).

Ainda conforme Almeida; Figueira e Luz (2004) “[...] As mandíbulas são também feitas de aço e revestidas com metal suficientemente resistente à operação, tal como o aço manganês”.

2.8. A importância do aprimoramento tecnológico como contribuição para a redução na geração de RCC

Carreteiro (2009) apud Oliveira (2010 p.20.⁹), afirma que “nas décadas de 1960 e 1970 registraram-se intenso avanço e expansão de novas tecnologias e a maturação de outras, forçando empresas, pessoas e nações à introdução de novos padrões de comportamento”.

⁹ CARRETEIRO, R. P. **Inovação tecnológica: como garantir a modernidade do negócio**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

Na busca de se estabelecer condições para desenvolvimento, Laudares (1996) alega que “O foco na busca pela sustentabilidade deve estar na invenção e não na inovação, invertendo a atual evolução dos conhecimentos e meios de produção, que caminham da invenção para a inovação”.

Ainda na década de 1990, Certo e Peter (1993, p. 38), abordam a importância do desenvolvimento tecnológico, afirmando que: “de todos os fatores capazes de alterar as regras da competição, a mudança tecnológica está entre os mais importantes”.

Para Beck (2010, p.28-33), “O conhecimento não mais se encontra em laboratórios, mas sim no cotidiano; enfim, como característica elementar desta sociedade está a produção de riscos gerados pelo próprio homem que repercute negativamente em seu bem estar”.

A necessidade na aquisição de novos materiais, considerando que o setor da construção civil consome grandes quantidades de matérias primas não renováveis, deve ser objetivo comum à todas as empresas do setor. A diminuição na geração de resíduos, é resultante da eficiência dos processos produtivos de toda a cadeia.

Segundo Dorsthorst e Hendriks (2000), “[...] na verdade, sabe-se que ações isoladas não irão solucionar os problemas advindos por este resíduo e que a indústria deve tentar fechar seu ciclo produtivo de tal forma que minimize a saída de resíduos e a entrada de matéria-prima não renovável”.

Neste sentido o aprimoramento das tecnologias existentes aliada à outros fatores, pode resultar em uma grande contribuição para o setor da construção civil.

Especificamente sobre a adoção de novas tecnologias como fator complementar, Galbiati (2005) aborda a interação de alternativas com o objetivo de diminuir os desperdícios:

A sustentabilidade ambiental e social na gestão dos resíduos sólidos constrói-se por meio de modelos e sistemas integrados que possibilitam a redução dos resíduos gerados pela população, com a implantação de programas que permitem também a reutilização desse material e, por fim, a reciclagem, para que possam servir de

matéria-prima para a indústria, diminuindo o desperdício e gerando renda (GALBIATI, 2005).

2.9. Sustentabilidade na Construção Civil e a participação do Arquiteto e Urbanista

As etapas de concepção e projeto são fundamentais no processo pela busca de melhores índices de desempenho, representando importantes etapas da produção de novos empreendimentos.

As opções de implantação, a escolha dos processos construtivos mais eficientes e adequados ao tipo de obra, materiais a serem utilizados, considerando inclusive a aproximação entre a cadeia de produção e consumo, e o planejamento quanto as fase de operação e desmonte, são apenas alguns dos aspectos relevantes e essenciais à participação de Arquitetos, Urbanistas e Engenheiros, no sentido de se obter maiores níveis de eficiência.

“Sustentabilidade em arquitetura é a atitude de todos os agentes envolvidos no sistema de produção arquitetônica, em especial do profissional arquiteto, focada na busca com soluções para conservação de recursos e com menores impactos ambientais decorrentes da intervenção em todas as fases de produção, do projeto à obra, do uso à manutenção, da extensão da vida útil ao descarte da edificação” (AMODEO, 2008).

Crescer com qualidade, obtendo um salto não somente quantitativo, atendendo ainda às injunções contemporâneas que influenciam o desenvolvimento, demanda do setor maiores esforços, principalmente se acrescentarmos a esse novo perfil de crescimento, as imposições legais, sociais, e ambientais. Como barreira ao crescimento organizado existe a deficiência técnica e tecnológica, típicas de países em desenvolvimento, onde por décadas se negligenciou maiores investimentos em ciência, tecnologia e educação.

3. Materiais e Métodos

Tendo em vista como resultado final e objetivo precípua deste trabalho o desenvolvimento do projeto de um equipamento britador de resíduos sólidos da construção civil, os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa foram divididos em 4 etapas, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17: Metodologia Desenvolvimento da pesquisa	
1	Características dos processos de geração de RCC Características do RCC gerado Resultados: Características do RCC gerado
2	Avaliação do processo de geração do resíduo sólido Classe A. Análise dos resíduos Classe A fornecidos por empresa recicladora, como agregado
3	Estudos preliminares Conceitos do equipamento Apresentação dos anteprojetos Projeto: Britador de resíduos sólidos da construção civil: Equipamento móvel de pequeno porte Programa de necessidades Detalhamento dos componentes mecânicos e projetos Análise do projeto
4	Conclusões e recomendações

3.1. Características dos processos de geração de RCC

Os procedimentos de caracterização foram realizados durante a fase de implantação do Cemitério Horizontal Parque Jardins dos Girassóis, localizado no município de Ribeirão Preto.

As análises foram realizadas em parceria com o Arquiteto e Urbanista Flávio Cesar Mirabelli Marchesoni, com vistas à obtenção da Licença de Operação do Empreendimento.

A Obra avaliada dispõe de 1.600,00 m² de área edificada com características construtivas convencionais, onde poucos elementos industrializados foram utilizados.

Os empreendedores se utilizaram de empresas e equipes terceirizadas em todos os setores da obra.

Relato fotográfico dos processos de geração de RCC

Figura 10: Inconformidades na acomodação primária dos materiais no canteiro de obras

Figura 11: Blocos cerâmicos novos, acomodados na pilha de entulhos.

Este cenário de desperdícios de materiais novos se dá com a mesma intensidade em obras de infraestrutura, onde diversas peças novas são consideradas rejeitos em função de quebras, fissuras ou mesmo sobras destes materiais, conforme Figura 12.

Figura 12: Tubulação de água pluvial disposta como rejeito

Figura 13: Empilhamento de materiais de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.

Figura 14: Desperdício verificado na aplicação do reboco

Figura 15: Argamassa utilizada como meio de correção da imperfeição do prumo das paredes

Figura 16: Materiais novos, quebrados durante o processo de implantação da rede de água pluvial.

3.1.1. Características do RCC gerado

Para gerar compreensão sobre os materiais que são encaminhados como resíduos aos centros de reciclagem foi analisado uma caçamba de 3m³, habitualmente utilizada por transportadores e disponibilizada aos geradores de resíduos, conforme imagem 17.

Os resíduos analisados neste estudo foram cedidos pela empresa Leva já Caçambas, localizada no município de Ribeirão Preto. Quanto à origem da caçamba, observa-se que os resíduos são provenientes da obra avaliada. A distância percorrida entre o gerador dos resíduos produzidos e a empresa recebedora licenciada é de aproximadamente 14 Km.

Todos os resíduos foram separados, conforme sua classificação determinada pela Resolução CONAMA 307/2002, em seguida foram pesados em uma balança de plataforma, com vistas à determinar a composição gravimétrica dos materiais, definindo os percentuais da massa de cada um dos componentes dos resíduos analisados.

As figuras 17 a 24 apresentam o levantamento quali-quantitativo efetuado em um recipiente de 3m³ conhecido como caçamba de resíduos.

Relato fotográfico do material analisado

Figura 17: Caçamba avaliada nos levantamentos (3m³)

Figura 18: Separação do Material Classe A

Figura 19: Separação do Material Classe B (Plásticos)

Figura 20: Separação do Material Classe B (Papeis)

Figura 21: Materiais Orgânicos

Figura 22: Alguns tipos de materiais novos

Figura 23: Separação de pisos e revestimentos

Figura 24: Revestimentos encontrados (6,4m²)

3.1.2. Resultados: Características do RCC gerado:

Tabela 18: Identificação, classificação, peso e percentual dos resíduos identificados

Identificação dos resíduos		Classificação	Quantificação	
			kg	%
1	Argamassas	A	591,00	70,57
2	Materiais cerâmicos e elementos de concreto	A	20,00	2,39
3	Materiais novos ¹⁰	A	61,00	7,28
4	Embalagens de papelão	B	21,00	2,51
5	Vidros, PVC, arames, lâmina de estilete	B	2,00	0,24
6	Lona plástica	B	14,00	1,67
7	Embalagens plásticas (PET)	B	1,00	0,12
8	Madeiras	B	2,50	0,30

¹⁰ Materiais novos – Elementos que não foram utilizados.

	Continuação da Tabela 18			
9	Papéis	B	32,50	3,88
10	Gesso	B	2,50	0,30
11	Materiais Contaminantes ou contaminados ¹¹	D	39,00	4,66
13	Outros elementos ¹²	Outros	51,00	6,09
	Total	-	837,50	100,00

Tabela 19: Quantidade e percentual de materiais constituintes, considerando a sua respectiva classificação conforme determina a Resolução CONAMA 307/02 e atualizações (Resíduos Classe A)

Materiais identificados (Resíduos CLASSE A)		Quantificação	
		kg	%
1	Argamassas	591,00	87,95
2	Materiais cerâmicos e elementos de concreto	20,00	2,98
3	Tijolos, pisos cerâmicos	4,00	0,60
	Peças de Ardósia	57,00	8,48
Total		672,00	100,00

Tabela 20: Quantidade e percentual de materiais constituintes, considerando a sua respectiva classificação conforme determina a Resolução CONAMA 307/02 e atualizações (Resíduos Classe B)

Materiais identificados (Resíduos CLASSE B)		Quantificação	
		kg	%
4	Embalagens de papelão	21,00	27,81
5	Vidros, PVC, arames, lâmina de estilete	2,00	2,65
6	Lona plástica	14,00	18,54
7	Embalagens plásticas (PET)	1,00	1,32
8	Madeiras	2,50	3,31
9	Papéis	32,50	43,05
10	Gesso	2,50	3,31
Total		75,50	100,00

Tabela 21: Quantidade e percentual de materiais constituintes, considerando a sua respectiva classificação conforme determina a Resolução CONAMA 307/02 e atualizações (Resíduos Classe D)

Materiais identificados (Resíduos CLASSE D)		Quantificação	
		kg	%
11	Tintas e massas para vidro	20,00	51,28
12	Latas de tintas, massa corrida, solvente	19,00	48,72
Total		39,00	100,00

Tabela 22: Quantidade e percentual de Materiais Constituintes sem classificação específica na Resolução CONAMA 307/2002 (Outros elementos)

Materiais identificados		Quantificação	
		kg	%
13	Tecidos	18,00	35,29
	Embalagens térmicas (isopor)	0,50	0,98
	Resíduos orgânicos (folhas e alimentos)	32,50	63,73
Total		51,00%	100,00

¹¹ Materiais contaminados – Resíduos impregnados por Compostos Voláteis Orgânicos

¹² Outros elementos – Resíduos que não se enquadram na classificação CONAMA 307/2002

Tabela 23: Quantidade e percentual dos resíduos identificados nas avaliações (Totais)

Materiais identificados	Quantificação	
	kg	%
Resíduo Classe A	672,50	80,25
Resíduo Classe B	75,50	9,01
Resíduo Classe C	0,00	0,00
Resíduo Classe D	39,00	4,65
Outras tipologias de resíduos	51,00	6,09
Total	838,00	100,00

Tabela 24: Possibilidade de reciclagem dos resíduos identificados nas avaliações

Materiais identificados	Quantificação	
	kg	%
Material reciclável	748,00	89,26
Material não reciclável	39,00	4,65
Material parcialmente reciclável	51,00	6,09
Total	838,00	100,00

3.2. Avaliação do processo de geração do resíduo sólido Classe A.

Tendo em vista os resultados apresentados através Tabela 23, onde 80,25% dos resíduos oriundos do processo construtivo da obra avaliada são compostos por resíduo Classe A, houve um aprofundamento nas investigações sobre as práticas construtivas que transformam este material novo em rejeitos.

Foram investigados a origem dos resíduos identificados, os métodos utilizados no processo de aplicação dos materiais novos, e o processo pelo qual estes materiais novos se tornam rejeitos.

Conforme a Tabela 25, os resíduos Classe A encontrados são caracterizados e quantificados da seguinte maneira:

Tabela 25: Resíduos Classe A identificados nas avaliações

Caracterização dos resíduos		Quantificação	
		kg	%
1	Argamassas	591,00	87,94
2	Materiais cerâmicos e elementos de concreto	20,00	2,97
3	Materiais novos ¹³	61,00	9,09
Total		672,00	100,00

¹³ Materiais novos – Elementos que não foram utilizados.

Adotou-se portanto, três linhas de investigação acerca dos processos de perda, que são apresentadas a seguir, em alusão direta à obra analisada e às características nela encontradas.

Procedimentos avaliados

- a) Aplicação de argamassa
- b) Encaminhamento de materiais novos em forma de rejeitos (materiais cerâmicos e elementos de concreto)

a) Aplicação de argamassa

Os levantamentos foram realizados conforme demonstrado nas imagens 21 a 29, através de um processo que envolveu:

- A. Pesagem do material a ser aplicado
- B. Verificação do rendimento por área de aplicação
- C. Recolhimento e material sem aderência
- D. Quantificação do material sem aderência

Relato fotográfico – Aplicação de argamassa

Figura 25: Pesagem do material a ser aplicado (Quantificação do material aplicado inicialmente)

Figura 26: Pesagem do material a ser aplicado (Peso da lata de 18 lts (cheia) – 23,900 kg)

Figura 27: Pesagem do material a ser aplicado (Peso líquido do material 21,000 kg)

Figura 28: Verificação do rendimento por área de aplicação (Local de aplicação)

Figura 29: Verificação do rendimento por área de aplicação (Início do procedimento de aplicação do material)

Figura 30: Verificação do rendimento por área de aplicação (Medição da área de cobertura (material com aderência))

Figura 31: Recolhimento e pesagem do material sem aderência (Raspagem das lonas para o recolhimento do material sem aderência)

Figura 32: Recolhimento e pesagem do material sem aderência (Material sem aderência recolhido para pesagem)

Figura 33: Quantificação do material sem aderência

Tabela 26: Quantidade de argamassa desperdiçada durante o processo de aplicação

Pesagem do material aplicado	
Peso líquido/recipiente	2,90 Kg.
Peso bruto/recipiente	23,90 Kg.
Peso líquido do material aplicado	21,00 Kg.
Verificação do rendimento por área de aplicação	
Área de aplicação	2,40 m ²
Quantificação do material sem aderência	
Material sem aderência	3,60 kg.
Percentual de material sem aderência (Resíduo)	17,14%

b) Encaminhamento de materiais novos em forma de rejeitos (materiais cerâmicos e elementos de concreto)

O procedimento de verificação adotou uma contagem das peças cerâmicas parcialmente enterrados ou sub utilizados em outras funções, peças que se encontravam fora das pilhas originais para uso nos postos de trabalho e peças dispostas aleatoriamente pelo canteiro de obras.

Na obra avaliada, estes três fatores se demonstravam ser os principais motivos para que estes materiais, após a limpeza do canteiro de obras e finalização das etapas construtivas fossem encaminhados às caçambas já como rejeitos.

Relato fotográfico – perda de materiais novos

Figura 34: Peças cerâmicas utilizadas para regularização da altura do andaime

Figura 35: Recolhimento e formação de pilhas para contagem dos Tijolos inteiros, ou partes em condições de uso que se encontravam espalhados pelo canteiro de obras

Figura 36: Recolhimento e formação de pilhas para contagem dos elementos de concreto inteiros ou partes, em condições de uso que se encontravam espalhados pelo canteiro de obras

Tabela 27: Quantidade de peças cerâmicas ou elementos de concreto com uso ou armazenamento inadequado

Materiais cerâmicos	
Peças sub utilizadas ou utilizados em outras funções	329 unidades
Peças espalhadas pelo canteiro de obras	2.183 unidades
Elementos de concreto	
Peças espalhadas pelo canteiro de obras	2.176 unidades
Material cerâmico + Elementos de Concreto - Total	4.688 unidades

3.2.1. Análise do resíduo sólido Classe A, fornecido por empresa recicladora, como agregado

Os resíduos Classe A analisados foram fornecidos pela empresa Reciclax Reciclagem de Resíduos da Construção Civil Ltda, localizada a rodovia Antonio Machado Sant'anna, SP 255 - KM 16,5 no município de Ribeirão Preto.

As análises foram realizadas pelo Laboratório de Construção Civil do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos SP, conforme apêndice.

Os resíduos Classe A avaliados, Segundo Resolução CONAMA 307/2002, são determinados como "resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, provenientes dos seguintes processos":

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

Os ensaios de caracterização de agregados foram realizados observando-se os procedimentos das Normas Técnicas descritas através da Tabela 28.

Tabela 28: Normas utilizadas

NBR 7218	Agregados - Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis
ABNT NBR NM 45	Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
NBR NM 46	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados
ABNT NBR NM 52	Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente
ABNT NBR 7211/2009	Determinação do Teor máximo de material pulverulento

Relato fotográfico do material analisado

Figura 37: Material Classe A analisado

Figura 38: Pesagem dos agregados

Figura 39: Peneiramento dos agregados

Figura 40: Caracterização do material

Figura 41: Separação e pesagem dos materiais
(Fonte: Autor).

3.2.2. Resultados das análises dos resíduos Classe A

3.2.2.1. Agregados – Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis – NBR 7218

Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis da Amostra do Agregado Miúdo:
4,4%

Tabela 29: Resultado: Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis

Agregado – Resíduo de Construção Civil			Média (%)
1 - 200 g - 194,6 =	5,4 g	2,7 %	4,4
2 - 200 g - 191,1 =	8,9 g	4,5 %	
3 - 200 g - 188,0 =	12,0 g	6,0 %	

3.2.2.2. Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados - NBR NM 46

Conforme ABNT NBR 7211/2009 – Teor máximo de material pulverulento – 3% para concretos submetidos à desgaste superficial e 5% para concretos protegidos do desgaste superficial.

Tabela 30: Resultado: Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados

Agregado – Resíduo de Construção Civil	Materiais Pulverulentos (%)	Media (%)
Determinação 1	7,1	7,1
Determinação 2	7,2	

3.2.2.3. Agregado Miúdo – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios - NBR NM 45

Tabela 31: Resultado: Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios

Massa Unitária Estado Solto	1,11 kg/l
Massa Unitária Compactada	1,20 kg/l

3.2.2.4. Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica - NBR NM 52

Tabela 32: Resultado: Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica aparente

Massa Específica	2,39 kg/l
------------------	-----------

3.3. Estudos preliminares

Os estudos preliminares efetuados na etapa de desenvolvimento do projeto foram realizados tendo em vista reunir os elementos fundamentais para que o equipamento proposto adquirisse as capacidades mecânicas e funcionais necessárias à contribuição no gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes das atividades de construção e demolição.

Assim, para haver efetividade nesta contribuição, observou-se prioritariamente a possibilidade de aproximação entre o local de geração do resíduo e seu respectivo processamento, reduzindo a necessidade de transportar os resíduos para os centros de reciclagem, e consequentemente facilitando a sua reutilização, uma vez que os mesmos, sendo britados na própria obra e transformados em materiais passíveis de serem reincorporados ao ciclo construtivo podem ser reutilizados desde que atendam às recomendações de uso prescritas através das Normas Técnicas descritas na tabela 15.

Para maior compreensão dos procedimentos a serem adotados no desenvolvimento do projeto, os trabalhos foram norteados por um conjunto de conceitos, e posteriormente pela elaboração do programa de necessidades.

3.3.1. Conceitos do equipamento

Alguns conceitos foram aplicados na concepção do equipamento, dando origem ao programa de necessidades. Este trabalho adota portanto, 7 princípios conceituais fundamentais para o desenvolvimento do projeto:

3.3.1.1. Tamanho reduzido

Dimensionar o porte do equipamento, caracterizando-o como mais uma ferramenta apropriada a gestão das rotinas do canteiro de obras, sem que o mesmo seja compreendido por gestores e operários como um elemento externo, e sim como um equipamento incorporado as necessidades diárias.

3.3.1.2. Portabilidade e mobilidade

Apropriar seu funcionamento à necessidade de locomoção entre os pontos geradores de resíduos dentro da obra, sem que haja necessidade de ser transportado por outro veículo.

3.3.1.3. Facilidade no transporte externo

Apropriar o seu porte e peso às características de transportadores de cargas leves, quando houver necessidade de locomoção para fora dos limites das obras.

3.3.1.4. Baixo custo de fabricação e reposição de peças

Utilização de materiais constituintes, peças e elementos de máquina consagrados e de fácil reposição.

3.3.1.5. Simplicidade no funcionamento

Fácil compreensão do funcionamento por parte dos operadores.

3.3.1.6. Redução na emissão de ruídos

Uma vez que o equipamento terá como área de trabalho o ambiente urbano, deve-se criar dispositivos ou meios de amortização dos impactos sonoros ocasionados pelo seu funcionamento.

3.3.1.7. Controle na emissão de materiais particulados

Uma vez que, como foi dito, o equipamento terá como área de trabalho o ambiente urbano, deve-se criar dispositivos ou meios de redução na emissão de pó ou qualquer outro tipo de material particulado, fruto do seu funcionamento.

3.3.1.8. Segurança

Dispositivos de proteção devem ser projetados no corpo do equipamento com vistas à manutenção da segurança dos operadores e do entorno.

3.3.2. Apresentação dos ante projetos

A evolução do equipamento é demonstrada através das figuras 43 a 48, onde são apresentados três modelos representando a evolução dos estudos projetuais:

3.3.2.1. Modelo 01

Este ante projeto representa as intenções iniciais dos estudos, primando pela simplicidade no funcionamento, com motor, polias, redutores, rodas e centro triturador instalados sobre uma estrutura metálica tubular, com pernas retrateis que após dobradas transformariam o conjunto em uma caixa metálica de fácil transporte entre os pontos geradores de resíduos da obra, ver figuras 43 e 44.

As dificuldades encontradas no desenvolvimento deste projeto, em síntese, relacionaram-se principalmente a duas circunstâncias que limitaram sua continuidade, porém indicaram as necessidades a serem atendidas em um segundo estudo projetual:

- a) Contraposição entre o peso dos componentes mecânicos e a fragilidade estrutural do chassi.
- b) Comportamento dinâmico dos rolos trituradores em funcionamento apontando para o possível desequilíbrio nas funções estruturais do equipamento.

Figura 42: Modelo – 01 - Conjunto de imagens referentes ao desenvolvimento do equipamento – posição do motor – articulações do eixo e dimensões do chassi

Figura 43: Modelo – 01 - Conjunto de imagens referentes ao desenvolvimento do equipamento – posição das polias

3.3.2.2. Modelo 02

Após as avaliações das dificuldades encontradas no desenvolvimento do modelo 01, este ante projeto apresenta avanços significativos:

- a) A linguagem visual se aproxima ao de uma “betoneira”, ver imagens 45, 46 e 47, equipamento cuja compreensão é difundida nos canteiros de obra entre a maioria dos operários, teoricamente facilitando sua operação, uma vez que os princípios de funcionamento são semelhantes, ou seja, depositar um determinado material em uma abertura de alimentação e posteriormente coletá-lo para uso.
- b) O sistema de sustentação, agora em forma de tripé, sustentado por duas colunas, compostas por chaparias de aço mais robustas, aprimora a relação de equilíbrio do equipamento.
- c) Toda a operação de britagem do material é efetuada internamente ao equipamento, oferecendo maior proteção aos operadores, colaborando com a redução dos ruídos e oferecendo maiores condições de controle na emissão de materiais particulados.
- d) O transporte interno entre os pontos de geração de resíduos na própria obra é facilitado através de duas rodas fixas e uma com direcionamento móvel.

Porém, apesar dos avanços descritos, a execução do equipamento a partir da ideia original de fragmentação dos resíduos, composta por sistemas de trituração de rolos se tornou impraticável, sob dois aspectos:

- a) Considerando as características do sistema de trituração por rolos compostos por 12 (doze) fileiras de dentes, ver imagem 46, a necessidade de torque mínimo necessário situa-se na faixa de 50.000N.m. (necessário para rompimento de rochas basálticas, material que compõe concretos usualmente utilizados) o que requer equipamentos de tecnologia de fabricação especial, e custo elevado e optar pela continuidade deste sistema de britagem por rolos distanciaria o desenvolvimento do projeto do conceito de “baixo custo de fabricação e reposição de peças”.

- b) Outro fator determinante para o aprimoramento dos trabalhos e consequente desenvolvimento de outro modelo, relaciona-se ao peso do equipamento moto redutor coaxial, cujo modelo que mais se aproxima do desejado é fabricado pela empresa Weg S/A, dispõe de força equivalente a 18.000N.m, (capacidade de torque estimada em 36% da necessária) e pesa 714,00kg ou seja, mais do que o triplo desejado para a equipamento britador completo.

Figura 44: Modelo – 02 - Conjunto de imagens referentes ao desenvolvimento do equipamento – Dimensões – Conjunto britador de rolos – Detalhamento do rolo britador

Figura 45: Proposta para o modelo 02 - Sistema de fragmentação composto por triturador de rolos

Figura 46: Modelo – 02 - Desenvolvimento do equipamento – Vista explodida e quadro de elementos da máquina

3.3.2.3. Modelo 03

Este novo modelo, ver figuras 48 e 49, manteve os avanços conquistados no ante projeto anterior, porém alguns desafios apresentados necessitaram de maior reflexão e estudos, principalmente em relação a definição do novo sistema de fragmentação dos resíduos, entretanto os resultados apresentados abaixo se demonstraram satisfatórios em relação ao atendimento dos conceitos estabelecidos:

- a) O equipamento adotou como alternativa para redução no peso geral do equipamento, britadores de mandíbulas, que trabalha com dois movimentos principais, a oscilação, gerada pelo eixo excêntrico e o balanço (movimento de arco simples) produzido pela bieleta. Ambos provocam o movimento combinado de mandíbula.

Este sistema exclui a necessidade implantar mecanismos redutores, essenciais ao funcionamento do sistema anterior.

- b) Uma vez que o britador de mandíbulas será instalado internamente, na carcaça inferior do equipamento, portanto em ambiente sujeito a pó, são utilizados rolamentos blindados livres de lubrificação periódica, considerando que dentro da vedação do rolamento há lubrificante suficiente para a vida útil do mesmo.
- c) As placas de impacto do britador de mandíbulas são removíveis, de forma que possam ser trocadas apenas a superfície de desgaste.
- d) A estrutura do equipamento trouxe a oportunidade de simplificação na construção do equipamento, utilizando menor número de peças.
- e) O motor é acoplado ao sistema de britagem, preso por flange diretamente na carcaça proporcionando firmeza e facilidade na manutenção.

Figura 47: Modelo – 03 - Desenvolvimento do equipamento – Elementos da máquina e perspectiva e britador de mandíbula

Figura 48: Modelo – 03 - Desenvolvimento do equipamento – Vista explodida

3.4. Projeto: Britador de resíduos sólidos da construção civil: Equipamento móvel de pequeno porte.

O maior desafio encontrado no desenvolvimento do projeto consistiu em adequar o porte da máquina às necessidades de britagem em pequena escala.

Para tanto, houve a necessidade de organizar e aplicar as informações obtidas através dos levantamentos bibliográficos, avaliações e análises descritas no estudo, essenciais ao desígnio dos elementos mecânicos e materiais apropriados à construção do equipamento.

Alguns aspectos relevantes contribuíram para a redução do porte do equipamento proposto em relação aos equipamentos tradicionalmente utilizados pelos centros recicladores, que destinam-se à britagem em larga escala com centros alimentadores de grandes dimensões, assim, a proposta de atender as necessidades de uma única obra, dispondo de pontos específicos de geração, permite a redução no porte do equipamento adequando-o a escala diminuta, dispondo porém, dos mesmos princípios de funcionamento.

3.4.1. Programa de necessidades

O objetivo desta fase do trabalho consiste em demonstrar as soluções encontradas para o atendimento das necessidades físicas, funcionais e conceituais do equipamento britador. A tabela 33 demonstra os objetivos atendidos, parcialmente atendidos e não atendidos após os estudos que levaram à elaboração do projeto final.

Tabela 33: Demonstrativo de necessidades e conceitos atendidos

Conceito	Descrição	Atendido	Parcialmente	Não atendido
Porte reduzido	Possa atender pontualmente a obra sem a necessidade de transporte dos resíduos para os centros de triagem	X		
Portabilidade	Possa ser transportado entre obras sem que haja necessidade de utilizar veículos de grande capacidade de carga – Peso reduzido	X		
Pertencimento	Adquirir o formato de maquinários já consagrados nos canteiros de obra	X		
Fácil compreensão	Ser dotado de operacionalidade similar à dos maquinários comumente utilizados nos canteiros de obra	X		
Mobilidade	Adquirir autonomia entre os pontos geradores de resíduos		X	
Facilidade - industrialização	Utilizar-se de elementos minimamente necessários ao funcionamento. Adquirir formato, design, materiais e elementos de fácil industrialização	X		
Facilidade -Reposição	Utilizar-se de elementos de máquina facilmente encontrados no mercado	X		
Leveza	Composição de materiais que atendam a necessidades de resistência, e confirmem leveza à máquina		X	
Robustez	Dotar o equipamento de força mecânica e resistência estrutural	X		
Equilíbrio	Estabilidade estrutural	X		
Contensão de materiais particulados	Reter parte da emissão de poeira do processo de britagem		X	
Contensão de ruídos	Abafar parte dos ruídos provocados pelo processo de britagem			X
Matriz energética limpa	Não utilizar combustíveis fósseis	X		
Segurança	Projetar dispositivos de proteção do operador e entorno		X	

3.4.1.1. Descrição funcional e material do equipamento

- a) O equipamento é composto essencialmente por materiais e componentes mecânicos necessários ao funcionamento.
- b) Dimensões do equipamento: altura 1364,74mm, largura 1492,79mm profundidade 800,00mm.
- c) Peso total do equipamento, considerando a massa de todos os elementos mecânicos, excetuando-se os elementos de fixação, anéis elásticos e correia: 393,663Kg
- d) A capacidade de armazenamento primário dos resíduos, acomodados na carcaça superior do equipamento é de $0,10933\text{m}^3$, aproximadamente 110 litros, quantidade esta dimensionada de acordo com o volume de carregamento de uma carriola convencional.
- e) A abertura de alimentação do equipamento permite aos operadores depositar apenas resíduos com dimensões inferiores a 400,00mm.
- f) O centro de britagem é composto por um conjunto britador de mandíbulas, em detrimento à trituradores de rolos apresentados nos estudos iniciais, cujo conjunto do sistema de fragmentação tinha massa de aproximadamente 1020 Kg, enquanto que o britador de mandíbulas apresenta massa de 220Kg, portanto representando cerca de 21% se comparado ao sistema triturador de rolos, além de baixa disposição para aquisição dos componentes e peças de reposição.
- g) A abertura inferior do centro de britagem permite a passagem de materiais com dimensões máximas de 39,00mm
- h) Em decorrência da opção pela configuração de britador de mandíbulas, foi selecionado um motor de 5CV de potência e alimentação de 220/380V sem a necessidade de acoplamento de sistema redutor, uma vez que a combinação da relação de transmissão entre a polia motriz (acoplada ao motor) e a polia movida (acoplada ao eixo excêntrico), combinada ao movimento oscilatório gerado pelo eixo excêntrico produz a força necessária para atender a finalidade do equipamento.
- i) A estrutura do equipamento é composta por duas colunas fixas que suportam a carcaça inferior, carcaça superior, conjunto britador e motor do equipamento.

- j) Para a união dos perfis que formam a carcaça, a base do britador, a caixa de comando e as colunas do equipamento, utiliza-se o processo de união permanente por soldagem, operação esta que visa a união de peças garantindo a continuidade das propriedades do material.
- k) Para a união dos demais elementos da máquina, quando necessário são utilizados parafusos padrão métrico, nas dimensões conforme tabela 34 com cabeças sextavadas externas e interna, dependendo do local de aplicação.
- l) A mobilidade entre os pontos geradores de resíduos foi atendida através da utilização de um par de rodas fixas combinadas a uma roda móvel (rodízio), e uma alça para condução do equipamento. A característica principal deste elemento consiste no fato de a borracha ser rígida, reduzindo a necessidade de manutenção ou reposição do material.
- m) Na parte superior do equipamento foi instalada uma tampa de fechamento da carcaça superior. O objetivo deste elemento é o abafamento dos ruídos decorrentes do funcionamento da máquina, e a contenção do material particulado emitido pelo sistema de britagem dos resíduos.

3.4.2. Detalhamento dos componentes mecânicos e projetos

O equipamento é composto por 23 elementos principais, conforme descrição apresentada na tabela 34 e demonstrado nas figuras 49 e 50.

A tabela 35, apresenta a descrição individual dos componentes mecânicos, conjuntos, subconjuntos, materiais utilizados e massa dos elementos utilizados no equipamento.

Na sequência do trabalho, são apresentadas as representações gráficas do projeto através das figuras 51 a 92.

Tabela 34: Descrição dos principais elementos do equipamento

Elemento	Descrição
1	Tampa de alimentação
2	Parafuso flangeado M8 X 1,25 X 16
3	Porca flangeada M8 X 1,25
4	Passador da tampa de alimentação
5	Carcaça superior
6	Anel de vedação
7	Eixo de articulação da carcaça superior
8	Parafuso Flangeado M8 X 1,25 X 12
9	Tampa dos componentes móveis
10	Britador de mandíbula
11	Carcaça inferior
12	Coluna direita
13	Trava da coluna direita
14	Coluna esquerda
15	Trava da coluna esquerda
16	Subconjunto: elementos de fixação das colunas
17	Subconjunto: roda fixa
18	Subconjunto: rodízio
19	Passador do rodízio
20	Botão de emergência
21	Sistema de acionamento
22	Tomada de força 2P + T padrão ABNT 20A
23	Parafuso com cabeça sextavada interna M5 X 0,8 X 8

Figura 49: Perspectiva Frontal do equipamento – Identificação dos principais elementos mecânicos

Figura 50: Perspectiva Traseira do equipamento – Identificação dos principais elementos mecânicos

Tabela 35: Descrição dos elementos constituintes

LISTA GERAL				
Elemento	Quantidade de componentes	Descrição	Material utilizado	Massa (kg)
1	1	Tampa de alimentação	Aço carbono 1020	4,116
2	2	Parafuso flangeado M8 X 1,25 X 16	Aço liga	-
3	2	Porca flangeada M8 X 1,25	Aço liga	-
4	2	Passador da tampa de alimentação	Aço carbono 1020	-
5	1	Carcaça superior	Aço carbono 1020	12,633
6	1	Anel de vedação	Borracha	0,904
7	1	Eixo de articulação da carcaça superior	Aço carbono 1020	0,277
8	6	Parafuso Flangeado M8 X 1,25 X 12	Aço liga	-
9	1	Tampa dos componentes móveis	Aço carbono 1020	4,981
10	1	Britador de mandíbula	-	-
10.1	1	Lateral direita	Aço carbono 1020	13,497
10.2	1	Lateral esquerda	Aço carbono 1020	13,343
10.3	1	Suporte das bieletas	Aço carbono 1020	7,978
10.4	1	Subconjunto: placa móvel	-	81,406
10.4.1	1	Placa de impacto	Aço manganês austenítico Hadfield	17,321
10.4.2	1	Base placa móvel	Aço carbono 1020	64,085
10.4.3	8	Parafuso com cabeça sextavada interna - M10x1,5 x 30	Aço liga	-
10.5	1	Subconjunto: placa fixa	-	-
10.5.1	1	Placa de impacto	Aço manganês austenítico Hadfield	17,321
10.5.2	1	Base placa fixa	Aço carbono 1020	32,085

Continuação da tabela 35				
10.5.3	8	Parafuso com cabeça sextavada interna - M10x1,5 x 30	Aço liga	-
10.6	1	Eixo excêntrico	Aço liga	7,719
10.7	2	Polia do eixo excêntrico	Aço carbono 1020	12,026
10.8	2	Subconjunto: bieleta	-	-
10.8.1	1	Bieleta	Aço carbono 1020	0,427
10.8.2	2	Pino bieleta	Aço liga	0,158
10.8.3	2	Anel elástico DIN 471 - 15 x 1	Aço liga	-
10.9	1	Motor	Ferro fundido, aço, cobre	29,497
10.10	1	Eixo do motor	Aço carbono 1020	0,691
10.11	1	Polia do motor	Aço carbono 1020	2,775
10.12	1	Correia	Borracha	0,129
10.13	10	Parafuso com cabeça sextavada interna - M10x1,5 x 16	Aço liga	-
10.14	10	Parafuso com cabeça sextavada interna - M8x1,25 x 12	Aço liga	-
10.15	13	Parafuso com cabeça sextavada interna - M10x1,5 x 30	Aço liga	-
11	1	Carcaça inferior	Aço carbono 1020	44,159
12	1	Coluna direita	Aço carbono 1020	5,469
13	1	Trava da coluna direita	Aço carbono 1020	1,503
14	1	Coluna esquerda	Aço carbono 1020	9,297
15	1	Trava da coluna esquerda	Aço carbono 1020	1,74
16	2	Subconjunto: elementos de fixação das colunas	-	-
16.1	1	Parafuso com cabeça sextavada interna – M10 x 1,5 x 20	Aço liga	-
16.2	1	Arruela de pressão - ASME B18.21.2M - 10	Aço liga	-
16.3	1	Porca métrica sextavada - M10 x 1,5	Aço liga	-

Continuação da tabela 35				
17	2	Subconjunto: roda fixa	-	-
17.1	1	Garfo	Aço carbono 1020	0,487
17.2	1	Roda	Alumínio, borracha	3,44
17.3	1	Eixo	Aço carbono 1020	0,125
17.4	1	Porca flangeada - M14 x 2	Aço liga	-
17.5	1	Freio roda fixa	Nylon	0,007
17.6	1	Porca flangeada - M6 x 1	Aço liga	-
17.7	1	Parafuso flangeado - M6 x 1 x 60	Aço liga	-
18	1	Subconjunto: rodízio	-	-
18.1	1	Garfo rodízio	Aço carbono 1020	0,49
18.2	1	Roda	Alumínio, borracha	3,44
18.3	1	Eixo da roda	Aço carbono 1020	0,125
18.5	1	Porca Flangeada - M14 x 2	Aço liga	-
18.4	1	Freio rodízio	Nylon	0,012
18.6	1	Parafuso cabeça flangeada sextavado - M6 x 1 x 60	Aço liga	-
18.7	1	Porca Flangeada - M6 x 1	Aço liga	-
19	1	Passador do rodízio	Aço carbono 1020	-
20	1	Botão de emergência	Termoplásticos, latão	-
21	1	Botão liga-desliga	Termoplásticos, latão	-
22	1	Tomada de força 2P + T padrão ABNT 20A	Termoplásticos, latão	-
23	4	Parafuso com cabeça sextavada interna M5 X 0,8 X 8	Aço liga	-
			Massa (total)	393,663

Figura 51: Dimensões gerais do equipamento

Figura 52: Elemento de máquina 01 – Detalhamento da Tapa de alimentação

Figura 53: Elemento de máquina 04 – Detalhamento do Passador da tampa de alimentação

Figura 54: Elemento de máquina 05 – Detalhamento da carcaça superior

Figura 55: Elemento de máquina o6 – Detalhamento do Anel vedação

Figura 56: Elemento de máquina 07 – Detalhamento do eixo de articulação da carcaça superior

Figura 57: Elemento de máquina 09 – Detalhamento da tapa dos componentes móveis

Figura 58: Perspectiva do sub conjunto do britador – Identificação dos principais elementos

Figura 59: Elemento de máquina 10.1 – Detalhamento dos componentes da caixa do sub conjunto britador, localizados na lateral direita do equipamento (considerando-se a vista frontal do equipamento)

Figura 60: Elemento de máquina 10.2 – Detalhamento dos componentes da caixa do sub conjunto do triturados, localizados na lateral esquerda do equipamento (considerando-se a vista frontal do equipamento)

Figura 61: Elemento de máquina 10.3 – Detalhamento do suporte das bieletas do conjunto britador (10)

Figura 62: Elemento de máquina 10.4 - Perspectiva do sub conjunto: Placa móvel do britador de mandíbula (10) – Identificação dos principais elementos

Figura 63: Elementos de máquina 10.4.1 e 10.5.1 – Placa de impacto do sub conjunto: Placa móvel (10.4) do britador de mandíbula (10)

Figura 65: Elemento de máquina 10.5 –Perspectiva do sub conjunto: Placa fixa do britador de mandíbula (10) – Identificação dos principais elementos

Figura 66: Elemento de máquina 10.5.2 – Base da placa fixa do sub conjunto: Placa fixa (10.5) do britador de mandíbula (10)

10.6 - Eixo excêntrico

Figura 67: Elemento de máquina 10.6 –Eixo excêntrico do britador de mandíbula (10)

Figura 68: Elemento de máquina 10.7 –Polia do eixo excêntrico do britador de mandíbula (10)

Figura 69: Elemento de máquina 10.8 –Perspectiva do sub conjunto: Bieleta do britador de mandíbula (10) – Identificação dos principais elementos

Figura 70: Elemento de máquina 10.8.1 – Bieleta do sub conjunto: Bieleta (10.8) do britador de mandíbula (10)

10.8.2 - Pino bieleta

Figura 71: Elemento de máquina 10.8.2 – Pino da bieleta do sub conjunto: Bieleta (10.8) do britador de mandíbula (10)

Figura 72: Elemento de máquina 10.9 – Representação das dimensões de um motor convencional com potência entre 5 a 15 hp - Motor do britador de mandíbula (10)

Figura 73: Elemento de máquina 10.10 – Eixo do motor do britador de mandíbula (10)

Figura 74: Elemento de máquina 10.11 – Polia do motor do britador de mandíbula (10)

Figura 75: Elemento de máquina 10.12 – Correia do britador de mandíbula (10)

Figura 76: Elemento de máquina 11 – Carcaça inferior – Cortes A-A e B-B – Detalhamento dos cortes e dimensões da peça

Figura 77: Elemento de máquina 11 – Carcaça inferior – Vista superior – Detalhamento dos cortes e dimensões da peça

Figura 78: Elemento de máquina 12 – Coluna direita – Detalhamento e dimensões da peça

Figura 79: Elemento de máquina 13 – Trava da coluna direita – Detalhamento e dimensões da peça

Figura 80: Elemento de máquina 14 – Coluna esquerda – Detalhamento e dimensões da peça

Figura 81: Elemento de máquina 15 – Trava da coluna esquerda – Detalhamento e dimensões da peça

16 - Subconjunto: elementos de fixação das colunas

Figura 82: Elemento de máquina 16 –Perspectiva do sub conjunto: Elementos de fixação da coluna – Identificação dos principais elementos

Figura 83: Elemento de máquina 17 –Perspectiva do sub conjunto: Roda fixa – Identificação dos principais elementos

17.1 - Subconjunto roda fixa: garfo

Figura 84: Elemento de máquina 17.1 – Garfo do sub conjunto: Roda fixa (17)

Figura 85: Elementos de máquina 17.2 e 18.2 – Roda do sub conjunto: Roda fixa (17)

17.3/18.3 - Subconjunto roda fixa/móvel: eixo da roda

Figura 86: Elementos de máquina 17.3 e 18.3 – Eixo da roda do sub conjunto: Roda fixa (17)

Figura 87: Elemento de máquina 17.5 – Freio do sub conjunto: Roda fixa (17)

Figura 88: Elemento de máquina 18 –Perspectiva do sub conjunto: Rodízio – Identificação dos principais elementos

Figura 89: Elemento de máquina 18.1 – Garfo do sub conjunto: Rodízio (18)

Figura 90: Elemento de máquina 18.4 – Freio do sub conjunto: Rodizio (18)

Figura 91: Elemento de máquina 19 – Passador do rodízio - Detalhamentos e dimensões das peças

Figura 92: Elemento de máquina Sistema de Acionamento – Mecanismos de acionamento / Tomada de força - Detalhamentos e dimensões das peças

3.4.3. Análise do projeto

O *software Autodesk Inventor Professional 2015*, um dos vários disponíveis no mercado para modelagem de objetos em três dimensões, foi utilizado para o desenvolvimento do projeto do equipamento. A escolha pelo desenvolvimento do projeto em um programa de modelagem 3D é devido à vasta gama de recursos que o mesmo oferece para trabalho com elementos sólidos.

A visualização de um objeto, ou conjunto de objetos em três dimensões oferece uma perspectiva realística do projeto, além da percepção de como a peça desenvolvida se comportaria visual e espacialmente em conjunto com outros corpos.

A partir da construção de um elemento sólido qualquer, todos os infinitos pontos que compõe o mesmo são computados, resultando em duas propriedades imediatas: O volume do objeto e a massa do elemento sólido, considerando a seleção do material, ou a criação de um material com características personalizadas. É importante observar que se houvesse necessidade de efetuar o cálculo de volume de cada peça, além do grande trabalho, algumas seriam calculadas por aproximação, devido a geometria complexa.

Uma vez desenhado uma peça, ou conjunto de peças, o *software* permite simular o comportamento dinâmico de uma peça isolada ou mesmo de todo o conjunto simultaneamente, consentindo ao usuário avaliar se o projeto cumpre com o objetivo de funcionamento.

O projeto do equipamento portanto, foi submetido a todas as esferas de avaliações oferecidas pelo programa, conferindo ao projeto desenvolvido, aspectos positivos quanto ao comportamento dinâmico individual das peças, conjuntos e subconjuntos de peças do equipamento.

Porém algumas análises oferecidas pelo *software* dependem de circunstâncias à serem implementadas na etapa de construção do projeto, tais como as análises de funcionamento, momento este em que podem ser validados todos os esforços resultantes das interações mecânicas entre as peças e os conjuntos, apontando a necessidade de correções, ajustes e revisões no projeto.

4. Conclusões e recomendações

Través da caracterização e quantificação de uma caçamba contendo aproximadamente 3,00m³ de resíduos provenientes de uma obra horizontal com área edificada de 1.600,00 m² e características e construtivas convencionais, concluiu-se que 80,24% do material caracterizado era constituído por resíduos classe A, em especial, argamassas e concretos subutilizados nos procedimentos construtivos, representando 70,57% dos resíduos identificados.

Posteriormente foram averiguadas as fontes geradoras dos resíduos classe A, considerando sua representatividade em relação a massa total encontrada, para tanto foram avaliados os processos de aplicação de chapisco e reboco, onde o desperdício de aplicação do material na laje da edificação foi de 17,14%. Outro procedimento adotado em relação ao desperdício de materiais, consistiu em recolher todos os materiais espalhado pelo canteiro de obras, sobras e materiais novos abandonados, resultando no recolhimento de 4.688 unidades de materiais cerâmicos (tijolos) ou elementos de concreto.

Após as avaliações das fontes geradoras de resíduos houve ainda uma análise da composição do resíduo classe A fornecido em forma de agregado ao mercado consumidor, atestando uso satisfatório dos mesmos credenciando-os à utilização em determinadas circunstâncias estabelecida pelo conjunto de normas aplicáveis. Como exemplo pode-se mencionar alguns tipos de concretos não estruturais, preenchimento de valas, regularizações de solo, entre outros, porém o maior benefício verificado quanto a avaliação de uso, está na reutilização do material na própria obra, sem que haja necessidade de encaminhá-lo aos centros de triagem ou áreas de transbordo e aterro.

O projeto do equipamento atingiu os objetivos de redução do porte e adequação ao uso nos canteiros de obras, porém sua massa, apesar de conferir-lhe mobilidade, ficou maior do que o planejado inicialmente (393,663kg), o que pode dificultar seu manejo dentro dos canteiros de obra, mesmo considerando que o projeto do segundo modelo desenvolvido, dispondo de sistema triturados com 12 fileiras de dentes, dispunha de aproximadamente 900,00kg.

A configuração final do equipamento superou as expectativas iniciais em alguns aspectos, dispondo integralmente de materiais e elementos mecânicos disponíveis no mercado e de fácil reposição, atingindo as dimensões desejadas inicialmente: altura 1364,74mm, largura 1492,79mm e profundidade 800,00mm.

Para a sequência de desenvolvimento do equipamento, recomenda-se que sejam efetuados ensaios mecânicos que reproduzam as condições de trabalho da máquina averiguando-se assim as reações de cada elemento individualmente e em conjunto, com a finalidade de garantir bom desempenho, além de garantir a continuidade desse desempenho por toda a vida útil do equipamento.

Devido ao formato irregular do resíduo, foi encontrado grande dificuldade no cálculo da área da superfície de contato do resíduo processado com as superfícies de trabalho das placas fixa e móvel, portanto recomenda-se que seja feito um cálculo que entregue a razão aproximada entre volume, massa e superfície de contato de um dado material a ser triturado. Esse cálculo pode ser feito avaliando o esforço (através de medição de corrente elétrica por exemplo) de uma máquina de britagem com princípio de funcionamento semelhante.

Dada a dinâmica existente com relação ao surgimento de novos materiais, recomenda-se ainda que no momento da industrialização do equipamento haja uma reavaliação dos estudos apresentados, identificando a possibilidade de substituí-los por materiais mais eficientes.

Esta mesma recomendação se aplica aos elementos de máquina, admitindo-se o surgimento de novas tecnologias.

Recomenda-se sobretudo a construção de um protótipo a partir do projeto, para que possa ser aprimorado de acordo com as necessidades que provavelmente surgirão durante o desenvolvimento da máquina.

Recomenda-se ainda um aprimoramento nos componentes projetados para que possam garantir plenamente a segurança dos operadores.

5. Referências

_____. ABRAMAT-FGV – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO-FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. *Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos*. São Paulo: Abrammat, 2012.

ABNT. **NBR NM 45**: Agregados- Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2006.

_____.**NBR NM 46**: Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR NM 248**: Agregado – Determinação da composição granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR 7211**: Determinação do Teor máximo de material pulverulento. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2009.

_____.**NBR 7218**: Agregados – Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2009.

_____.**NBR 15114**: resíduos sólidos da construção civil: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b. 7 p. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR NM 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. **Panorama Nacional de Resíduos Sólidos 2008**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

_____. **Panorama Nacional de Resíduos Sólidos 2012**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panoramaz012.pdf>

ÂNGULO, Sérgio; JOHN, Vanderley; KAHN, Henrique. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: Ibracon, 2002.

ANDRADE, T. R. de.; SILVA. C. E. **Análise de Sustentabilidade na Gestão de Resíduos Sólidos na Cidade: O Caso de Paripiranga, Bahia, Brasil.** Artigo na Ibero Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.2, n.1, maio, 2011.

BECK, Ulrick. **Sociedade de Risco.** São Paulo: Editora 34, 2010.

BRAGA;PEREIRA;SOUZA;MEMEGUETTI. A questão dos Resíduos de Construção Civil: Um Breve Estado da Arte. Campo Mourão: Revista NUPEM, 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Licenciamento ambiental:** perguntas frequentes. 2013. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/perguntas-frequentes/licenciamento-ambiental>>. Acesso em 10 set. 2014.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm>. Acesso em 11 out. 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. Ministério do Meio Ambiente. **Área de manejo de resíduos da construção e resíduos volumosos:** Orientação para o seu licenciamento e aplicação da resolução CONAMA 307/2002. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/orientacao_licenciamento.pdf>. Acesso em 09 nov. 2014.

_____. Câmara Municipal. **Lei complementar nº 1.704, de 06 de julho de 2004.** Dispõe sobre o gerenciamento, disciplina a coleta, o transporte e a deposição final de resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/principaln.php?pagina=/leis/pesquisa/pesquisa.php>>. Acesso em 01 nov. 2014.

_____. Congresso Nacional. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso 15 out. 2014.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 01/1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em 10 out. 2014.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 307/2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em 21 out. 2014.

_____. IBGE -. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. IBGE. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

_____. IBGE. **Pesquisa anual da indústria da construção**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2011 v.21p. (1-98). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2011_v21.pdf>. Acesso em: 21 de janeiro de 2014.

_____. Lei Federal no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 ago. 2010a.

_____. BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano Nacional de Habitação: Versão para debates*. Brasília: 2010. Disponível em: http://www.sst.sc.gov.br/arquivos/id_submenu/230/publicacao_planhab_capa.pdf.

AGOPYAN, V.; JONH, V.; **Reciclagem de Resíduos da Construção**. In: Seminário de Resíduos Sólidos Domésticos. São Paulo-SP. 2000.

ALMEIDA, J. R. de. **Política e planejamento ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2004.

CARRETEIRO, R. P. **Inovação tecnológica: como garantir a modernidade do negócio**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

CERTO, Samuel C. e PETER, J. Paul. **Administração Estratégica: planejamento e implementação da estratégia**. São Paulo: MAKRON Books, p.38, 1993.

CINCOTTO, A. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**. A Construção, São Paulo: PINI, n 1855, p. 27-30, ago, 1983.

CORRÊA, Benedito Camilo; CURSINO, Deivis; SILVA, Gilbert. **Viabilidade de Implantação de uma usina de reciclagem da construção civil na cidade de São José dos Campos/SP**. São José dos Campos: Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2009.

CUNHA, N. A. **Resíduos da Construção Civil Análise de Usinas de Reciclagem**. 176 f. Campinas, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DAHER, C. E.; SILVA, E. P. S.; FONSECA, A. P. **Logística Reversa: Oportunidade para redução de custos através do gerenciamento da cadeia integrada de valor**, BBR, vol.3, n.9, 2006.

Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações - **Déficit habitacional municipal no Brasil**. – Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/216-deficit-habitacional-municipal-no-brasil-2010/file>

GALBIATI, A.F. **O gerenciamento integrado de resíduos sólidos e a reciclagem. Educação ambiental para o Pantanal**. Disponível em, www.redeaguape.org.br/desc_artigo.php?cod=92 Acesso em 18 set. 2014.

GOMES, Eduardo Biacchi; BULZICO, Bettina Augusta Amorim. **Sustentabilidade, desenvolvimento e democracia**. Ijuí: Unijuí, 2010.

GONDIM, I. A.; MARCHON, P. H. A.; BARROS NETO, J. P.; JORGE NETO, P. M. Análise da economia nacional e a participação da indústria da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, São Paulo, **Anais...**, São Paulo: ANTAC, 2004.

GONÇALVES, M.A.B. et al. Uma forma racional de tratar os resíduos sólidos nos canteiros de obra. Programa de Entulho Limpo (PEL), 2000 36p.

HENDRICKS, C.F. **Certification system for aggregates produced from building waste and demolished buildings**. In: **Environmental aspects of construction with waste materials**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 821-834

JADOVISKI, Iuri. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2005, 178p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10156/000524802.pdf?sequence=1>

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. Seminário Reciclagem De Resíduos Sólidos Domiciliares, São Paulo. 2000.

JOHN, V.M.; ÂNGULO, S.C. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. In: ROCHA, J.C.; JOHN, V.M. **Utilização de resíduos na construção civil**. Porto Alegre: Coletânea HABITARE, Volume 4, 2003. p. 8-71.

KARPINSK, Luisete Andreis *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

KURESKI, R.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C.; SESSO FILHO, U. A.; HARDT, L. P. A. **O macrossetor da construção civil na economia brasileira em 2004.** *Ambiente Construído*, v. 8, n. 1, p. 7-19, 2008. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/Notas_Metodologicas/19_formacao_capital.pdf

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Rio de Janeiro: Vozes, 2001

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa Nova Área da Logística Empresarial.** 2002. SÃO PAULO, EDIT. PUBLICARE, 2002. p. 2

LIMA, J. A. R.; SILVA, L.F. **“Utilização e Normalização de Resíduos de Construção Reciclado no Brasil”.** In: II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 1999a, Porto Alegre, Anais p. 168-171. Disponível em: http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Dissert_Jose_Antonio_Ribeiro_de_Lima.pdf

LS MARIANO, **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com Reaproveitamento Estrutural: Estudo de Caso em Uma Obra com 4.000m².** Dissertação de Mestrado Universidade Estadual do Paraná. 2008. p.31. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/17282/DISSERTACAO%20LEILA%20MARIANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 16 mar. 2014.

LUNELLI, Carlos Alberto. **Direito, ambiente e políticas públicas.** Curitiba: Juruá, 2011. Disponível em: https://www.uces.br/site/midia/arquivos/AMBIENTE_POLITICAS_JURISDICA0_EDUCS_EBOOK_5_4_13.pdf

MARQUES NETO, J. C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15).** 2009.. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MIRANDA, L. F.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

NUNES, Kátia Regina Alves; MAHLER, Cláudio Fernando. **RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC).**

OLIVEIRA, A.I.E. **Inovações Tecnológicas Como Fator de Competitividade Para Empresas de Construção Civil**. Universidade Federal do Amazonas. 2010.

OLIVEIRA, Elzira Lúcia de; GIVISIEZ, Gustavo Henrique Naves; RIOS-NETO, Eduardo Luiz Gonçalves. Demanda futura por moradias no Brasil 2003-2023: uma abordagem demográfica. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T.P. (2001). **Gestão dos resíduos de construção e demolição em áreas urbanas: da ineficácia a um modelo de gestão sustentável**. In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.;

PINTO, Tarcísio de Paula; GONZÁLES, Juan Luís Rodrigo (coord.). **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, 2005, v. 1. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao014102009060137.pdf>. Acesso em 09 nov. 2014.

CASSA, J. C. S. (Org). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção.

PUCCI, R. B. **Logística de resíduos da construção civil atendendo à Resolução Conama 307**. 2006. 154 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SATTLER, Miguel Aloysio. Edificações e comunidades sustentáveis: atividades em desenvolvimento no NORIE/UFRGS. *Anais...* IV Seminário Ibero-Americano da Rede CYTED XIV.C. São Paulo, 11 a 13 de setembro de 2002.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. B.; CARDOSO, A. C. F. **Gestão de resíduos da construção civil**. In: Cobrac — Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, de 10 a 14 de outubro de 2004.

SHINGO, S. **A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Tóquio: Japan Management Association, 1981.

SILVA, D. da, C. C., Sc. **Sustentabilidade Corporativa**. In: Anais VI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT, Resende, RJ, 2009.

SILVA, José Afonso da. **Direito Ambiental Constitucional**. 4. ed. São Paulo: Malheiros 2002

SILVA, Margarete Bernal de Lima. **NOVOS MATERIAIS À BASE DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) E RESÍDUOS DE PRODUÇÃO DE CAL (RPC) PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal

do Paraná, 2014. Disponível em:
<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/35321/R%20-%20D%20-%20MARGARETE%20BERNAL%20DE%20LIMA%20E%20SILVA.pdf?sequence=1>

TEIXEIRA, Luciene Pires. **Desempenho da construção brasileira**. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

VAHAN, A. Coord. José Goldemberg. **O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. Vol. 5. São Paulo: Blucher, 2011.

VARELA, J. **Critérios de seleção de britadores aplicados ao processamento mineral**. In: XXIV ENTMME, Salvador, 2011.

VARGAS, P.R. O insustentável discurso da sustentabilidade. **Desenvolvimento sustentável necessidade e/ou possibilidade?** 4ª ed. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2002.

WINES, J. **Green Architecture**. Milan: Taschen, 2000. 240 p

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como Agregado na Confecção do Concreto**. 1997. p. 140. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.