



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO E DA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE
GUARATINGUETÁ-SP**

**Guaratinguetá
2013**

LUCAS JOSÉ NECCHI FIRMINO

**GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO E DA CONSTRUÇÃO
CIVIL NO MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ-SP**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá
2013

F525g Firmino, Lucas José Necchi
Gestão de resíduos de demolição e da construção civil no município de
Guaratinguetá-SP / Lucas José Necchi Firmino – Guaratinguetá : [s.n], 2013.
65 f. : il.
Bibliografia : f. 61

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Isabel Cristina de Barros Trannin

1. Construção Civil 2. Resíduos sólidos 3. Demolição I. Título

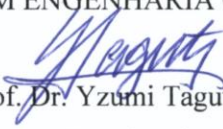
CDU 69

**GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO E DA CONSTRUÇÃO CIVIL
NO MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ-SP**

LUCAS JOSÉ NECCHI FIRMINO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL

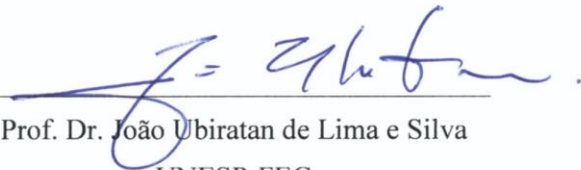
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Prof. Dr. Yzumi Taguti

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof.^ª Dr.^ª Isabel Cristina de Barros Trannin
Orientadora/UNESP-FEG


Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
UNESP-FEG


Doutorando Bruno Pavanelli Zanella
UNESP/FEG

Novembro de 2013

DADOS CURRICULARES

LUCAS JOSÉ NECCHI FIRMINO

NASCIMENTO	23.06.1990– SÃO JOSÉ DO RIO PRETO / SP
FILIAÇÃO	José Firmino Junior Dirce Maria Necchi Firmino
2009/2013	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

Dedico este trabalho aos meus pais que em todos os momentos de dificuldade da minha vida estiveram ao meu lado e me deram força e total confiança para que eu conseguisse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me conceder a oportunidade de direcionar minha vida para uma das melhores faculdades do país e ainda ter vivido os melhores anos da minha vida ao longo destes cinco anos.

Ao meu pai, *José Firmino Junior*, por ser o exemplo a ser seguido por toda a minha vida, me cobrando e me ajudando sempre a manter o foco de todos os deveres para que conseguisse chegar ao sucesso de todos objetivos traçados.

A minha mãe, *Dirce Maria Necchi Firmino*, por ser o alicerce da minha vida, fazendo com que momentos de extrema dificuldade pudessem ser superados com mais tranquilidade, e ainda por todo seu carinho, afeto, perseverança e fé de que tudo iria realmente dar certo.

A toda minha família que sempre me apoiaram nessa empreitada. Minhas irmãs *Lívia Necchi Firmino* e *Larissa Necchi Firmino*, meus avós maternos e paternos e meus tios.

A República Copo & Cia, moradores, ex-moradores e agregados que tive a oportunidade de conhecer.

A República SoNaManteiga, moradores, ex-moradores e agregados que me fizeram acreditar no sentimento de uma verdadeira amizade.

A todos integrantes do Grupo Resenha, no qual eu pude fazer parte dessa linda história que foi construída desde sua fundação.

E a todas as pessoas que fizeram parte da minha vida de alguma forma nesses 5 anos de FEG. Esta faculdade vai ficar marcada para o resto da minha vida.

A minha orientadora, *Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin*, que me deu oportunidade de estudar o tema proposto e me auxiliou durante todo o desenvolvimento desta monografia.

“Não é a vontade de vencer que importa – todo mundo tem isso.
O que importa é a vontade de se preparar para vencer”.
(Paul Bear Bryant – técnico de futebol americano)

FIRMINO, L. J. N. Aproveitamento de resíduos de demolição e da construção civil. 2013. 65 f. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

O grande volume de resíduos gerados pela construção e demolição tem se tornado cada vez mais um motivo de preocupação para sociedade. O manejo e disposição final dos RCD's ganham destaque a medida que ao passar dos anos intensificam-se as exigências para um mundo sustentável. Este trabalho apresenta os fatores positivos e negativos que a gestão dos resíduos da construção e demolição podem trazer no município de Guaratinguetá-SP. Este estudo analisa os métodos utilizados na gestão de resíduos desde quando não era feito nenhum tipo de tratamento até os dias atuais. Apresenta em quadros comparativos a viabilidade da implantação de uma central de britagem de resíduos inertes e implantação de um aterro de resíduos inertes no município de Guaratinguetá e de Cachoeira Paulista. E ainda o trabalho que está sendo realizado pela prefeitura de Guaratinguetá na reutilização do material de classe A na pavimentação de estradas.

PALAVRAS-CHAVE: construção civil; resíduos de construção e demolição; sustentabilidade.

FIRMINO, L. J. N. Aproveitamento de Resíduos de Demolição e da Construção Civil. 2013. 65f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

The large volume of waste generated by construction and demolition has become increasingly a matter of concern to society. The handling and disposal of RCD's to gain prominence as over the years intensified the requirements for a sustainable world. This paper presents the positive and negative factors that the management of construction and demolition waste can bring in the municipality of Guaratinguetá-SP. This study examines the methods used in waste management since he was not done any treatment to the present day. Presents comparative tables on the feasibility of installing a central crushing of inert waste and implementation of an inert waste landfill in the municipality of Guaratinguetá and Cachoeira Paulista. And yet the work being done by the city of Guaratinguetá reuse the material in class A in paving roads.

KEYWORDS: construction civil; waste from construction and demolition; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais Resíduos de Construção e Demolição (RCD) com potencial de reciclagem e dificuldades para gerenciamento.....	26
Figura 2 – Percentagem de empresas que reciclam seus RCD’s.....	26
Figura 3 – Porcentagem de empresas que reutilizam os resíduos em suas obras.....	27
Figura 4 – Símbolo internacional da reciclagem.....	31
Figura 5 – Município de Guaratingueta-SP.....	38
Figura 6 – Entrada do Parque Ambiental Santa Luzia	39
Figura 7 – Local do antigo lixão de Guaratinguetá-SP que foi transformado no Parque Ambiental Santa Luzia	40
Figura 8 – Antiga área do lixão de Guaratinguetá-SP e ao fundo o Rio Paraíba do Sul	41
Figura 9 – Parque Ambiental Santa Luzia – Cooperativa Amigos do Lixo – antiga área de depósito do lixo.....	42
Figura 10 – Descarregamento do entulho no Parque Santa Luzia, em Guaratinguetá-SP, realizado por um caminhão tira entulho de uma empresa particular	43
Figura 11 – Entulho não reaproveitado	51
Figura 12 – Material bruto sendo direcionado a britagem no Parque Santa Luzia	52
Figura 13 – Operador de máquinas trabalhando no britador no Parque Santa Luzia....	52
Figura 14 – Funcionário operando na separação manual na transportadora de correia no Parque Santa Luzia	53
Figura 15 – Resíduos de Construção e Demolição (RCD) processados e prontos para utilização em pavimentação	54
Figura 16 – Areia + agregado de até 2,5 polegadas de diâmetro, prontos para utilização em pavimentação	55
Figura 17 – Estrutura utilizada para o processamento dos Resíduos de Construção e Demolição no Parque Santa Luzia	55
Figura 18 – Estrutura utilizada para o processamento dos Resíduos de Construção e Demolição no Parque Santa Luzia	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos Resíduos Sólidos de Demolição, quanto a sua tipologia..	20
Tabela 2 – Taxa de geração de RCD em algumas cidades brasileiras	21
Tabela 3 – Composição dos Resíduos de Demolição e Construção.....	22
Tabela 4 – Recomendações de LIMA (1999) para o uso de agregados graúdos de RCD reciclados em concretos no Brasil	37
Tabela 5 - Quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos coletados pela SAEG em Guaratinguetá-SP.....	47
Tabela 6 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de uma central de britagem de inertes no município de Guaratinguetá-SP	48
Tabela 7 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de uma central de britagem de inertes no município de Cachoeira Paulista-SP	48
Tabela 8 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de aterro de inertes no município de Guaratinguetá-SP	49
Tabela 9 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de aterro de inertes no município de Cachoeira Paulista-SP	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVOS GERAIS	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	15
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	16
3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	19
3.4 GERAÇÃO DE RCD	20
3.5 COMPOSIÇÃO DOS RCD'S	22
3.6 PRINCIPAIS FONTES E CAUSAS DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS	22
3.7 FORMAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	23
3.8 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE ACORDO COM A CLASSE	25
3.9 AGENDA 21 E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	27
3.10 REDUZIR, REUTILIZAR E RECICLAR	29
3.11 LEI NÚMERO 12.305, DE AGOSTO DE 2010	31
3.12 APLICAÇÃO DOS RCD'S	32
3.12.1 Utilização dos RCD's como agregado	32
3.12.2 Utilização dos RCD's em pavimentação	34
3.12.3 Utilização dos RCD's como agregado para o concreto	35
3.12.4 Utilização dos RCD's como agregado para confecção de argamassas	36
3.12.5 Outras potenciais aplicações para os RCD's	36
4. MATERIAL E MÉTODOS	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ-SP	42
5.2 GESTÃO DOS RCD'S	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 1950 o Brasil vem passando por um processo de urbanização acelerada, principalmente nos grandes centros, onde este crescimento vem acontecendo de maneira desenfreada e desordenada, tendo como consequência impactos sociais e ambientais.

A geração de resíduos pelas atividades humanas é inevitável e aumenta progressivamente com o crescimento populacional. Atualmente, a população da Terra é superior a 7 bilhões de pessoas, e a geração de resíduos traz preocupações aos gestores públicos, principalmente no que diz respeito a sua disposição adequada no ambiente. No Brasil, os resíduos sólidos são os que geram maior preocupação aos órgãos municipais, pois até bem recentemente, estes resíduos eram descartados em áreas marginais, afastadas dos centros urbanos, nos denominados lixões. No entanto, em 2002 passou a vigorar a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Além desta Resolução também deve ser considerada a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Dentre as atividades econômicas que mais geram resíduos, destaca-se o setor da construção civil, que é um dos que mais cresce em todo o mundo, aumentando as preocupações relacionadas à gestão e à disposição final destes resíduos. Estudos apontam que a construção civil é responsável pela exploração entre 20% e 50% dos recursos naturais do planeta que são consumidos pela sociedade e que, apesar de não serem agressivos à saúde humana, quando descartados em locais inadequados, podem causar impactos ambientais, como a proliferação de vetores, que causam doenças, assoreamento de rios, obstrução de vias públicas, dentre outros. De acordo com o pesquisador da USP, Francisco Mariano Lima, em sua tese de doutorado intitulada “A

Formação da Mineração Urbana no Brasil: Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição”, em 2013 a indústria da construção deve gerar cerca de 100 milhões de toneladas de entulho, sendo que 90 milhões são resíduos da construção e demolição (LIMA, 2013). Considerando que o setor de construção civil no Brasil está crescendo de forma acelerada, muitas vezes é necessário demolir para se obter área livre e, com isso, resíduos da demolição passam a aumentar o montante dos resíduos gerados por esta atividade, sendo por isso denominados resíduos da construção e demolição (RCD). A disposição inadequada dos RCD tem como consequência a contaminação de mananciais, prejuízo na drenagem superficial do solo, assoreamento de córregos e rios e outros impactos ambientais.

Por outro lado, a reciclagem de RCD pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, por diminuir os impactos ambientais, sociais e econômicos, além da possível redução de custos da construção. Porém, o incentivo à criação de novos materiais reciclados, precisa ser feita de forma cautelosa e criteriosa para garantir o sucesso destes produtos no mercado.

Neste estudo será avaliada a situação do município de Guaratinguetá, no estado de São Paulo, quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos, dando ênfase aos RCD, analisando o potencial de aproveitamento destes resíduos de forma sustentável.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados pela construção civil e demolição, analisando a gestão que vem sendo desenvolvida no município de Guaratinguetá-SP.

Objetivos específicos

- Identificar os Pontos de Entrega dos resíduos de construção civil no município;
- Avaliar o funcionamento da captação destes resíduos para a reciclagem e o reuso no município;
- Avaliar as medidas que estão sendo implementadas no município de Guaratinguetá-SP para minimizar os impactos resultantes das deposições irregulares;
- Analisar o potencial de implantação de uma central de britagem de inertes e também de um aterro de inertes no município ou região.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Resíduos Sólidos Urbanos

A NBR 10.004, define como Resíduos Sólidos:

“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”.

É impossível imaginar o desenvolvimento da civilização sem a geração resíduos. Com o aumento da população e aumento dos bens de consumos o problema fica ainda mais evidente. A Resolução nº 307/2002 CONAMA define Resíduos da Construção Civil (RCC) como:

“resíduos 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”.

Os resíduos da construção civil e demolição são gerados por todo e qualquer tipo de ação dentro de uma obra. Podemos entender essas ações como construção, demolição, escavação de manual e maquinária, reformas, reparos, entre outros, e

contém diferentes tipos de materiais, como plásticos, tintas, metais, papelão, cimento, diferentes tipos de britas, argamassa.

O grande desafio da humanidade está na gestão do despejo do RSU para que não cause um grande impacto ao meio ambiente, como por exemplo os materiais depositados nas beiras de rios, estradas e terrenos. Para evitar o despejo inadequado desses materiais é necessário um plano de gerenciamento de resíduos que envolva desde a concepção do projeto até a obra de fato.

Ainda na Resolução nº 307/2002 da CONAMA, entende-se gerenciamento de resíduos como:

“o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos”.

A reutilização dos resíduos é fazer de fato a alicação do resíduo sem que sofra qualquer tipo de transformação. Já a reciclagem é a aplicação do resíduo depois de ter sido submetido a pelo menos um processo de transformação, seja ela em alteração de volume, alteração da composição química ou qualquer outro tipo de processo.

3.2. Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com sua origem e periculosidade, pela NBR 10.004/2004, conforme descrito a seguir.

Classificação quanto a sua origem

Alguns dos principais tipos de resíduos de acordo com sua origem podem ser listados abaixo:

- **Domiciliar**: são aqueles que são produzidos diariamente nas residências, constituídos por restos de alimentos, jornais, revistas, fraldas descartáveis, papel higiênico, plástico, vidro etc.. é importante ressaltar que alguns materiais que

descartamos em casa são considerados perigosos, como pilhas, baterias, solventes, tintas, água sanitária entre outros. Portanto devem ser separados corretamente para destinação como resíduos perigosos e não como domiciliar.

- Comercial: são aqueles produzidos em estabelecimentos comerciais como supermercados, lojas, bancos etc.. são constituídos em sua maioria de papelão, plásticos, embalagens; e também podem conter materiais orgânicos.
- Público: são os resíduos gerados através da manutenção da limpeza de locais públicos como vias, terrenos, rios, praias, feiras livres, vegetais, etc..
- Hospitalar ou serviços de saúde: são aqueles oriundos de hospitais, prontos socorros, enfermarias, farmácias, clínicas, laboratórios, etc.. geralmente constituídos de curativos, seringas, agulhas, algodão, remédios, luvas e materiais que podem ser agentes causadores de doenças; por isso devem ter um cuidado especial.
- Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários: os resíduos coletados nesses locais são considerados “resíduos sépticos” pois podem conter agentes causadores de doenças trazidas de outros países, estados e cidades.
- Industrial: são aqueles oriundos de processos industriais. Este tipo de resíduo é bem relativo devido a grande variedade de indústrias (metalúrgica, químicas, papelarias, petroquímicas, alimentícias etc..) e grande quantidade desses resíduos são considerados perigosos. São constituídos de papel, plástico, madeira, cerâmicas, cinzas, borrachas, escórias, vidros, óleos, fibras, metal, lodos, ácidos e resíduos alcalinos etc..
- Agrícola: são aqueles gerados por atividades agrícolas e pecuária (cultivo de grãos, plantações, criação de animais, etc..). São constituídos de materiais orgânicos (palhas, estrume, cascas etc..), defensivos agrícolas, embalagens, restos de adubos, dentre outros.
- Entulho: são aqueles resultantes da construção civil, demolição, reformas, processos de escavações, dentre outros. São constituídos de tijolos, blocos, material

cerâmico, gesso, restos de solo, cimento, metais, amianto etc.. este tipo de resíduo pode ser reaproveitado quase que ao todo, porém não é o que acontece na maioria dos casos.

Classificação quanto a periculosidade:

De acordo com a NBR 10.004/2004 entende-se por periculosidade de um resíduo:

“Característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:

a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;

b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas normatiza a classificação de resíduos na NBR 10.004/2004, quanto aos potenciais riscos ao meio ambiente e a saúde pública em duas classes: Classe I e Classe II, sendo a última sub-dividida em Classe II A (não inertes e Classe II B (inertes).

Resíduos Classe I – Perigosos: são aqueles que por suas características podem apresentar riscos ao meio ambiente e a saúde pública. Ainda é levado em consideração: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Este tipo de resíduo exige tipos de tratamentos para sua disposição final de acordo com os cinco itens listados acima.

Resíduos Classe II – Não perigosos

Resíduos Classe II A – Não inertes: são os resíduos que não apresentam periculosidade e não são inertes. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos Classe II B – inertes: são aqueles resíduos que, quando submetidos a um

contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (NBR 10.004/2004). Isto é, a água permanecerá potável quando em contato com este tipo de resíduo. Além disso, este resíduo quando disposto no solo se degrada muito lentamente e não se decompõe.

3.3. Classificação dos resíduos de construção civil

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), fica estabelecido na Resolução 307/2002 a seguinte classificação dos Resíduos de Construção Civil:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, 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;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou

outros produtos nocivos à saúde.

No ano de 2004 a resolução nº 307/2002 foi alterada por meio da Resolução nº 348 de 2004, que inclui o amianto na classe de resíduos perigosos (Classe D), conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos Resíduos Sólidos de Demolição, quanto a sua tipologia.

Tipo de RSD	Classe	Origem
Alvenaria	A	Resultante do processo de demolição das paredes, muros e undaç es.
Concreto	A	Resultante do processo de demolição das estrutura, pisos e fundações.
Madeira	B	Resultante do desmonte das estruturas das coberturas, forros, pisos e refugos.
Telhas de Barro	A	Resultante do desmonte da cobertura dos telhados.
Metais	B	Resultante da demolição das estruturas, esquadrias, tu ulaç es, portão, iação revestida, quadros de energia, maçanetas e torneiras.
Plásticos	B	Tu ulação, canaletas e calhas, telhas de i ra de vidro resina .
Gesso-estruque	C	Resultante da demolição dos orros estuque)
Portas de madeira	B	Resultante do desmonte das construç es.
Portas de metal	B	Resultante do desmonte das construç es.
Janelas de madeira	B	Resultante do desmonte das construç es.
Janelas de metal	B	Resultante do desmonte das construç es.
ouças sanitárias	A	Resultante do desmonte das construç es.
Vidro	B	Resultante do desmonte das construç es.
Amianto	D	Resultante do desmonte das construç es.

Fonte: NBR 10.004/2004 adaptada por ZENITE (2008).

3.4. Geração de RCD

A produção de grandes volumes de materiais de construção e a atividade de canteiro de obras de construção, manutenção e demolição – são responsáveis por cerca de 20 a 30% dos resíduos gerados pelos países. A taxa de variação de volumes gerados de resíduos nas médias e grandes cidades do Brasil é de 400 a 700 kg hab⁻¹ano⁻¹. Essa taxa varia de cidade para cidade dependendo do tamanho da mesma, do seu desenvolvimento econômico e do momento econômico por que passa o país entre outros fatores, ReCESA (2008).

A grande maioria dos resíduos sólidos do planeta são gerados no canteiro de obras. Apesar de muito relativa dependendo da estatística, do local a ser estudado e tecnologias utilizadas, o valor total de resíduos da construção civil é no mínimo igual ao restante dos outros tipos de resíduos sólidos.

Ainda que os resíduos produzidos nas atividades de construção, manutenção e

demolição tenham estimativa de geração muito variável, admite-se que os valores típicos encontram-se entre 0,40 e 0,50 t hab⁻¹ ano⁻¹, valor igual ou superior à massa de lixo urbano, conforme apresentado na tabela 2 (JOHN, 2001).

Tabela 2 – Taxa de geração de RCD em algumas cidades brasileiras.

Município	RCD t dia ⁻¹	RSD/RSU	População/ano	Taxa de geração t hab ⁻¹ ano ⁻¹
Jundiaí-SP ^a	712	62%	293.373 (1996)	0,89
São José dos Campos-SP ^a	733	67%	486.467 (1995)	0,55
Ribeirão Preto-SP ^a	1043	70%	456.252 (1995)	0,83
São José do Rio Preto-SP ^a	687	58%	323.627 (1996)	0,77
Santo André-SP ^a	1013	54%	625.564 (1996)	0,59
Vitória da Conquista-BA ^a	310	n.d.	242.155 (1998)	0,47
Salvador-BA ^b	2746	50%	2.556.429 (2003)	0,39
Feira de Santana-BA ^b	276	50%	481.000 (n.d.)	0,21
São Paulo-SP ^c	5260	34%	10.405.867 (2000)	0,18
Blumenau-SC ^d	331	n.d.	271.730 (2002)	0,45
Belo Horizonte-MG ^e	1200	51%	2.010.000 (n.d.)	0,22
Maceió-AL ^f	1100	45%	700.000 (n.d.)	0,57
Porto Alegre-RS ^g	1000	n.d.	1.200.000 (n.d.)	0,31

Fonte: ^a PINTO (1999); ^b FREITAS et al. (2003); ^c PMSP (2005); ^d SARDÁ e ROCHA (2003); ^e LEITE (2001); ^f VIEIRA (2003) e ^g LOVATO (2007).

A geração dos RCD é influenciada por diversos fatores. Entre eles podem ser citados: as práticas de construção e demolição adotadas; aspectos econômicos, tais como o tamanho do mercado, a disponibilidade e custo dos agregados naturais comparados com os custos de entrega dos agregados reciclados; a estrutura reguladora que fornece incentivos para minimizar a geração de resíduos nos canteiros de obra e desestímulos para dispor os resíduos nos aterros; as percepções com respeito a qualidade dos materiais reciclados e a ausência do uso de códigos de prática, especificações e mecanismos de garantia de qualidade (BAKOSS e RAVINDRARAJAH, 1999).

3.5. Composição dos RCD's

De modo geral, podem existir componentes inorgânicos e minerais, como concretos, argamassas e cerâmicas, e componentes orgânicos, plásticos, materiais betuminosos, etc. A variação da composição (em massa) é estimada, em geral, em termos de seus materiais (ANGULO e JOHN, 2002).

A composição dos resíduos de construção e demolição varia segundo as características regionais. Essa variação ocorre principalmente devido ao desenvolvimento tecnológico e econômico da região e sobretudo dos métodos utilizados para demolição.

Na tabela 3, pode-se observar que a somatória de argamassa, concreto e material cerâmico corresponde a mais de 60% do total dos resíduos nas cidades apresentadas. Isso deve ser visto de uma maneira positiva, já que os materiais da Classe A são os materiais que apresentam maior potencial de reciclabilidade como agregados.

Tabela 3 – Composição dos Resíduos de Demolição e Construção.

Constituintes	São Carlos ^{la}	São Paulo ^{lb}	Porto Alegre ^{lc}	Ribeirão Preto ^{ld}	Salvador ^{le}	Campina Grande ^{lf}	Maceió ^{lg}
Argamassa	63,67%	25,20%	44,20%	37,40%	53%	28%	27,82%
Concreto	4,38%	8,20%	18,30%	21,10%		10%	18,65%
Material Cerâmico	29,09%	29,60%	35,30%	20,80%	9%	34%	48,15%
Cerâmica Polida	0,39%	-	0,10%	2,50%	5%	1%	3,06%
Rochas e solos	0,13%	32%	1,80%	17,70%	27%	9%	-
Outros	2,34%	5%	-	0,50%	6,00%	18%	2,32%

Fonte: ^{la} PINTO (1986); ^{lb} BRITO FILHO (1999); ^{lc} LOVATO (2007); ^{ld} ZORDAN (1997); ^{le} QUADROS e OLIVEIRA (2001); ^{lf} NÓBREGA (2002) e ^{lg} VIEIRA (2003).

3.6. Principais fontes e causas da geração de resíduos

Existem inúmeros fatores que contribuem para a geração de resíduos, mas de acordo com Leite (2001), podemos destacar:

- A alta de qualidade dos ens e serviços, podendo isto dar origem às perdas de materiais, que saem das obras na forma de entulho;

- A urbanização desordenada que faz com que as construções passem por adaptações e modificações gerando mais resíduos;
- O aumento do poder aquisitivo da população e as facilidades econômicas que impulsionam o desenvolvimento de novas construções e reformas;
- Estruturas de concreto mal concebidas que ocasionam a redução de sua vida útil e necessitam de manutenção corretiva, gerando grandes volumes de resíduos;
- Desastres naturais, como avalanches, terremotos e tsunamis;
- Desastres provocados pelo homem, como guerras e conflitos armados.

Segundo ANGULO (2000), as principais fontes de geração dos RCD, estão:

- na elaboração do projeto, causando erro de contratos e ou modificações no projeto;
- na intervenção, causando excesso ou ausência de ordens, além de erros no fornecimento;
- na manipulação dos materiais, causando danos durante o transporte dos materiais e realizando estoques inadequados;
- na operação e outras ações, causando mau funcionamento dos equipamentos, uso de materiais incorretos, sobras de materiais em dosagens, vandalismos e roubos.

3.7. Formas de disposição final dos Resíduos Sólidos

As formas mais utilizadas e conhecidas de disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos ou Lixos Sólidos Urbanos são:

Lixões: é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto (IPT, 1995).

Aterro Controlado: Os aterros controlados são locais intermediários entre o lixão e o aterro sanitário. Trata-se geralmente de antigas células que foram remediadas e passaram a reduzir os impactos ambientais e a gerenciar o recebimento de novos resíduos.

Esses locais recebem cobertura de argila e grama e fazem a captação dos gases e do chorume. O biogás é capturado e queimado e parte do chorume é recolhida para a

superfície. Os aterros controlados são cobertos com terra ou saibro diariamente, fazendo com que o lixo não fique exposto e não atraia animais D'Almeida, 2000 .

Aterro Sanitário: são espaços preparados para a deposição final de resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Esses locais são planejados para captar e tratar os gases e líquidos resultantes do processo de decomposição, protegendo o solo, os lençóis freáticos e o ar.

As células são impermeabilizadas com mantas de PVC e o chorume é drenado e depositado em um poço, para tratamento futuro. O biogás é drenado e pode ser queimado em flaires ou aproveitado para eletricidade. Por ser coberto por terra diariamente não há proliferação de pragas urbanas.

Técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais (IPT, 1995).

Método que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário (IPT, 1995).

Incineração: consiste na queima dos detritos em um incinerador ou usina de incineração, a temperaturas superiores a 900 graus Celsius com vantagens do método podem-se citar a redução significativa do volume dos dejetos municipais (principalmente cinzas de compostos orgânicos e aglomerados inorgânicos solidificados), a diminuição do potencial tóxico dos dejetos e a possibilidade de utilização da energia liberada com a queima. O uso desta técnica no Brasil é bastante incipiente em torno de 30 municípios optaram por incinerar seus resíduos sólidos D'Almeida, 2000 .

3.8. Disposição de RCC's de acordo com a classe

A maioria dos resíduos sólidos que são gerados através da demolição estão classificados nas classes A e B e portanto acessíveis para reciclagem e reutilização.

De acordo com a Resolução 307/2002 CONAMA, os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura,

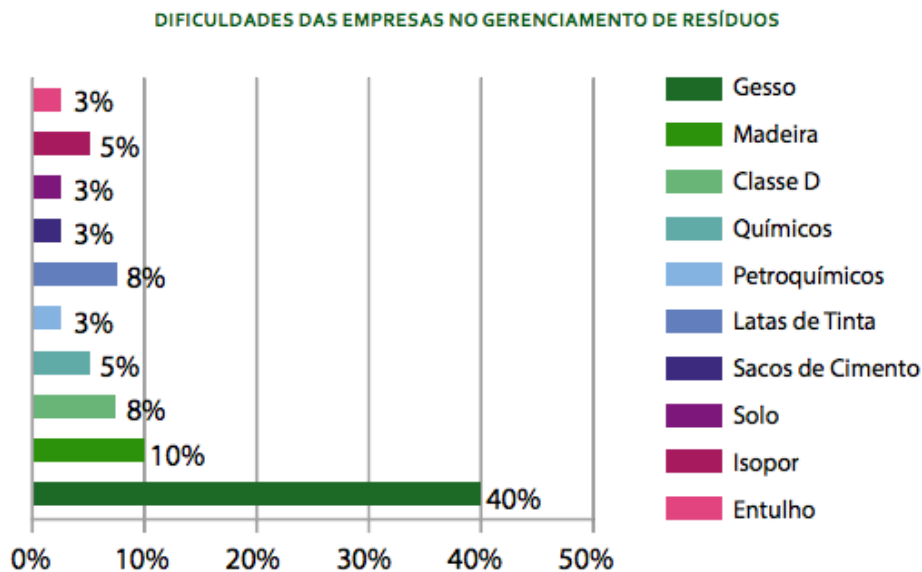
III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Uma pesquisa realizada pela SindusCon-SP no ano de 2011 contendo 40 construtoras atuantes em 55 municípios do estado de São Paulo revela alguns dados importantes como a dificuldade no gerenciamento de resíduos específicos, porcentagem de empresas que reciclam os resíduos de suas obras e porcentagem de empresas que reciclam os resíduos no próprio canteiro de obras.

A figura 1 fornece os principais materiais a serem reciclados e quais obtêm uma maior e menor dificuldade. Apesar da mudança de classificação o gesso aparece como material com maior dificuldade disparado, com 40% das empresas, quando comparado com o segundo colocado que é a madeira, com 10%. Em seguida aparece os materiais da classe D juntamente com as latas de tinta.

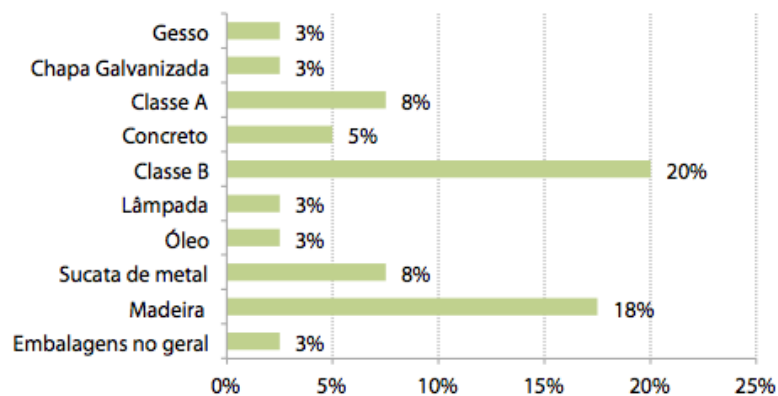
Figura 1 - Principais Resíduos de Construção e Demolição (RCD) com potencial de reciclagem e dificuldades para gerenciamento.



Fonte: Sindicato da Indústria da Construção Civil – SINDUSCON (2012).

De acordo com o gráfico apresentado na figura 2, pode-se observar a porcentagem de empresas que reciclam os resíduos que são gerados nos seus canteiros de obras. Também verifica-se que 20% das empresas reciclam os resíduos da Classe B, enquanto que 8% reciclam os resíduos da Classe A. Isso demonstra que apesar dos resíduos de Classe A apresentarem maior potencial de reciclagem, não é isso o que, de fato, acontece dentro das empresas atuantes no estado de São Paulo.

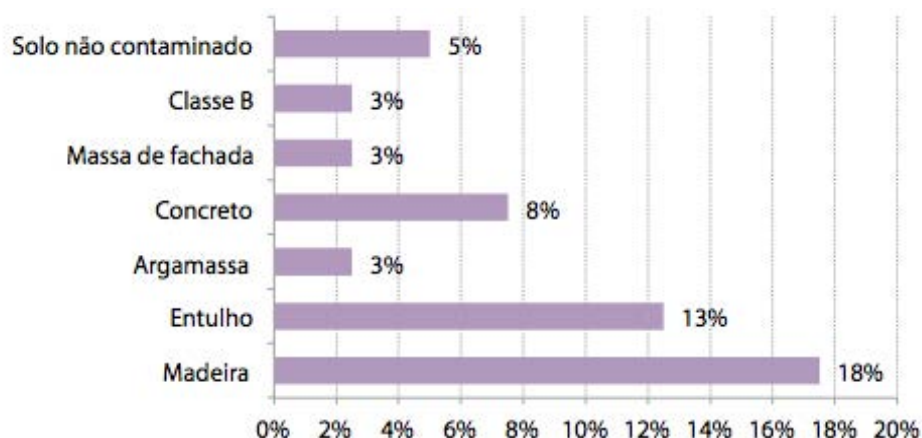
Figura 2 – Percentagem de empresas que reciclam seus RCD's.



Fonte: Sindicato da Indústria da Construção Civil – SINDUSCON (2012)

A figura 3 apresenta a porcentagem das empresas que reutilizam os resíduos em suas obras. Podemos observar que 18% das empresas reutilizam a madeira e 13 % reutilizam o entulho. Esses dados podem ser compreendidos pois no caso da madeira por exemplo é um material de fácil reutilização (dependendo da finalidade) quando comparados aos materiais de Classe A como concreto, cerâmicas e argamassas que precisam passar por um processo de transformação para serem reutilizados.

Figura 3 – Porcentagem de empresas que reutilizam os resíduos em suas obras.



Fonte: Sindicato da Indústria da Construção Civil – SINDUSCON (2012).

3.9. Agenda 21 e construção sustentável

A Agenda 21 é um dos documentos oficiais que foram elaborados na ECO-92, que por sua vez teve como princípio básico a busca do desenvolvimento socioeconômico em harmonia com o meio ambiente, conservando e protegendo os ecossistemas da Terra.

Assim como a Agenda 21, a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento também é um outro documento oficial que foi gerado a partir da ECO-92. Este documento foi composto de 27 princípios com o objetivo de “esta eleger uma nova e justa parceria global mediante a criação de novos níveis de cooperação entre os Estados, os setores-chaves da sociedade e os indivíduos, trabalhando com vistas à conclusão de acordos internacionais que respeitem os interesses de todos e protejam a integridade do sistema global de meio ambiente e desenvolvimento, reconhecendo a natureza integral e interdependente da Terra”.

(Ministério do Meio Ambiente – Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento).

A Declaração de Política de 2002 da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Johannesburg, afirma que o Desenvolvimento Sustentável é construído sobre “três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores”: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental.

A Agenda 21 considera que os resíduos sólidos, em geral, constituem um dos principais causadores da degradação ambiental, tanto pelo volume gerado quanto por seu tratamento e sua destinação inadequados. Sua gestão representa um dos principais problemas a serem resolvidos por organismos do governo e prefeituras municipais (COSTA, 2003). No Brasil, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos buscando quantificar o volume de resíduo de construção e demolição (RCD) produzido diariamente nas grandes cidades (JOHN e AGOPYAN, 2005).

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - AsBEA, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS e outras instituições apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais destacamos:

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;
- não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- qualidade ambiental interna e externa;
- gestão sustentável da implantação da obra;
- adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- uso de matérias-primas que contribuam com a eco-eficiência do processo;
- redução do consumo energético;
- redução do consumo de água;
- reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

A Agenda 21 define Construção Sustentável como “um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica”.

Para que seja realizada uma implantação urbana cada vez mais sustentável é necessário todo um apoio das Prefeituras municipais. Isso significa mudar todo um plano de gestão urbanística. Apenas o governo tem o poder de formular novos códigos, leis e incentivos tributários que abrangem todo o setor da construção civil, ou ainda estimular a construção sustentável através de convênios com as concessionárias de água, luz e esgoto.

Para se pensar em fazer uma construção sustentável é preciso pensar em todo o ciclo de vida da obra, desde sua concepção no projeto, manutenção, até inclusive a demolição.

Segundo o IDHEA (Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica), existem nove requisitos para definir uma construção sustentável:

- 1 – Planejamento da obra de forma sustentável;
- 2 – O aproveitamento dos recursos naturais disponíveis (ex. ventilação e iluminação natural);
- 3 – Eficiência Energética;
- 4 – Gestão e Economia de água;
- 5 – Gestão de resíduos na edificação;
- 6 - Qualidade do ar e ambiente interior;
- 7 – Conforto térmico e acústico;
- 8 – Uso racional dos materiais;
- 9 – Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

3.10. Reduzir, reutilizar e reciclar

Na tentativa de amenizar os impactos que a grande geração de resíduos causam para o meio ambiente, precisa-se colocar em prática algumas ações de conscientização da sociedade para buscar uma relação harmônica entre consumidor e meio ambiente.

Conhecidos como os 3 R's da sustentabilidade e Reduzir, Reutilizar e Reciclar ,

este princípio apresentado na Agenda 21 propõe bons hábitos que com pequenas atitudes conseguimos grandes resultados alinhados com o desenvolvimento sustentável. Devemos ver estas ações como um ciclo vicioso, onde a primeira etapa é a redução, seguido da reutilização e por fim a reciclagem.

reduzir

A redução é o primeiro passo dentro deste ciclo. Basicamente é feita com a redução do desperdício. Algumas ações que podem diminuir a geração de resíduos são: uso racional da água, economia de energia, economia de combustível, comprar apenas o necessário, racionalizar o uso de papel, optar sempre por produtos de embalagens retornáveis, utilizar copos laváveis em vez de descartáveis, dentre outros.

reutilizar

A reutilização é onde objetivamos otimizar ao máximo o uso do material antes que seja descartado. Isso pode ser feito reutilizando embalagens e potes, reutilizando papel como rascunho aproveitando os dois lados da folha, manutenção de móveis e equipamentos antigos ao invés de comprar um novo, doação de roupas e bens para quem vai reutilizar, reutilizar envelopes etc..

reciclar

Reciclar nada mais é do que fazer o reaproveitamento de materiais como matéria prima para um novo produto. Os materiais mais comuns são papel, vidro, metal e plásticos. Podemos contribuir para a reciclagem separando o lixo orgânico do lixo reciclável. Dentre os vários benefícios que a reciclagem proporciona, destacamos: diminuição da utilização de fontes naturais e diminuição do volume de resíduos para disposição final. Na figura 4 é apresentado o símbolo internacional da reciclagem.

Figura 4 – Símbolo internacional da reciclagem



Fonte: <<http://portalplanetaverde.blogspot.com.br/2011/08/reciclagem.html>> Acesso em 6 set. 2013.

Alguns dos benefícios trazidos pelo princípio dos 3 R's são:

- minimização da quantidade de lixo;
- minimização da exploração dos recursos naturais (muitas vezes não-renováveis);
- redução do consumo de energia;
- redução da poluição do ar, do solo e das águas;
- geração de empregos

3.11. Lei número 12.305, de 2 de agosto de 2010

A Lei 12.305/2010 é composta de 57 artigos que deixam bem claro a responsabilidade do setor público e privado e é de suma importância a cooperação de toda a sociedade visto que todos dependemos do meio ambiente para sobreviver.

O artigo primeiro da lei 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos dispondo dos seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

O capítulo II trata sobre onze princípios e quinze objetivos desta lei. Podemos resumir os princípios em: prevenção e precaução, o princípio poluidor-pagador e protetor-recebido, desenvolvimento sustentável juntamente com o princípio da ecoeficiência, cooperação entre as diferentes esferas do poder público e demais segmentos da sociedade, e o princípio da participação social. Quanto aos objetivos, os que se destacam são: zelar pela proteção da saúde pública e qualidade do meio ambiente; redução, reutilização, reciclagem, tratamento e minimizar ao máximo a geração dos resíduos sólidos, e ainda a disposição final ambientalmente adequada.

De acordo com a Lei 12.305/2010, entende-se por disposição ambientalmente adequada:

“distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”

Um dos conceitos importantes tratados dentro desta lei é o da Responsabilidade Compartilhada, onde o setor público transfere para o setor privado a responsabilidade total pelo ciclo de vida do produto. Além deste, trata-se ainda do sistema de logística reversa, instrumento utilizado afim de que o produto retorne ao seu fabricante.

Uma das principais novidades trazidas por esta lei foi publicado pelo Decreto de número 7.619 que diz que as indústrias que adquirirem produtos reciclados como matéria prima terão crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Essa é uma excelente maneira de incentivar e fazer com que o país busque a sustentabilidade.

3.12. Aplicação dos RCD's

3.12.1. Utilização dos RCD's como agregado

Alguns dos principais motivos da grande quantidade de resíduos que são gerados na construção civil podem ser listados abaixo:

- falta de mão de obra qualificada;
- utilização de equipamentos ultrapassados ou de baixa tecnologia;

- cultura da construção civil brasileira quanto ao grande desperdício de material;

O setor da construção civil é um dos que mais consomem matérias-primas naturais. Estima-se que a construção civil consome algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (SJOSTROM,1992). O consumo de agregados é imenso. Algumas reservas de matérias-primas, como por exemplo o cobre, tem vida útil estimada de pouco mais de 60 anos (INDUSTRY ENVIROMENT,1996). Em uma cidade como São Paulo o esgotamento das reservas próximas a capital faz com que a areia natural já seja transportada de distâncias superiores a 100Km, implicando em enormes consumos de energia e são grandes geradores de poluição, dada sua dispersão espacial, transporte a grandes distâncias. Cerca de 80% da energia utilizada na produção do edifício é consumida na produção e transporte de materiais (INDUSTRY ENVIROMENT,1996).

No Brasil, a reciclagem de RCC ainda é pequena quando comparados com os países europeus. Podemos associar esta baixa aderência das construtoras em reciclar materiais com a falta de icentivo do governo e também com uma falsa imagem de que o produto reciclado tem uma qualidade inferior ao produto novo.

Praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor da construção civil são geradoras de entulho. No processo construtivo, o alto índice de perdas do setor é a principal causa do entulho gerado. Embora nem toda perda se transforme efetivamente em resíduo, uma parte fica na própria obra, a quantidade de entulho gerado corresponde, em média, a 50% do material desperdiçado (ZORDAN, 1997).

Os entulhos que são descartados em locais inadequados como praças, ruas e terrenos podem provocar riscos ao meio ambiente e à sociedade com a proliferação de vetores transmissores de doenças. O entulho é, talvez, o mais heterogêneo dentre os resíduos industriais, sendo constituído de restos de praticamente todos os materiais da construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, entre outros) e sua composição química está vinculada à composição de cada um de seus constituintes (ZORDAN, 1997).

De acordo com o Doutor Sérgio Eduardo Zordan do Departamento de Engenharia Civil-USP e membro do projeto de reciclagem Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), podemos

citar alguns usos recomendados para resíduos reciclados contando suas características e vantagens:

Areia reciclada: Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.

Usos recomendados: Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.

Pedrisco reciclado: Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.

Usos recomendados: Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.

Brita reciclada: Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.

Usos recomendados: Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.

Bica corrida: Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm.

Usos recomendados: Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.

Rachão: Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.

Usos recomendados: Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

3.12.2. Utilização dos RCD's em pavimentação

A forma mais simples de reciclagem do entulho é a sua utilização em pavimentação (base, sub-base ou revestimento primário) na forma de brita corrida ou ainda em misturas do resíduo com solo.

Tanto no Brasil como no exterior, o uso do RCD reciclado como agregado em atividades de pavimentação ganhou popularidade, uma vez que as exigências de qualidade como produto são menores que as exigências de qualidade para uso em concreto (RILEM RECOMMENDATION, 1994; HENDRIKS, 2000; ISWB, 2001).

Essa prática é conhecida como reciclagem de baixo valor.

Vantagens:

- É a forma de reciclagem que exige menor utilização de tecnologia o que implica menor custo do processo;
- Permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- Gera economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação à sua utilização em argamassas), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece em granulometrias graúdas;
- Possibilita a utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;

3.12.3. Utilização dos RCD's como agregado para o concreto

O entulho processado pelas usinas de reciclagem pode ser utilizado como agregado para concreto não estrutural, a partir da substituição dos agregados convencionais (areia e brita).

Vantagens:

- Permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- Gera economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação à sua utilização em argamassas), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece em granulometrias graúdas;
- Possibilita a utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;

- Possibilita a melhoria no desempenho do concreto em relação aos agregados convencionais, quando se utiliza baixo consumo de cimento.

3.12.4. Utilização dos RCD's como agregado para confecção de argamassas

Após ser processado por equipamentos denominados "argamasseiras", que moem o entulho, na própria obra, em granulometrias semelhantes as da areia, ele pode ser utilizado como agregado para argamassas de assentamento e revestimento.

Vantagens:

- utilizado do resíduo no local gerador, o que elimina custos com transporte;
- efeito pozolânico apresentado pelo entulho moído;
- redução no consumo do cimento e da cal, e
- ganho na resistência a compressão das argamassas.

3.12.5. Outras potenciais aplicações para os RCD's

- Utilização de concreto reciclado como agregado;
- Cascalhamento de estradas;
- Preenchimento de vazios em construções;
- Preenchimento de valas de instalações;
- Reforço de aterros (taludes).

De acordo com LIMA (1999), no Brasil, recomenda-se que a máxima resistência mecânica dos concretos seja de 18 MPa, quando utilizados agregados provenientes de resíduos de concreto, e considera-se apenas a fração miúda desses agregados. Porém de acordo com a norma brasileira, recomenda-se uma resistência (fck) máxima de 15MPa.

A tabela 4 apresenta algumas recomendações para a utilização de agregados graúdos de RCD reciclados em concretos, máxima resistência mecânica, quando utilizado de acordo com a natureza do agregado, condições de exposição e ainda a aplicação desses resíduos reciclados.

Tabela 4 – Recomendações de LIMA (1999) para o uso de agregados graúdos de RCD reciclados em concretos no Brasil.

Natureza do agregado	concreto	alvenaria
Resistência Máxima (MPa)	16	12
Condições de exposição	sem presença de umidade	sem presença de umidade
Aplicação	contrapiso, bases, vergas e blocos	contrapiso, bases, vergas e blocos

Fonte: LIMA (1999).

De acordo com ZORDAN (1997), a reciclagem do entulho, independente do uso que a ele for dado e, representa vantagens econômicas, sociais e ambientais, tais como: economia na aquisição de matéria prima, devido a substituição de materiais convencionais, pelo entulho; diminuição da poluição gerada pelo entulho e de suas consequências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos; e preservação das reservas naturais de matéria prima. Isso vem sendo comprovado pelas administrações municipais das cidades de São Paulo, Belo Horizonte e Ribeirão Preto que foram citadas ao longo do referencial teórico deste trabalho.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho resultou da compilação de dados gerados por estudos sobre o aproveitamento de materiais de demolição em geral e da construção civil no Brasil, no qual foi estudado desde o método de captação dos resíduos para reciclagem, processo de transformação destes resíduos, até o seu aproveitamento em diferentes setores da construção civil.

Foram feitas visitas técnicas presenciais ao Parque Santa Luzia e também no Ecoponto localizado no bairro Pedregulho. As visitas serviram para coleta de dados e para analisar a logística adotada. Com base nos dados da literatura e nos levantamentos obtidos nas visitas técnicas, discutiu-se o panorama atual de gestão de resíduos da construção civil e demolição no município de Guaratinguetá-SP.

Figura 5 – Ponto de entrega - ecoponto do pedregulho de Guaratinguetá-SP.



Fonte: <<http://portalg13.com/prefeitura-de-guaratingueta-inaugura-ecoponto-no-pedregulho.html>> Acesso em: 8 de novembro de 2013.

Foram consultadas a Lei Federal número 12.305, de 2 de agosto de 2010; a Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei no 11.445/07) e as Resoluções do CONAMA nº 307/2002 e nº 308/2002. A Resolução CONAMA nº 307 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e a nº 308 trata do

licenciamento de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios.

Caracterização da Área de Estudo

O município de Guaratinguetá situa-se na região leste do Estado de São Paulo, no Vale do Paraíba, e ocupa uma área de 751,443, com clima quente, de inverno seco e temperatura média anual de 22° C, sendo a precipitação pluviométrica anual média de 1.360 mm (NASCIMENTO et al., 2006).

Guaratinguetá limita-se ao norte com os municípios de Piquete e Delfim Moreira, ao sul com Lagoinha e Cunha, ao leste com Lorena e a oeste com Aparecida, Roseira, Pindamonhangaba e Campos do Jordão. No norte da região de Guaratinguetá, encontra-se a Serra da Mantiqueira, no sul a Serra Quebra Cangalha e a Serra do Mar. Localizado no vale, entre as duas serras, encontra-se o Rio Paraíba do Sul, no qual desembocam o ribeirão São Gonçalo, ribeirão dos Motas, ribeirão Piaguí e o ribeirão Guaratinguetá, sendo este último responsável por, aproximadamente, 80% do abastecimento de água da cidade (NASCIMENTO et al., 2006).

Figura 6 – Município de Guaratinguetá-SP.



Fonte: Google Maps 2013.

Guaratinguetá desempenhou importante papel no ciclo do ouro, sendo o mais

importante centro abastecedor do território mineiro. No século XVIII, com sua economia voltada para a cultura da cana-de-açúcar, foi considerada uma das mais importantes vilas da Capitania de São Paulo. O ciclo do café, atingiu seu apogeu, político, econômico e social com grande desenvolvimento urbano, recebendo em 1844, o título de cidade. A partir da década de 1940, iniciou-se o processo de industrialização, intensificado com a inauguração da Rodovia Presidente Dutra. Com isso enfrentou uma drástica transformação na sua estrutura sócio-econômica, com fortes agressões na sua paisagem, ocupação desordenada do espaço físico e uso indevido do solo (NASCIMENTO et al., 2006).

Segundo avaliação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município possui cerca 113.258 habitantes e uma área de extensão territorial de 751 km² (IBGE, 2012).

O Parque Ambiental Santa Luzia, onde também se encontra a Cooperativa Amigos do Lixo, está localizado a cerca de 8 km do centro da cidade e a aproximadamente 1 km do rio Paraíba, com área total de 30.000 m². Se situa na Estrada Vicinal Rafael Américo Ranieri, no bairro Santa Luzia, na cidade de Guaratinguetá-SP, região do Vale do Paraíba. Este parque foi criado por que o lixo trazia sérios problemas ambientais e sociais para a cidade.

Figura 7 – Entrada do Parque Ambiental Santa Luzia.



Fonte: autoria própria.

Figura 8 – Local do antigo lixão de Guaratinguetá-SP que foi transformado no Parque Ambiental Santa Luzia.



Fonte: autoria própria.

A prefeitura de Guaratinguetá também inaugurou no dia 20 de setembro de 2012 o primeiro Ecoponto, localizado no bairro Pedregulho, destinado a receber todo o tipo de material descartável para, em parceria com a Cooperativa Amigos do Lixo, dar a destinação correta. O Ecoponto está preparado para receber desde uma simples pilha de rádio ou bateria de celular até os Resíduos de Construção Civil (RCC).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Gestão de resíduos sólidos do município de Guaratinguetá-SP

Os resíduos sólidos gerados no município de Guaratinguetá/SP até aproximadamente 1970 eram dispostos as margens do rio Paraíba do Sul no bairro da Nova Guará. Hoje este bairro é classificado como residencial e possui alguns pontos comerciais como supermercados, bares e lojas de pequeno porte.

Figura 9 – Antiga área do lixão de Guaratinguetá e ao fundo o Rio Paraíba do Sul. Foto tirada em 2006.



Fonte: Plano de saneamento básico de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos de Guaratinguetá/SP - SAEG

Após 1970, a disposição final dos resíduos passou a ser feita no lixão, situado na vicinal Américo Ranieri, no bairro Santa Luzia. O lixão do município era uma área de aproximadamente 30.000 metros quadrados e sequer tinha algum tipo de proteção ambiental, apenas cobrindo o grande volume de lixo com terra, tornando uma área de alto risco sanitário para a população e principalmente para os catadores de lixo e aos moradores que residiam próximo ao local.

Figura 10 – Parque Ambiental Santa Luzia – Cooperativa Amigos do Lixo - antiga área de depósito do lixo.



Fonte: autoria própria.

Na figura 10 podemos observar na placa instalada na entrada da cooperativa amigos do lixo alguns benefícios trazidos aos trabalhadores:

- Inclusão social: geração de renda, valorização profissional e melhoria da qualidade de vida;
- Mobilização da sociedade: mudança de hábitos e valores do cotidiano;
- Tecnologia apropriada: infra-estrutura técnica e operação adequada.

Após a intervenção da CETESB, em 1998, a Prefeitura Municipal assinou o Termo de compromisso de Ajustamento de Conduta - TAC, estabelecendo prazo para regularização do lixão, pois as condições do mesmo eram inadequadas, tanto do aspecto físico, como no aspecto social. Ao se observar o relatório estadual de resíduos sólidos domiciliares da CETESB, constata-se que até esta época não havia a preocupação com os impactos ambientais. Foi simplesmente escolhida uma área que se localizava na zona rural, portanto, distante do espaço urbano. Os moradores, após deixarem seu lixo na porta para ser recolhido pelo caminhão coletor, não seriam mais

importunados pelos mesmos, pois eram levados para um lugar distante de alcance visual. Houve uma simples apropriação do espaço sem levar em conta as conseqüências ambientais e sociais da questão (NASCIMENTO et al., 2006). O TAC estabelecia, ainda, que os resíduos sólidos não poderiam ser depositados no lixão do bairro Santa Luzia e, a partir de 01 de janeiro de 2006, a área teria que ser recuperada.

Portanto, durante os 35 anos de disposição inadequada de resíduos de todos os tipos de origem, inclusive lixos industriais de toda a região, causou problemas gravíssimos como contaminação do solo devido ao chorume, poluição do meio ambiente devido a geração de biogás e proliferação de doenças.

Até o ano 2000, além do comprometimento ambiental havia também os problemas sociais: famílias inteiras sobreviviam e muitas vezes viviam no lixão, sob precárias condições de subsistência. Devido à baixa remuneração acabavam colocando mulheres e crianças para aumentar a produção de coleta de materiais recicláveis. As crianças deixavam de freqüentar a escola, gerando mais um problema social: o trabalho infantil (NASCIMENTO et al., 2006).

De acordo com a avaliação feita pela CETESB, em 1999, o lixão estava com sua capacidade esgotada e a área utilizada para disposição final era imprópria. Alguns aspectos físicos foram listados, como:

- capacidade de suporte do solo inadequada;
- proximidade de núcleos habitacionais;
- proximidade de corpos de água;
- profundidade do lençol freático entre 0 e 1,0 m;
- permeabilidade alta do solo; não disponibilidade de material para recobrimento;
- qualidade ruim do material para recobrimento;
- condições regulares de sistema viário, trânsito e acesso;
- isolamento visual da vizinhança inadequado;
- localização ilegal.

Algumas condições operacionais também foram listadas, como:

- aspecto geral ruim;
- ocorrência de lixo descoberto;
- presença de urubus, gaivotas e moscas;

- presença de catadores; criação de animais (porcos, bois);
- inexistência de funcionamento da drenagem pluvial provisória e definitiva;
- inexistência de funcionamento de drenagem de chorume;
- inexistência de funcionamento do sistema de tratamento de chorume;
- inexistência de funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas;
- ineficiência da equipe de vigilância;
- inexistência de sistema de drenagem de gases;
- inexistência de controle de recebimento de carga.

A partir daí, deu-se início ao processo de melhorias do lixão como retirada de catadores, instalação de drenagem do chorume, instalação de sistema de drenagem de gases, cercamento da área, retirada de animais, coleta seletiva, e o principal marco foi a criação da Cooperativa “Amigos do lixo”. Esta cooperativa é formada pelos próprios catadores de lixo que ali sobreviviam e os catadores de toda a cidade e tem por finalidade preservar o meio ambiente através da reciclagem e coleta seletiva e melhorar as condições de trabalho dos catadores. Com isso, além do problema ambiental, foi solucionado toda uma questão social através da geração de renda e melhoria na qualidade de vida dessas pessoas.

As principais consequências da disposição final inadequada dos resíduos sólidos no município de Guaratinguetá/SP foram:

- acúmulo de nutrientes minerais (eutrofização) no solo e nas águas;
- aumento da toxicidade do chorume com o tempo;
- redução da flora e fauna, do solo e das águas superficiais;
- degradação dos recursos hídricos;
- aumento de animais vetores de doenças;
- poluição e contaminação do lençol freático;
- poluição atmosférica.

Como o local recebeu resíduos durante um período de 35 anos, pode estar havendo a contaminação do freático. Estudos revelam que o impactos ambientais causados ainda sejam sentidos durante um período de 30 anos. A partir do ano de 2006, o lixão passou por um processo de recuperação pela aplicação de técnicas de

engenharia como: implantação de manta de polietileno de alta densidade (PEAD) para impermeabilização do solo, instalação de drenos horizontais para captação do chorume e instalação de drenos horizontais para captação de gases, cobertura impermeabilizante com uma camada de argila, construção de taludes para estabilização da área, cobertura vegetal e arborização. Porém, atualmente ele está desativado com finalidade de recuperação e controle da área contaminada pelo antigo lixão. O funcionamento do local é apenas como área de transbordo para resíduos não recicláveis que são transportados para o município de Cachoeira Paulista-SP.

Hoje, os resíduos não recicláveis são coletados pela empresa terceirizada Vale Soluções Ambientais (VSA) e o armazenamento é feito no Parque Ambiental Santa Luzia para posteriormente ser transportado para Cachoeira Paulista, onde recebe o devido tratamento no aterro, isso faz com que seja gasto em média R\$400.000,00 por mês dos cofres do município.

Já os resíduos recicláveis, vindos da coleta seletiva dos resíduos domiciliares ou do Ecoponto (pertencente à cooperativa Amigos do Lixo) situado no bairro pedregulho, são reciclados pela cooperativa Amigos do Lixo. Segundo o Engenheiro Leandro Bettoni, diretor do Parque Santa Luzia, a cooperativa é responsável pela coleta de 2 toneladas por dia, o que atende cerca de 20% da população. Essa quantidade de materiais coletados gera uma receita total de R\$22.000,00 por mês e esse dinheiro é destinado ao pagamento dos funcionários e agentes ambientais. Além da venda deste material a prefeitura fornece uma ajuda para a manutenção de equipamentos que chega a cerca de R\$30.000,00 ao mês. Portanto, um investimento relativamente baixo com a coleta e reciclagem, trás muitos benefícios para o meio ambiente caminhando para o desenvolvimento sustentável. Entre estes benefícios podem ser citados: a preservação dos recursos naturais, a economia de energia, o aumento da vida útil dos aterros, a diminuição dos impactos ambientais e a melhoria na qualidade de vida das pessoas direta e indiretamente, além de benefícios sociais com a inclusão social, geração de renda e empregos.

5.2. Gestão dos RCD's

De acordo com o Engenheiro Leandro Bettoni, diretor do Parque Ambiental Santa Luzia, o volume total de resíduos sólidos urbanos que são gerados no município de Guaratinguetá-SP é de, aproximadamente, 70 toneladas por dia, dos quais, cerca da metade do volume, corresponde aos resíduos de construção e demolição. A tabela 5 apresenta o volume de resíduos sólidos urbanos que são coletados pela SAEG em parceria com a empresa terceirizada VSA.

Tabela 5 - Quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos coletados pela SAEG em Guaratinguetá-SP.

Resíduos Sólidos Urbanos	Quantidade (t dia⁻¹)
RCD	35
Coleta seletiva	2
RSS	6
RSD	27
TOTAL de RSU (t dia⁻¹)	70

Fonte: SAEG (2010)

Esses dados apresentados na tabela 5 correspondem ao total de resíduos que são coletados pela SAEG, porém estima-se que este valor esteja muito abaixo do valor real de resíduos sólidos urbanos que são gerados no município. Quando analisamos o “Plano de saneamento básico de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos de Guaratinguetá-SP”, percebemos que os valores apresentados para a quantidade de RCD gerados são cerca de quase 2,55 vezes maiores do que a quantidade apresentada na tabela 5. As tabelas 6 e 7 apresentam uma estimativa de custos para uma suposta implantação de uma central de britagem nos municípios de Guaratinguetá-SP e Cachoeira Paulista-SP, de acordo com o Plano de saneamento de Guaratinguetá.

Estima-se que a quantidade de resíduos gerados no município é muito maior do que a quantidade coletada pela prefeitura e pela empresa contratada (VSA). Portanto, como o município de Guaratinguetá ainda não definiu o local apropriado para a disposição final dos resíduos inertes, grande parte dos RCD's gerados são lançados de forma inadequada em terrenos baldios e no meio ambiente causando grandes impactos.

Tabela 6 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de uma central de britagem de inertes no município de Guaratinguetá-SP.

Descrição	VPL (R\$)
1. VPL do custo total	2.441.053,63
1.1. Custos de investimento	1.264.887,10
. Terreno	1.674,23
. Obras civis	473.068,08
Inicial	473.068,08
Por fase	-
. Equipamentos	790.144,80
Fixos	520.374,89
Móveis	269.769,91
. Veículos	-
1.2. Custos operacionais	1.176.166,53
. Custo da unidade	586.182,71
. Custo de transporte(*)	589.983,82

Fonte: SAEG (2010). Disponível em

<http://saeg.guaratingueta.sp.gov.br/saeg/media/PLANOS_MUNICIPAIS/plano_residuos.pdf> . Acesso em: 06 set. 2013.

Tabela 7: Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de uma central de britagem de inertes no município de Cachoeira Paulista-SP.

Descrição	VPL
1.VPL do Custo total	3.042.297,99
1.1. Custos de investimento	453.329,40
. Terreno	906,41
. Obras civis	169.430,57
Inicial	169.430,57
Por fase	-
. Equipamentos	282.992,43
Fixos	186.373,63
Móveis	96.618,80
. Veículos	-
1.2. Custos operacionais	2.588.968,59
. Custo da unidade	229.033,31
. Custo de transporte	2.359.935,28

Fonte: SAEG (2010). Disponível em

<http://saeg.guaratingueta.sp.gov.br/saeg/media/PLANOS_MUNICIPAIS/plano_residuos.pdf> . Acesso em: 06 set. 2013.

Analisando os dados apresentados nas tabelas 6 e 7, foi possível verificar que a implantação de uma central de britagem em Guaratinguetá seria mais viável do que em Cachoeira. Apesar dos custos de investimento e de equipamentos serem mais altos em Guaratinguetá-SP, quando o componente transporte é considerado, o orçamento fica cerca de 20% mais elevado em Cachoeira Paulista.

As tabelas 8 e 9 apresentam uma estimativa de custos para uma suposta implantação de um aterro de inertes para a disposição dos resíduos sólidos inertes não reaproveitáveis nos municípios de Guaratinguetá-SP e Cachoeira Paulista-SP, respectivamente.

Tabela 8 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de aterro de inertes no município de Guaratinguetá-SP.

Descrição	VPL (R\$)
1.VPL do Custo total	4.568.239,14
1.1. Custos de investimento	2.693.934,23
. Terreno	150.181,93
. Obras civis	1.460.622,71
Inicial	562.975,26
Por fase	897.647,45
. Equipamentos	1.083.129,59
Fixos	17.592,98
Móveis	200.650,01
. Veículos	864.886,60
1.2. Custos operacionais	1.874.304,91
. Custo da unidade	1.000.511,29
. Custo de transporte(*)	873.793,62

Fonte: SAEG (2010). Disponível em

<http://saeg.guaratingueta.sp.gov.br/saeg/media/PLANOS_MUNICIPAIS/plano_residuos.pdf> . Acesso em: 06 set. 2013.

Tabela 9 – Estimativa de custos, considerando os Valores Presentes Líquidos para a implantação de aterro de inertes no município de Cachoeira Paulista-SP.

Descrição	VPL (R\$)
1.VPL do Custo total	10.670.029,36
1.1. Custos de investimento	2.587.422,80
. Terreno	228.158,79
. Obras civis	1.266.113,65
Inicial	488.004,64
Por fase	778.109,01
. Equipamentos	1.093.150,36
Fixos	15.250,14
Móveis	328.189,34
. Veículos	749.710,87
1.2. Custos operacionais	8.082.606,57
. Custo da unidade	743.750,30
. Custo de transporte	7.338.856,26

Fonte: SAEG (2010). Disponível em http://saeg.guaratingueta.sp.gov.br/saeg/media/PLANOS_MUNICIPAIS/plano_residuos.pdf . Acesso em: 06 set. 2013.

Analisando os dados apresentados nas tabelas 8 e 9, verificou-se que a implantação de um aterro de inertes no próprio município de Guaratinguetá-SP seria a opção mais viável economicamente. Quando observamos os valores de todas as despesas, notamos que existe uma pequena diferença de custos em quase todos os itens avaliados, porém o custo com o transporte com a suposta implantação do aterro em Cachoeira Paulista inviabiliza o processo, sendo cerca de 57% mais viável economicamente a implantação do aterro de inertes em Guaratinguetá.

Atualmente, a coleta dos resíduos inertes que são organizadas nos locais das obras ou demolições é feita por empresas particulares e os RCD's descartados irregularmente são recolhidos pela Secretaria de Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal, utilizando caçambas. Após a coleta, esses resíduos são encaminhados para ATT que fica ao lado do Parque Santa Luzia, sob responsabilidade da Secretaria de Obras.

Em visita técnica feita ao Parque Santa Luzia, foram concedidas algumas informações e procedimentos da atual gestão dos RCD's, pelo Secretário Adjunto de Obras da Prefeitura Municipal de Guaratinguetá, Roberto dos Santos Araújo.

Atualmente a prefeitura conta com apenas 2 britadores para reaproveitamento do entulho. A transformação do entulho em material reaproveitável ocorre da seguinte maneira:

- 1- Separação manual → Material Bruto
- 2- Balancinha vibratória
- 3- Peneira primária vibratória → Areia e entulho de 2,5 polegadas de diâmetro
- 4- Britador 90x25
- 5- Britador 60x13
- 6- Transportadores de correia
- 7- Separação manual do ferro

Na figura 11 pode ser observado um caminhão tira-entulho de uma empresa particular fazendo o descarregamento no Parque Santa Luzia. Após o descarregamento é feita a separação manual, conforme descrito anteriormente, que serve para retirar o material que não será utilizado (madeira, ferro, plástico, tubulação, papel, entre outros) do material bruto, que é composto de tijolos, blocos cerâmicos, argamassas, concreto, e outros.

Figura 11 – Descarregamento do entulho no Parque Santa Luzia, em Guaratinguetá – SP, realizado por um caminhão tira-entulho de uma empresa particular .



Fonte: autoria própria.

O material separado na primeira etapa e que não será reaproveitado tem como disposição final o aterro de Cachoeira Paulista-SP, conforme ilustra a figura 12.

Figura 12 – Entulho não reaproveitado.



Fonte: autoria própria.

Após a primeira etapa, o material bruto é encaminhado para a balança vibratória, sendo direcionado, com a ajuda de um funcionário para a entrada no britador, como pode ser observado na figura 13.

Figura 13 – Material bruto sendo direcionado à britagem no Parque Santa Luzia



Fonte: autoria própria.

Na terceira etapa do processo, a peneira primária vibratória tem como objetivo separar a areia e o entulho de até 2,5 polegadas de diâmetro do restante do material.

Essa areia e agregado de 2,5 polegadas de diâmetro são imediatamente separados e escoam por um duto até cair lateralmente na área de triagem. Essa areia separada pode ser utilizada para assentamento de tijolos e também para embolso, porém até o momento essa areia é misturada aos agregados na pavimentação de estradas rurais e ruas de bairros mais carentes. É importante ressaltar, ainda, que esse tipo de areia não tem potencial para utilização em reboco, pois não atende às especificações técnicas de acordo com a Norma Brasileira de número 15.258 que estabelece o método para determinação potencial de aderência a tração de argamassas para revestimento de paredes e tetos.

Durante o processo de transformação do material, a prefeitura municipal conta com a ajuda de 5 funcionários e 1 operador de máquinas. Na figura 14 pode-se observar um dos funcionários trabalhando na operação do britador. O material que não passou pela peneira passa pelos britadores 90x25 e 60x13.

Figura 14 – Operador de máquinas trabalhando no britador no Parque Santa Luzia.



Fonte: autoria própria.

Após ser britado, o agregado passa pelo transportador de correia, onde com a ajuda de um funcionário é separado o ferro, que eventualmente não foi detectado na primeira etapa do processo com a separação manual. Na figura 15 pode ser observado um funcionário operando na catação manual de materiais que não são utilizados como

o ferro. Segundo o Secretário Adjunto de Obras, está sendo discutido na prefeitura municipal a possibilidade de aquisição de um separador magnético, que poderá operar com mais precisão e, conseqüentemente, melhorar a composição final do agregado. No entanto, a Secretaria de Obras encontra, atualmente, dificuldades para o desenvolvimento do setor, devido à falta de incentivo financeiro.

Figura 15 – Funcionário operando na separação manual na transportadora de correia no Parque Santa Luzia.



Fonte: autoria própria.

Finalmente, o material já separado em areia e agregados de até 2,5 polegadas de diâmetro, está pronto para ser utilizado. Atualmente, estes materiais são utilizados apenas na pavimentação de estradas rurais e ruas não asfaltadas de bairros mais afastados do centro da cidade. Conforme citado na revisão bibliográfica, este tipo de utilização ganhou popularidade, devido aos baixos ou inexistentes padrões de qualidade. Contudo, os resultados apresentados têm sido bastante satisfatórios, pois além satisfazer a necessidade da população, o reaproveitamento dos RCD's faz com que aumente a vida útil dos aterros, aumente a qualidade de vida da população, diminua os impactos ambientais e diminua a extração de recursos naturais do planeta.

Nas figuras 16 e 17 podem ser observados os materiais processados e adequados para serem aplicados na pavimentação. Com o auxílio de uma pá-carregadeira, os caminhões que fazem o transporte são completos com a areia ou com

o agregado. No processo de pavimentação é aplicada a proporção de 1 caminhão de agregado para 1 caminhão de areia.

Figura 16 – Resíduos de Construção e Demolição (RCD) processados e prontos para utilização em pavimentação.



Fonte: autoria própria.

Figura 17 – Areia + agregado de até 2,5 polegadas de diâmetro, prontos para utilização em pavimentação.



Fonte: autoria própria.

A figura 18 apresenta uma vista geral da estrutura utilizada para a transformação dos RCD's em material britado.

Os dados obtidos neste trabalho evidenciam que o município de Guaratinguetá carece de incentivos financeiros da prefeitura para melhorar sua infra-estrutura e as tecnologias de aproveitamento de Resíduos de Construção e Demolição, que atualmente é muito precária.

Figura 18 – Estrutura utilizada para o processamento dos Resíduos de Construção e Demolição no Parque Santa Luzia.



Fonte: autoria própria.

O Secretário Adjunto de Obras também informou que existe muito interesse na ampliação do setor de reaproveitamento dos RCD do município de Guaratinguetá. Ele relatou que a intenção é investir na qualidade dos equipamentos e na diversidade de aplicações das britas, por meio da melhoria da infra-estrutura, com a implantação de novos Pontos de Entrega Voluntária PEV's. Para melhorar a qualidade final das britas pretende-se adquirir novos equipamentos como um separador magnético para a instalação nos transportadores de correia. O separador magnético tem capacidade para realizar uma separação minuciosa dos materiais e é importantíssimo para o sucesso na qualidade desejável das britas. Para aumentar a diversidade de aplicações do material final, pretende-se operar com 4 peneiras para que aumente a diversidade de utilização.

Para implantação de novos PEV's, a idéia inicial é de contar com 4 novos pontos de 500 metros quadrados de área cada um, com caçambas devidamente separadas e identificadas, com limite de até 1 m³. Todas especificações devem atender

a Norma Brasileira de número 15.112 que fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de RCC e resíduos volumosos. Esses 4 pontos, de acordo com o estudo realizado, ficariam melhor espalhados pela cidade nos bairros: Parque das Alamedas, CECAP, Parque São Francisco e Pedregulho (Rua Alfonso Giannico de esquina com a Rua Joaquim Maia).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos na revisão bibliográfica e no estudo de caso, realizado no município de Guaratinguetá, foi possível entender a gestão e a disposição dos resíduos sólidos do município, mais especificamente, dos resíduos da construção e demolição avaliando seu potencial de reaproveitamento realizado pela prefeitura.

Com a criação do Parque Ambiental Santa Luzia, desde o ano 2000 a área do antigo lixão do município está desativada e passando por um processo de recuperação, devido a disposição irregular de resíduos durante um período de mais de 30 anos. A criação da Cooperativa Amigos do Lixo, que opera na reciclagem, ajudou a sanar problemas ambientais, econômicos e ainda sociais.

Os entulhos gerados pelas construções e demolições acarretam em aumento no custo final dos empreendimentos. Porém, os RCD devem ser vistos como uma fonte de matéria prima, pois grande parte dos entulhos apresenta um grande potencial de aproveitamento, que tem como consequência, a diminuição do desperdício e dos impactos ambientais, além do aumento dos lucros.

Foi discutida a implantação de uma central de britagem e também de um aterro de inertes com alternativa municipal (Guaratinguetá) e regional (Cachoeira Paulista). Em ambos os casos a alternativa mais viável apresentada foi a implantação municipal, devido ao elevado custo do transporte que inviabiliza o processo regional.

Quanto ao reaproveitamento dos RCD's realizado pela prefeitura de Guaratinguetá, verificou-se que há uma preocupação dos membros da Secretaria de Obras para expandir esta atividade, porém o município carece de incentivos do Poder Público para que possa realizar melhorias na infra-estrutura e na tecnologia de processamento dos materiais. Tendo em vista a baixa disponibilidade de recursos, a prefeitura de Guaratinguetá vem realizando um trabalho satisfatório reaproveitando os RCD's na pavimentação de estradas rurais e operações "tapas" em vias de bairros mais afastados do centro da cidade.

Porém, até o momento, o município não atende as normas regulamentadoras CETESB e a CONAMA pois precisa melhorar o recolhimento do lixo em geral. E para isso, o município prevê a instalação de quatro novos PEV's.

REFERÊNCIAS

ANGULO, Sérgio Cirelli. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 155p. **Dissertação (Mestrado)** – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ANGULO, S.C.; JOHN, V.M. **Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade**. In: IX Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Foz do Iguaçu, 2002. Anais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 10.004 resíduos sólidos: classificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 15.112 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 15.258 Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência a tração.

BAKOSS, S. L.; RAVINDRARAJAH, R. S. Recycled construction and demolition materials for use in roadworks and other local government activities. **Scoping report**. Sydney, 1999. 72p. Centre for Built Infrastructure Research. University of Technology, Sydney.

BRITO FILHO, J. A. Cidades versus entulho. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, Anais. São Paulo: Comitê Técnico do IBRACON; CT206 – Meio e Ambiente, p.56-67, 1999.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 307, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2002.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 308, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2002.

COSTA, N.A.A. **A Reciclagem do RCD: Uma Aplicação da Análise Multivariada.** 2003. 188 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

D'A MEI DA, M. uiza; VI HEN A, André. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 2 .ed. São Paulo: IPT/CEMPRE , 2000. 370 p.

FREITAS, C.S. et al. Diagnóstico do descarte clandestino dos resíduos de construção e demolição em Feira de Santana/BA: estudo piloto. In: VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. IBRACON. São Paulo, 2003.

HENDRIKS, C.F. The building cycle. Ed. Aeneas. Holanda. 231p. 2000.
INDUSTRY ENVIROMENT, **Construction and the Enviroment : Fact and Figures.** Paris : UNEPIE IE, v.29 nº 2 April-June 1996 p 2-8.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.* São Paulo: IPT/CEMPRE. 1995. 278p.

INNER SIDNEY WASTE BOARD (ISWB). A draft specification for supply of recycled material for roads, drainage and fills. 2001.

JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção.** In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES. 2005, São Paulo.

JOHN, V.M.; **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.** In: CASSA, J.C.S. et al. (Org). Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. **(tese de doutorado)**

LIMA, F.M. **A Formação da Mineração Urbana no Brasil: Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição. Tese (Doutorado).** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

LIMA, J.A.R. **Proposição de diretrizes para a produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** 204p. **Dissertação (Mestrado)** – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

LOVATO, P. S. Verificação dos Parâmetros de Controle de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição para Utilização em Concreto. Porto Alegre, 2007. 180p. **Dissertação (Mestrado).** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NASCIMENTO, M. L. S.; MARQUES, A. L. P.; NASCIMENTO, N. **Impactos Ambientais: A importância de seus estudos.** Estudos Geográficos, Rio Claro. 97-114p. Dezembro 2006.

NÓBREGA, A.R.S. Contribuição ao diagnóstico da geração de entulho da construção civil no município de Campina Grande-PB. Centro Tecnologia em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2002. **(Dissertação de**

Mestrado).

PINTO, T. P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo-SP, 1999. 203 p. **Tese (Doutorado)**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. Utilização de resíduos de construção: estudo do uso em argamassas. São Carlos, 1986. 140p. **Dissertação (Mestrado)** – Departamento de Arquitetura e Planejamento da Universidade de São Carlos – Universidade de São Paulo.

PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DE SÃO PAULO (PMSP). Departamento de limpeza urbana. In: Seminário gestão e reciclagem de resíduos de construção e demolição: avanços e desafios. EPUSP. São Paulo, 2005.

QUADROS, B. E. C.; OLIVEIRA, A. M. V. Gestão diferenciada do entulho na cidade de Salvador. In: **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção** / Organizado por Alex Pires Carneiro, Irineu Antônio Schadach de Brum e José Clodoaldo da Silva Cassa. Salvador: EDUFBA; 312 p.; 2001; p. 116-141.

Resíduos Sólidos: **Gerenciamento e Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição RCD**; guia do profissional em treinamento; níveis 1 e 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org).- Salvador: ReCESA; 2008.76P.

RILEM RECOMMENDATION. Specification for concrete with recycled aggregates. Materials and Structures. 1994.

SARDÁ, M.C.; ROCHA, J.C. Métodos de classificação e redução dos resíduos da construção civil tirados em Blumenau/SC, utilizando como base a resolução do CONAMA nº 307. In: VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. IBRACON. São Paulo, 2003.

SJOSTROM, Ch. Durability and sustainable use of building materials. In: **Sustainable**

use of materiais. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. [London] BRE/RILEM, 1992]

VIEIRA, G. L. Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons clareto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Porto Alegre-RS, 2003. 151p. **Dissertação (Mestrado)**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ZENITE, **Arquitetura e Meio Ambiente**. *Memorial Descritivo e Quantitativo de Resíduos de Demolição – Demolição de Cinco Unidades Habitacionais*. Santo André, nov. 2008.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confeção do Concreto**. Campinas, 1997. 140p. Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. **Dissertação (Mestrado)**.

ENDEREÇOS ELETRÔNICOS DA INTERNET:

Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON). **Usos recomendados para resíduos sólidos**. Disponível em: <http://www.abrecon.com.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx> - (acesso em 07 de outubro de 2013).

Ecoponto do pedregulho de Guaratinguetá-SP. Disponível em: <http://portalg13.com/prefeitura-de-guaratingueta-inaugura-ecoponto-no-pedregulho.html> . Acesso em: 8 nov. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica (SIDRA). 2001. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 out. 2013.

Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Lei Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 06 set. 2013.

Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 06 set. 2013.

ONU – Fonte: Ministério do meio ambiente. Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>> . Acesso em: 06 set. 2013.

Portal Planeta Verde: <<http://portalplanetaverde.blogspot.com.br/2011/08/reciclagem.html> > . Acesso em: 06 set. 2013.