

**FATEC – SP**  
**Faculdade de Tecnologia de São Paulo**  
*Departamento de Transportes e Obras de Terra*

**LEANDRO QUIRINO DA SILVA**  
**MATHEUS NERY PACHECO**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA**  
**CONSTRUÇÃO CIVIL**

SÃO PAULO  
2015

**LEANDRO QUIRINO DA SILVA  
MATHEUS NERY PACHECO**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Tecnólogo em Construção Civil na Modalidade de Movimento de Terra e Pavimentação.

Orientador: Prof. Odair de Oliveira Rosa

SÃO PAULO  
2015

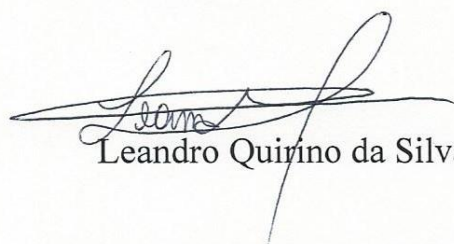
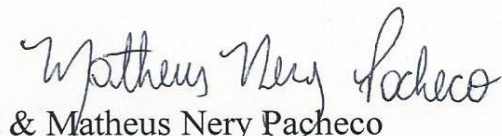


**FATEC-SP**

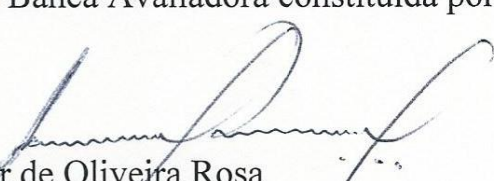
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**

**Departamento de Transporte e Obras de Terra**

**Gerenciamento de resíduos da Construção Civil**

   
Leandro Quirino da Silva & Matheus Nery Pacheco

Monografia aprovada pela Banca Avaliadora constituída por

  
Prof. Odair de Oliveira Rosa  
Presidente e Orientador (a)

  
Prof. Me. Sidney Isidro da Silva Júnior

  
Prof. Rogério Marques Sant'Anna

São Paulo, 20 de Junho de 2015.

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, José Quirino Filho, Evani Rosa Silva e Ana Maria Nery, que sempre nos apoiaram durante toda a vida e principalmente durante o difícil período da graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

### **A Deus**

Pela vida e por sempre estar ao nosso lado nos momentos mais difíceis.

### **Aos nossos pais**

Em especial as nossas mães que sempre nos motivaram, deram forças para que não desistíssemos dos nossos objetivos, que inúmeras vezes deixaram de lado seus sonhos para que pudéssemos realizar os nossos. Por sempre nos incentivar a prosseguir nesta longa jornada, mostrando que devemos sempre seguir em frente sem medo dos obstáculos, mas sim com coragem para enfrenta-los. Nossa gratidão vai além dessas palavras, não tem como dimensionar tamanho reconhecimento, pois a vocês foi dado o dom divino. O dom de serem mães, o dom de serem pais.

### **Ao professor Odair de Oliveira Rosa**

Pelo acompanhamento, nível de exigência solicitado, por toda a cobrança, por compartilhar toda a sua experiência para que nossa formação fosse um grande aprendizado de vida e pela atenção e comprometimento dedicado ao longo deste trabalho de graduação.

### **Aos professores do Curso de Movimento de Terra e Pavimentação**

Por ajudar sempre que procurados, por cobrar sempre que necessário, pela transmissão de conhecimento ao longo de toda esta jornada, pelo incentivo ao curso e por todos os ensinamentos.

### **A professora Arisol Simone Sayuri Tsuda Yamamoto**

Por ajudar todas as vezes que tivemos dúvidas, mesmo em matérias que não fosse da sua área, mas que tivesse conhecimento. Pelo apoio, dicas e sugestões neste trabalho que é de extrema importância para a nossa formação. Mas principalmente pela ótima pessoa que é.

### **Aos nossos colegas de classe**

Por nos aguentaram durante esta longa jornada, nos ouvir nas situações difíceis, por presenciar e respeitar nossos silêncios, por nos aconselhar das melhores maneiras possíveis, por fazer nossas noites mais alegres jogando algumas partidas de pebolim, por nos ajudar nos estudos e partilhar conosco seus conhecimentos.

Em especial agradecemos ao Cleiton Santos Rodrigues, por nos ajudar de todas as maneiras possíveis, desde o primeiro dia de aula, até a conclusão do curso. Mesmo distante, ou fazendo matérias diferentes, nos ajudou com seu conhecimento, dedicação e esforço.

**As nossas namoradas, Mariana Costa Serata e Isabella Díez Corrêa**

Por também estarem sempre ao nosso lado dando amor, carinho e apoio nessa fase tão importante e complicada de nossas vidas e entendendo sempre nossos momentos de ausência para a conclusão deste trabalho final.

## **RESUMO**

A grande geração de resíduos sólidos de construção e demolição (RCD) geradas nas cidades eleva a preocupação quanto às questões ambientais, econômicas e sociais. Isto ocorre por diferentes causadores, entre eles estão: Empresas de pequeno, médio e grande porte, construtoras, incorporadoras e órgãos públicos. No decorrer dos anos, experiências têm demonstrado uma grande utilização dos resíduos sólidos das construções e demolições; como por exemplo, no uso de camadas de pavimentos de vias urbanas. Estes resíduos podem ser reaproveitados, reciclados ou reutilizados. O gerenciamento de resíduos em obras de construção civil tem o intuito de diminuir a geração, colaborando assim com uma busca econômica do verde e de um ambiente mais sustentável.

Palavras-chave: Construção Civil. Reciclagem de Resíduos. Gerenciamento de Resíduos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Peneiramento de agregados.....	8
Figura 2.2 – Resíduos da construção civis depositados próximos a efluentes do canal São Gonçalo em Pelotas, RS .....	10
Figura 3.1 - Estimativa de RCD coletada nessas regiões (t/dia). .....	14
Figura 4.1 –Aterro sanitário de Ipatinga na região metropolitana.....	18
Figura 4.2 –Processo Construtivo Tradicional .....	20
Figura 4.3 –Interdependência de decisões no processo construtivo.....	23
Figura 4.4 –Processo construtivo como método de reciclagem. ....	25
Figura 4.5 –Usina de Reciclagem – São José do Rio Preto - SP.....	26
Figura 4.6 –Usina de Reciclagem – Belo Horizonte - MG .....	26
Figura 4.7 –Usina de Reciclagem – Londrina - PR.....	27
Figura 4.8 –Organização do Plano de Gerenciamento Integrado .....	28
Figura 4.9 –Confecção de caixas de gordura com agregados reciclados .....	34
Figura 4.10 –Confecção de pavers com agregados reciclados .....	34
Figura 4.11 –Confecção de mobiliário urbano com agregados reciclados.....	35
Figura 4.12 –Confecção de blocos com agregados reciclados .....	35
Figura 4.13 –Depósitos temporários de resíduos .....	37
Figura 4.14 –Construção do filtro da água proveniente da lavagem da betoneira .....	38
Figura 4.15 –Utilização do filtro .....	38
Figura 4.16 –Caçamba de Resíduos de classe A – tijolos, argamassa e cimento.....	39
Figura 4.17 –Caçamba de Resíduos de classe B – papel.....	39
Figura 4.18 –Armazenamento de resíduos de madeira.....	40
Figura 4.19 - Baías para armazenamento de resíduos segregados .....	40
Figura 4.20 – Armazenamento de resíduos de ferro – Classe B.....	41
Figura 6.1 - Seções projetadas com agregado reciclado do sistema viário USP-Leste.....	46
Figura 7.1 – Porcentagem de Produção de Agregados Reciclados em Fevereiro de 2015 .....	50
Figura 7.2 – Comparativo da Captação de Entulho dos Anos de 2013/2014/2015.....	51
Figura 7.3 - Etapas de funcionamento de uma usina recicladora .....	52
Figura 7.4 - Entrada da Proguaru - Art. 225 da Constituição de 1988 .....	53
Figura 7.5 - Armazenamento de materiais reciclados .....	54
Figura 7.6 - Armazenamento de materiais reciclados .....	54
Figura 7.7 - Separação de materiais por característica e uso recomendado .....	55
Figura 7.8 - Equipe de visita à usina .....	55
Figura 7.9 - Equipe acompanhada pelo engenheiro José Maria .....	56
Figura 7.10 - Administração Proguaru .....	56
Figura 8.1 - Obra realizada na Avenida Lagedão, próximo ao Aeroporto Internacional de Guarulhos. ....	57
Figura 8.2 - Mistura de agregado reciclado com BGS convencional na obra .....	58
Figura 8.3 - Base estocada, com mistura de agregado reciclado e BGS convencional na obra. ....	58
Figura 8.4 - Lançamento da base "mista" sobre o subleito. ....	58
Figura 8.5 - Regularização da base com o auxílio da motoniveladora.....	59



Figura 8.6: Compactação da base com auxílio do rolo liso vibratório.....	59
Figura 8.7 - Aplicação da camada de RR-2C ligante. ....	59
Figura 8.8: Aplicação da CBUQ com auxílio da acabadora.....	60
Figura 8.9 - Compactação do revestimento CBUQ.....	60
Figura 8.10 - Avenida Lagedão concluída alguns dias depois. ....	60

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 2.1– Definições Conforme a Resolução do Conama 307/2002.....	6
Quadro 4.1 – Principais Responsabilidades e Agentes Responsáveis Pela Gestão Dos Resíduos de Processos Construtivos .....	19
Quadro 4.2 – Identificação dos Resíduos por Etapas da Obra e Possível Reaproveitamento ..	33
Quadro 4.3 – Alternativas de Destinação para Diversos tipos de Resíduos da Construção Civil (RCC) .....	43
Quadro 7.1 – Caracterização dos Resíduos da Construção Civil (RCC) .....	47
Quadro 7.2 – Agregados Reciclados(AR) .....	48
Quadro 7.3– Produção de Agregados Reciclados em Fevereiro de 2015 .....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivo .....	1
1.2	Justificativa .....	2
1.3	Metodologia .....	2
<b>2</b>	<b>RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) .....</b>	<b>3</b>
2.1	Aspectos Gerais .....	3
2.2	Classificação .....	3
2.3	Utilização dos resíduos .....	7
2.3.1	Agregados .....	7
2.3.1.1	Natureza .....	7
2.3.1.2	Tamanho .....	8
2.3.1.3	Distribuição dos grãos .....	8
2.4	Impacto Ambiental .....	8
2.5	Coleta e Transporte .....	11
2.6	Caracterização e Composição dos RCD .....	12
<b>3</b>	<b>SITUAÇÃO DO RCD NO BRASIL .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>RECICLAGEM .....</b>	<b>16</b>
4.1	Canteiros de Obras .....	16
4.1.1	Gestão dos Resíduos em canteiros de obras .....	17
4.1.2	Geração de RCD em Canteiros de Obras .....	20
4.1.3	Gestão de RCD em canteiros de obras .....	21
4.1.3.1	Redução .....	22
4.1.3.2	Reutilização .....	23
4.1.3.3	Processo Reciclagem .....	24
4.1.4	Plano de Gestão de Resíduos Sólidos de Construção .....	27
4.1.4.1	Conscientização da hierarquia da empresa .....	28
4.1.4.2	Legislação .....	28
4.1.4.3	Grupo de Coordenação .....	29
4.1.5	Plano de redução de resíduos .....	30
4.1.5.1	Planejamento .....	30
4.1.5.2	Projeto .....	30
4.1.5.3	Construções .....	31
4.1.5.4	Manutenção .....	32
4.1.6	Plano de Reutilização .....	32
4.1.7	Plano de gestão de resíduos sólidos nos canteiros de obras .....	36
4.1.7.1	Preparação do canteiro .....	36
4.1.8	Remoção dos resíduos do canteiro .....	41
4.1.9	Destinação dos Resíduos .....	42
4.1.9.1	Usinas de triagem .....	42
<b>5</b>	<b>ROTEIRO BÁSICO PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) .....</b>	<b>44</b>
5.1	Informações gerais .....	44
5.2	Resumo das etapas do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil ...	45
<b>6</b>	<b>HISTÓRICO DE EXPERIÊNCIAS REALIZADAS NO BRASIL .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>VISITA TÉCNICA .....</b>	<b>47</b>
7.1	Funcionamento de usina recicladora .....	51

7.2	Fotos da visita técnica na Usina Proguaru .....	53
<b>8</b>	<b>OBRAS PROGUARU .....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO 01.....</b>	<b>65</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

O mercado da construção civil, cada vez mais, busca uma maior competitividade entre as empresas, por isso precisam rever seus custos com muita atenção, desta maneira, vem praticando a sustentabilidade no reaproveitamento de materiais reciclados a fim de diminuir os impactos e custos produzidos pelo setor. O gerenciamento eficiente dos resíduos visa à redução de custos em obras de construção civil, otimizando materiais que seriam descartados em aterros sanitários sem nenhuma aplicação.

A alta geração de resíduos na construção civil requer cada vez mais uma busca por soluções de destinação visando o desenvolvimento sustentável do setor. Isto gera um grande problema social, bem como inúmeras interferências no meio ambiente devido ao acúmulo e má destinação destes resíduos. Nota-se diante desta situação, uma reação do setor privado, no sentido de oferecer soluções mais eficazes em mecanismos de absorção desses resíduos.

Estas soluções atingem positivamente o setor ambiental e econômico, pois sua utilização reduzirá gastos com materiais utilizados para fazer camadas de base e sub-base na pavimentação de estradas, trechos urbanos, entre outras, bem como pequenos reparos. A utilização de um sistema gerencial eficiente de resíduos reduz em grande escala os impactos ambientais por proporcionar pouca extração de matérias-primas diminuindo o consumo desses materiais na sua origem.

Para aumentar a produtividade e aproveitamento, pode-se pensar em alguns procedimentos, tais como: redução de desperdício de materiais e serviços, redução do tempo de execução de uma obra, melhoria ambiental e a melhoria das condições de trabalho para seus colaboradores, resultando assim na redução de custos operacionais e índices de acidente.

## **1.1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho foi à conscientização da gestão de resíduos gerados pela construção civil, implementação de sistemas de gerenciamento, análise do desperdício de materiais e estabelecimento de diretrizes para elaboração de projetos gerenciais de resíduos de acordo com a Resolução Conama 307/2002.

## **1.2 Justificativa**

Existe de fato a preocupação com a geração de resíduos sólidos na construção civil, portanto é incomensurável a necessidade de se fazer obedecer ao gerenciamento, através de um planejamento e buscando soluções tecnicamente corretas e ferramentas que irão impor as ações cabíveis para o encaminhamento deste problema.

Visando o elevado custo dos insumos utilizados nas construções de obras civis, os procedimentos tiveram uma importante contribuição para colaborar com a redução de perdas, e assim minimizar o descarte de resíduos como um material inerte em aterros.

## **1.3 Metodologia**

Foi feita uma ampla análise bibliográfica, elucidando levantamento dos problemas causados pela geração de resíduos, identificação das principais aplicações na construção civil, levantamento de dados destinados a métodos gerenciais objetivando a sua redução, visita técnica de acompanhamento em uma usina recicladora de resíduos, onde foram verificados alguns procedimentos para resolução e busca de alternativas para o gerenciamento.

Foi realizado um levantamento e feito uma listagem das principais dificuldades encontradas pelas empresas, para a realização do processo de reciclagem, assim como uma análise de custo operacional da obtenção do material reciclado, após todo o processo, descrição das principais vantagens geradas e aplicação correta do gerenciamento.

## **2 RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)**

### **2.1 Aspectos Gerais**

Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) causam tantos problemas ao cotidiano da vida urbana e ao meio ambiente, coisa que não deveria acontecer, pois estes devem ser vistos como fonte de materiais reutilizáveis na construção civil e pavimentação; além do que, atrai a deposição de outros resíduos no local, acarretando também um ciclo vicioso de gastos públicos com a limpeza, uma vez que mais lixo será depositado ali posteriormente.

Em relação ao crescimento de uma cidade, que gera resíduos provenientes da construção civil (RCC) e demolição de obras, é um fato que influencia diretamente na análise da quantidade gerada, na qual reflete nos hábitos de consumo como o grau de atividades econômicas de uma determinada região.

Segundo dados estatísticos levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, quanto mais a população melhora seu poder aquisitivo, maior será a execução de reformas em moradias e a consequente geração de RCC / RCD. Cerca de 36% do volume gerado, está localizado nas grandes metrópoles. (IBGE, 2010)

### **2.2 Classificação**

Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2002), os resíduos de construção civil são:

Os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes de preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralha (CONAMA, 2002).

Atualmente, um mecanismo importante empregado nessa problemática ambiental é a implantação de programas de gestão desse resíduo. Um mecanismo importante criado para tal finalidade foi a Resolução 307 do CONAMA, a qual define, para a construção civil, quatro classes de resíduos, que deverão ter tratamentos distintos (CONAMA, 2002):

CLASSE A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados:

- 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, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

CLASSE B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como, plásticos, papel/papelão, metais, vidros e outros;

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 e madeiras;

Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes e óleos, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e hospitalares, dentre outros.

De acordo com a norma técnica NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos podem ser classificados em (ABNT, 2004a):

Resíduos classe I – Perigosos;

Aqueles que apresentam periculosidade, como por exemplo, risco à saúde pública ou risco ao meio ambiente, ou uma das características de: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Resíduos classe II – Não perigosos, por sua vez, subdividem-se em:

- Resíduos classe II A – Não inertes, podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.



- Resíduos classe II B – Inertes, aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I.

A implementação de medidas para atenuação dos impactos ambientais oriundos das atividades do setor da construção civil faz-se necessária, visto o grande volume de geração desse resíduo, bem como dos transtornos que o mesmo provoca. Porém, aspectos importantes como classificação dos agregados e garantia de qualidade, ainda precisam de aprimoramento para consagração do emprego dessa técnica. Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas inerentes a aplicação desse resíduo em obras civis.

O entulho é constituído de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, metais, pedras, tijolos, etc.). No entanto, a maior fração de sua massa é formada por material não mineral (madeira e metais).

De maneira geral, pode-se dizer que os resíduos estão presentes no dia a dia, dentro de casas, junto dos lares, nas esquinas e ruas dos bairros, com ocorrências diárias, que certas vezes passam despercebidos, ou mesmo se integram ao habitat como algo inofensivo e sem importância, porém algumas vezes gerando obstruções de passeios e vias públicas.

No Brasil, a destinação adequada, bem como a prática de reciclagem de entulho, ainda é pouco difundida. Alguns municípios, como Belo Horizonte, São Paulo, Londrina e Porto Alegre possuem usinas de reciclagem, entretanto, absorvem menos de 10% dos resíduos urbanos (AGOPYAN; JOHN, 200). O quadro 2.1 mostra a definição conforme determina o CONAMA.

Quadro 2.1– Definições Conforme a Resolução do Conama 307/2002

<b>Resíduos da Construção Civil</b>	São resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultados 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. Conhecidos por entulho de obras, calça ou metralha.
<b>Geradores</b>	Pessoas, física ou jurídica, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos da construção civil.
<b>Transportadores</b>	Pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas de coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação.
<b>Agregado Reciclado</b>	Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.
<b>Gerenciamento de Resíduos</b>	Sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidade, práticas, procedimento e recursos para desenvolver e programar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.
<b>Reutilização</b>	Processo de reaplicação de um resíduo, sem a transformação do mesmo.
<b>Reciclagem</b>	Processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.
<b>Beneficiamento</b>	Ato de submeter um resíduo à operação e/ou processo que tenham por objetivo submetê-los a condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.
<b>Aterros de Resíduos da Construção Civil</b>	Área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando a preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
<b>Áreas de Destinação de Resíduos</b>	Área destinada ao beneficiamento ou à disposição final dos resíduos.

Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).

## **2.3 Utilização dos resíduos**

A principal preocupação é a utilização de maneira excessiva dos resíduos de origem natural. Políticas ambientais são sempre discutidas para minimizar a poluição do espaço urbano. Com o crescimento da construção civil, tem-se estudado maneiras alternativas para o emprego destes materiais para a reciclagem. Os materiais mais comuns que são descartados são os entulhos das obras de edificações e de estruturas de concreto (BALBO, 2007).

Os materiais descartados podem ser incorporados ao agregado utilizado nas camadas de base e sub-base para pavimentação, tomando a devida preocupação com a separação para que nenhum outro material de qualidade inferior esteja presente na mistura, garantindo assim um bom funcionamento na vida útil do pavimento.

### **2.3.1 Agregados**

Na área da pavimentação, são utilizados alguns materiais cujo objetivo é absorver os esforços verticais dos veículos. Estes materiais são colocados em camadas rigorosamente dimensionadas para atender o número de solicitações. As camadas superiores, conhecidas como base e sub-base, possuem um material que geralmente é de melhor qualidade e de melhor resistência, seguido de camadas mais profundas e com materiais de menor resistência. Segundo Bernucci *et al.* (2008, p. 116), os agregados para pavimentação podem ser classificados de acordo com a sua natureza, tamanho e distribuição dos grãos.

#### **2.3.1.1 Natureza**

Os agregados podem ser divididos em naturais, artificiais e reciclados. Os agregados naturais são obtidos por processos convencionais de desmonte e escavação, podendo ser utilizado no tamanho e forma encontrados na natureza, ou ainda podendo ser britados, por exemplo, as britas e areia. Os artificiais são alguns resíduos decorrentes de processos industriais, e podem apresentar alta resistência ao atrito, por exemplo, a escória de alto-forno e de aciaria. Ainda, os agregados reciclados tem origem de reutilização e materiais diversos, por exemplo, os resíduos da construção civil. (BERNUCCI *et al.*, 2008)

### 2.3.1.2 Tamanho

Os agregados podem ser divididos em graúdo, miúdo e material de enchimento (fíler). O agregado graúdo compreende o material com dimensões maiores do que 2 mm, como a brita, por exemplo. O agregado miúdo, com dimensões de 0,075 e 2 mm, como as areias e pó de brita. O material de enchimento deve possuir, por sua vez, pelo menos 65 % das partículas menores que 0,075 mm, como o cimento Portland. (BERNUCCI *et al.*, 2008)

### 2.3.1.3 Distribuição dos grãos

Os agregados podem ser divididos de acordo com a sua granulometria, determinados através do peneiramento. Conforme figura 2.1, o material fica depositado na primeira peneira, de malha maior, e assim ocorre a diminuição até chegar à peneira menor.

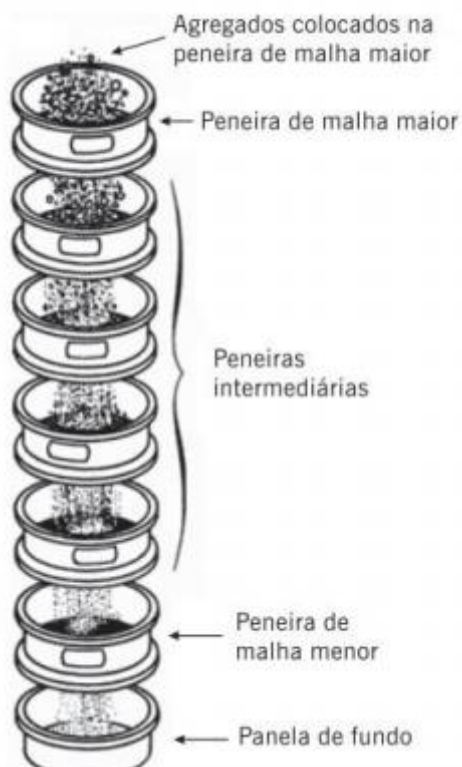


Figura 2.1 – Peneiramento de agregados  
Fonte: BERNUCCI *et al.* (2008, p. 121)

## 2.4 Impacto Ambiental

Até recentemente as empresas da construção civil não tinham grande preocupação com os custos causados pelo grande desperdício de materiais e local para se desfazer dos

resíduos produzidos nas obras. Grande parte destes era descartada sem terrenos baldios, áreas públicas e cursos d'água. Algumas empresas clandestinas ainda utilizam deste ato maldoso contra o meio ambiente. Impactos ambientais gerados por estes atos são totalmente visíveis e comprometem a paisagem, trânsito de veículos e pedestres, além da segurança.

É difícil fazer qualquer atividade na construção civil que não cause impacto ambiental, na verdade, é quase impossível não causar, pois todas as etapas de um processo construtivo provocam impactos diretos ou indiretos, como por exemplo: extração de matéria-prima, demolição, produção de materiais e a própria construção. O grande desafio não é acabar com o impacto, mas sim reduzi-lo, e um dos aspectos relevantes para que isso aconteça, é a diminuição do desperdício na fabricação de materiais, na fase de execução e após o término do empreendimento. A reutilização dos materiais deve ser implantada como procedimento de minimização do grande desperdício.

Segundo Resolução do Conama n. 001, impacto ambiental é qualquer tipo de alteração física, química e biológica do meio ambiente feita pela humanidade, dentre outras atividades que possam afetar de alguma maneira a saúde e segurança da população; atividades sociais e econômicas; a qualidade do meio ambiente e as características dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986)

A enorme quantidade de resíduos gerados pela construção e também pela demolição eleva a preocupação das autoridades no Brasil e no mundo. Esta preocupação se dá por afetar de certa forma a população e meio ambiente além do alto custo para se desfazer dos resíduos. A usina de reciclagem de resíduos, Proguaru, localizada em Guarulhos, cobra cerca de R\$ 8,00/m<sup>3</sup> de resíduo para utilizá-los em aterros licenciados. Devido ao alto custo para o acondicionamento desta geração, o setor público busca constantemente com a ajuda da tecnologia, novos métodos de utilização, como a reciclagem do material, fazendo assim com que os impactos ambientais sejam reduzidos.

Os materiais que provindos de pedreiras (rochas de diversas granulometrias) podem ser levados para áreas que necessitam de aterro, com isto, diminui o enorme impacto que seria gerado caso fossem dispostas em outros locais. Além disso, existe a possibilidade de alguns materiais estarem contaminados, o que exige certa cautela quanto a sua colocação no aterro, pois este pode atingir o lençol freático e eliminar a possibilidade de usá-lo como fonte de abastecimento da região. Isto provocaria um alto impacto no ambiente, pois afetaria a sociedade do local diretamente, assim como toda a fauna da região, esta questão é bem relevante quanto a falta de consciência ambiental daqueles que fazem aterros clandestinos totalmente irregulares e inadequados. As atividades da construção civil surgem como fontes de contaminação de áreas, principalmente nos processos em que geram resíduos perigosos.

Por isso é de total importância à existência de políticas públicas de fiscalização para controlar a geração de resíduos e avaliar impactos gerados por eles. O auxílio do poder público na construção civil proporcionam melhores condições de gerenciamento. Assim torna-se indispensável para a avaliação dos impactos ambientais causados pelo alto volume de geração.

A alta geração de volume de resíduos faz com que empresas os descartem em áreas irregulares, isto é uma solução para destinos de pequenos volumes de resíduos. Existe também o esgotamento dos bota-foras, devido ao grande descarte, e isso inevitavelmente causa impacto em todo espaço urbano, além de comprometer a qualidade do ambiente e da paisagem local, conforme figura 2.2.



Figura 2.2 – Resíduos da construção civis depositados próximos a efluentes do canal São Gonçalo em Pelotas, RS

Fonte: TESSARO, A.B.; SÁ, J. S. de.; SREMIN, L. B. (2012).

Não é uma tarefa fácil reduzir os impactos causados pela construção, pois é uma tarefa relativamente complexa, e para isso é necessário agir em alguns aspectos como:

- Criar ambientes saudáveis e não tóxicos;
- Fazer uso de recursos recicláveis;
- Aumentar a reutilização de recursos, e
- Diminuir o consumo de recursos.

A reciclagem de materiais requer certa quantidade de energia para transformar ou tratar o produto de tal maneira que o mesmo possa ser reutilizado. Alguns processos para deixar os materiais apropriados para serem utilizados novamente, requerem mais que energia,

ou seja, faz-se a necessidade de matérias-primas para modificá-los física e/ou quimicamente, porém, o que não se pode perder de vista é a viabilidade econômica.

As gerações de resíduos também provem da reciclagem, as características e quantidade destes materiais dependem do serviço de reaproveitamento. Os novos resíduos podem ser mais agressivos ao homem e ao meio ambiente, do que o que está sendo reciclado. Dependendo da complexidade, ele será causador de novos problemas, como a possibilidade de não ser reutilizado, ou não ser tratado devido à falta de tecnologia, além da falta de locais para sua disposição e o elevado custo causado por isso.

Na reciclagem de materiais deve ser levado em consideração o risco à saúde dos usuários e dos trabalhadores da empresa recicladora, infelizmente algumas empresas não levam em conta este parâmetro na hora de reciclar. Os resíduos muitas vezes são constituídos por elementos perigosos como metais pesados e compostos orgânicos voláteis. Esses materiais podem apresentar riscos, pois nem sempre a reciclagem garante neutralização de tais componentes.

Por isso é necessário ser bem criterioso na escolha do processo de reciclagem de um resíduo, levando em conta o consumo de energia e matéria-prima que serão empregados para tal.

## **2.5 Coleta e Transporte**

Um dos principais problemas encontrados pela administração municipal, responsável pela coleta e transporte desses materiais, é sua remoção do meio urbano. Esses resíduos são descartados clandestinamente em todas as áreas, como terrenos públicos e particulares, vias de tráfego de veículos, áreas de passeio e principalmente em áreas verdes, causando riscos à saúde humana, na proliferação de vetores, como mosquitos, baratas e roedores, impedindo a passagem com segurança de veículos e pedestres e modificando a paisagem urbana.

Quando descartados diretamente das construções, como material que não será mais utilizado, os entulhos causam problemas associados ao seu grande volume que muita das vezes é significativa; chegando assim, a ocupar grande parte da área de aterros públicos.

Podemos destacar outros problemas encontrados nesses depósitos clandestinos, como por exemplo:

- Lançamento em encostas ou em terrenos instáveis, podendo causar deslizamentos;
- Lançamento em locais próximo a drenagens ou leito de canais, provocando inundações.

A coleta e o transporte de RCD são atividades desenvolvidas por empresas coletoras de entulho, embora seja de total responsabilidade dos geradores a responsabilidade pela retirada das obras, sem afetar as características e limpeza das áreas urbanas.

Os geradores dos resíduos, com o acúmulo RCD na fase de construção na obra, contratam empresas coletoras de entulho, que por meio de caçambas, juntam e transportam até o seu destino final. No entanto, muitas dessas empresas não descartam os resíduos nas áreas definidas pela prefeitura, devido à falta de fiscalização e controle das administrações municipais na coleta e transporte, alto custo de combustível e manutenção da frota de caminhões devido à distância dos locais de disposição, falta de incentivo à reciclagem do RCD, na qual acabaria o material reciclado se transformando em novo material e mais barato e por fim, falta de mercado para a captação dos resíduos.

## **2.6 Caracterização e Composição dos RCD**

Os RCD são produzidos por atividades cotidianas da construção civil. Podemos classificar os geradores por pequenos, médios e grandes, neles, pode-se destacar, empresas construtoras, incorporadores, imobiliários, empresas de pequeno e médio porte, prestadores de serviços de engenharia e manutenção, órgãos públicos e empreiteiros de obras.

Os RCD são compostos por:

- Concretos, argamassas e rochas que apresentam alto potencial de reciclagem;
- Materiais cerâmicos, como blocos, tijolos e lajotas, que também possuem alto potencial de reciclagem;
- Solos, argilas, areias, ou algum outro material separado por meio de peneiramento;
- Asfalto, material com alto potencial de reciclagem em obras viárias;
- Materiais compostos por ferro, principalmente da indústria metalúrgica;
- Madeiras, parcialmente reciclável, caso esteja impermeabilizado ou pintado, é tratado como resíduo industrial perigoso;
- Outros materiais, como papel, papelão, plástico e borracha, porém apresentam desvantagem diante dos avanços tecnológicos.

Segundo Carneiro (2011), as características dos RCD estão ligadas diretamente a parâmetros específicos de sua região geradora e da variação ao longo do tempo. Em países desenvolvidos, por exemplo, as construções prediais geram muitos resíduos plásticos e papéis oriundos de embalagens de materiais, já em países em desenvolvimento, geram resíduos provenientes das etapas construtivas, como concreto, blocos, argamassas, azulejo, tijolos,



devido às altas perdas durante o processo. A seguir, a apresentação do Quadro 2.1, vemos a caracterização dos resíduos por etapas em uma obra.

Quadro 2.1 – Caracterização de Resíduos por Etapa de Uma Obra

<b>FASES DA OBRA</b>	<b>TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS</b>
<b>LIMPEZA DO TERRENO</b>	SOLOS
	ROCHAS, VEGETAÇÃO, GALHOS.
<b>MONTAGEM DO CANTEIRO</b>	BLOCOS CERÂMICOS, CONCRETO (AREIA; BRITA)
	MADEIRAS
<b>FUNDAÇÕES</b>	SOLOS
	ROCHAS
<b>SUPERESTRUTURA</b>	CONCRETO (AREIA; BRITA)
	MADEIRA
	SUCATA DE FERRO, FÔRMAS PLÁSTICAS.
<b>ALVENARIA</b>	BLOCOS CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, ARGAMASSA.
	PAPEL, PLÁSTICO
<b>INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS</b>	BLOCOS CERÂMICOS
	PVC
<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>	BLOCOS CERÂMICOS
	CONDUITES, MANGUEIRA, FIO DE COBRE.
<b>REBOCO INTERNO / EXTERNO</b>	ARGAMASSA
<b>REVESTIMENTOS</b>	PISOS E AZULEJOS CERÂMICOS
	PISO LÂMINADO DE MADEIRA, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTICO.
<b>FORRO DE GESSO</b>	PLACAS DE GESSO ACARTONADO
<b>PINTURAS</b>	TINTAS, SELADORAS, VERNIZES, TEXTURAS.
<b>COBERTURAS</b>	MADEIRAS
	CACOS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO

Fonte: VALOTTO (2007).

### 3 SITUAÇÃO DO RCD NO BRASIL

No Brasil, do total de 5.564 municípios, 72,44% dos municípios avaliados pela Política Nacional de Saneamento Básico no ano de 2008, possuem serviços de manejo de resíduos de construção civil, sendo que, 2.937 (52,79%) exercem o controle sobre os serviços de terceiros para os resíduos especiais. A maioria dos municípios (55,26%) exerce controle sobre o manejo de resíduos especiais executados por terceiros para manejo de RCD. (IBGE, 2010). A figura 3.1, mostra a divisão de regiões brasileiras e suas quantidades coletadas.

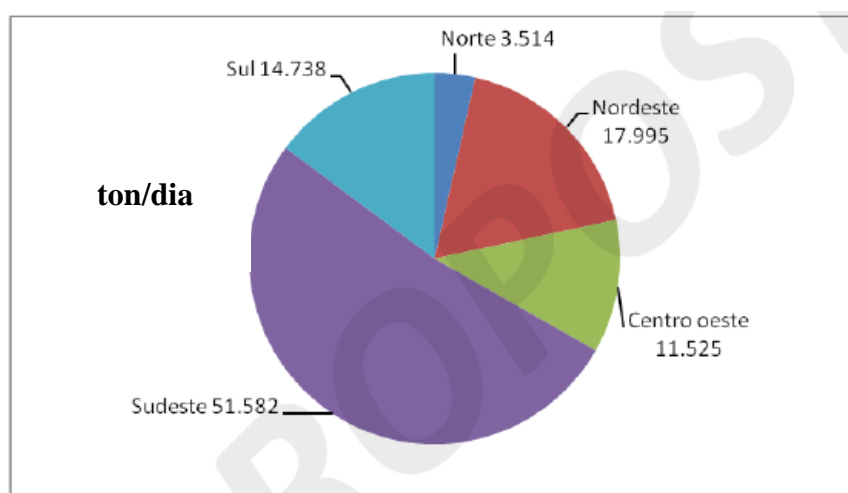


Figura 3.1 - Estimativa de RCD coletada nessas regiões (t/dia).  
Fonte: IBGE (2010).

No caso dos resíduos provenientes de atividades relacionadas à indústria da construção civil de geradores e coletores de pequeno porte, o termo “gestão” nem sempre vem sendo empregado de forma correta, já que, os meios utilizados não são padronizados, os fins quase nunca são alcançados em sua plenitude. O modelo de gestão comumente adotado pela maioria das cidades brasileiras para o RCD é o corretivo, que se caracteriza por englobar atividades não preventivas, repetitivas e custosas, que não surtem resultados adequados e são, por isso, ineficientes. Dessa forma, pode-se caracterizar a gestão corretiva como uma prática sem sustentabilidade. (CARNEIRO; BRUM; CASSA, 2001).

Enquanto a gestão corretiva constitui, em ampla maioria dos municípios, um sistema de coleta falho com geradores e coletores de pequeno porte, muitas vezes definido os locais onde é mais procedente a disposição do RCD, a chamada gestão diferenciada reconhece essas características e, a partir delas, define uma logística e estratégias para atração eficientes desses resíduos. (PINTO, 1999)

O desenvolvimento de uma metodologia de caracterização dos RCD, como fonte de dados para diagnosticar a situação atual dos municípios, pretende fornecer subsídios para a

elaboração e implementar programas de gerenciamento. Dessa forma, o diagnóstico da situação dos RCD nos municípios brasileiros permite não só conhecer as variáveis, como também caracterizá-las quantitativamente e qualitativamente, identificar áreas irregulares de descarte e avaliar a dimensão do problema e as alternativas para uma proposta de gestão integrada. (NETO, 2005)

## 4 RECICLAGEM

A reciclagem dos resíduos de construção civil é de grande vantagem ambiental e econômica, tanto que o Brasil recebeu um impulso nos últimos anos com a implantação de usinas recicladoras em diversos municípios. Interessados no assunto analisam a possibilidade de reciclar resíduos individualmente ou em parceria com prefeituras.

A reciclagem de resíduos sólidos já foi estudada e obteve ótimo resultado, mostrando alta viabilidade do ponto de vista tecnológico e econômico. No Brasil a reciclagem dos resíduos para concreto estrutural exige comparação em relação às propriedades em termos de durabilidade e resistência com concreto fabricado com agregados naturais. A reciclagem do concreto afeta sua resistência, e isso facilita a carbonatação (penetração de  $\text{CO}_2$ ), desta forma o concreto fica mais vulnerável a ataques de sulfatos. Isso é devido à falta de uniformidade das propriedades físicas e de composição, afetando a resistência e durabilidade do concreto, inconveniente que pode ser suavizado com a homogeneização. Por isso o uso de RCD é limitado a estruturas submetidas a pequenas solicitações.

Uma grande mudança na realidade brasileira foi a introdução da reciclagem em pavimentação asfáltico, a aceitação foi tão grande que viabilizou a reciclagem do asfalto e também dos agregados de concreto asfáltico. Mas claro, também se deve analisar os pontos negativos dessa mudança, e um grande problema é a variação de composição dos agregados reciclados, além dos problemas no processo de reciclagem caso não seja instalado centrais de reciclagem devido à introdução de gesso na forma de revestimento ou placas.

As vantagens econômicas, sociais e ambientais devido a reciclagem são:

- Redução da geração de  $\text{CO}_2$  e no consumo de energia;
- Preservação das reservas minerais não renováveis;
- Economia na obtenção de matéria-prima;
- Diminuição de consequências ocasionadas por entulho;
- Preservação de áreas de aterros, minimizando impactos gerados pela destituição de RCD.

Para diminuir a responsabilidade ambiental, é necessário que a construção civil recicle seu próprio resíduo, ou procure reutilizá-lo em sua reurbanização sempre que possível.

### 4.1 Canteiros de Obras

Para melhor qualidade de gestão ambiental em centros urbanos, é extremamente necessário o gerenciamento de resíduos sólidos nos canteiros de obras. Deve-se fazer uso de

um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos conhecidos como **entulho**. Os entulhos são sobras de construções, e devem ser gerenciados a fim de diminuir os impactos ambientais.

Devido destinação inadequada destes entulhos, são criados problemas ambientais, como obstrução do sistema de drenagem urbana, proliferação de insetos e ratos, além de contaminar águas subterrâneas pela penetração através do solo de metais altamente tóxicos e o prejuízo aos municípios e à saúde pública.

Após a aprovação da Resolução 307 do Conama, percebe-se um avanço na diminuição dos impactos causados pelos resíduos gerados em canteiros de obras. Conforme a resolução, os geradores dos resíduos são responsáveis por seus resíduos, assim cabe a eles gerenciarem da melhor maneira possível. Desta forma os geradores devem se certificar do armazenamento, transporte e encaminhamentos dos resíduos para lugares onde possam ser aproveitados ou colocados corretamente. (Conama, 2002)

#### ***4.1.1 Gestão dos Resíduos em canteiros de obras***

Os resíduos sólidos gerados em canteiros de obras incluem: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, sacos de cimento, sacos de argamassa, caixas de papelão e tubos de encanamento.

A geração de resíduos em canteiros de obras é proveniente do processo de produção de uma edificação, a partir da tomada de decisão até o término da obra. Esta geração causa grandes problemas nas cidades. Desta maneira, se fazem necessários a busca de soluções e uma boa implantação de um sistema de gerenciamento a fim de minimizar os impactos gerados ao meio ambiente. Deve-se fazer bom uso do sistema adotado, pois um mau gerenciamento contribui para o acelerado esgotamento das áreas disponíveis para disposição dos resíduos.

Os RCD gerados nos canteiros de obras são colocados em caçambas, coletados por empresas transportadoras de entulho ou por indivíduos que utilizam carroças ou veículos de pequeno porte, com destino à áreas definidas pelo poder público. Geralmente essas áreas necessitam de aterramento, ou são áreas de aterros sanitários, conforme figura 4.1.



Figura 4.1 –Aterro sanitário de Ipatinga na região metropolitana.  
Fonte: ZIMMER; PEREIRA (2011).

Um grande problema dessa disposição é sem d vida o custo envolvido no transporte destes resíduos. As longas distâncias entre as áreas de recebimento e os centros urbanos, falta de conscientização em prol dos impactos ambientais e a falta de fiscalização garante a clandestinidade. Quando os resíduos são dispostos em áreas irregulares, o poder público tem que se responsabilizar em recolher e depositá-los em áreas licenciadas.

Um canteiro de obras exige um sistema integrado de gerenciamento, e isso envolve todo o processo construtivo. Primeiro, porque existe a necessidade de assegurar o cumprimento da legislação específica, que prevê responsabilidades   geração, coleta, transporte, acondicionamento e disposição final dos resíduos. A resolução 307 do Conama define como responsabilidade do município a elaboração do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção e como responsabilidade dos geradores a Gestão dos resíduos gerados. Segundo, porque existem dificuldades em relação ao processo construtivo, que envolve e depende de um grande número de fatores, conferem ao processo de produção características físicas e organizacionais peculiares. Características que potencializam a geração de resíduos e pela cultura vigente a qual não se preocupa com a gestão de resíduos

sólidos. Terceiro, as dificuldades à implantação de um Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, requerem a integração de diversos fatores, entre eles: formas de geração de disposição dos resíduos, instrumentos utilizados, assim como ações e recursos. Um desafio que deve ser superado pelos gestores dos resíduos é: tipologia e quantidade de resíduos gerados, caracterização dos resíduos por regiões urbanas, identificação de agentes recicladores, entre outros diversos desafios.

Quadro 4.1 – Principais Responsabilidades e Agentes Responsáveis Pela Gestão Dos Resíduos de Processos Construtivos

Agente	Responsabilidades
<b>Estado</b>	Introdução de instrumentos de regulamentação direta e econômica visando à regulamentação do gerenciamento da coleta; Transporte e fiscalização de disposição; Estabelecimento de padrões de fiscalização e a utilização de entulho para aterramentos; Busca do fortalecimento das atividades recicladoras; Estabelecimento de metas para redução do uso de recursos naturais escassos; Incentivos ao uso de resíduo oriundos de construção e demolição; Proibição da extração de areia e cascalho; Fortalecimento da produção de agregados reciclados; Estabelecimento de áreas legais de disposição de resíduos sólidos.
<b>Geradores</b>	Redução das perdas e da geração de resíduos através da adoção de métodos construtivos mais racionais; Gerenciamento de resíduos sólidos durante o processo construtivo; Conscientização da necessidade de utilizar materiais reciclados, de viabilizar as atividades de reciclagem, e de assegurar a qualidade dos resíduos segregados; Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento.
<b>Clientes, empreendedores, arquitetos, engenheiros e consultores.</b>	Estabelecimento de critérios de especificação que visem à utilização de materiais reciclados e adoção de princípios de sustentabilidade; Exigir a adoção de sistema gestão de resíduos em canteiros de obras; Definição de critérios de racionalização e padronização na definição dos métodos construtivos visando a produzir edifícios flexíveis e de fácil demolição
<b>Transportadores</b>	Exigir o exercício da atividade de transportar de maneira consciente e responsável, levando os resíduos às áreas destinadas oficialmente pelo município; Conscientização de seus motoristas sobre os impactos causados por resíduos dispostos irregularmente; Contribuição para os programas de controle e fiscalização do volume e características do resíduo produzido.
<b>Processadores dos resíduos</b>	Assegurar a qualidade dos agregados reciclados.
<b>Universidades e Instituto de Pesquisa.</b>	Implementação de laboratórios, desenvolvimento de pesquisa aplicada, assessoria parlamentar, cursos, consultoria, integração de agentes, entre outros.

Fonte: BLUMENSCHIN, RAQUEL NAVES (2007).

#### 4.1.2 Geração de RCD em Canteiros de Obras

A geração de resíduos em canteiros de obras está diretamente relacionada ao planejamento, gerenciamento, projeto, construção e comercialização de uma edificação. É gerado um alto volume de RCD porque o processo construtivo que faz a junção de materiais e componentes (energia, mão de obra, combustível, entre outros) agrupados e organizados a fim de obter um produto final (edificação), é por si só um gerador natural.

Nas obras, o alto custo, atrasos e desperdícios de materiais que resultam em resíduos, são efeitos da falta de diálogo entre os colaboradores do processo, este problema de comunicação geram falhas como, informação incompleta dos documentos técnicos, falta de planejamento, coordenação e monitoramento de decisões entre os projetos técnicos e outros diversos problemas. A figura 4.2 mostra um esquema de produção linear, que evidencia as fases desintegradas entre si, o que resulta em problemas, pois deveria haver uma comunicação entre as etapas para que o serviço fosse executado a fim de obter melhores resultados, ou seja, com menor desperdício.

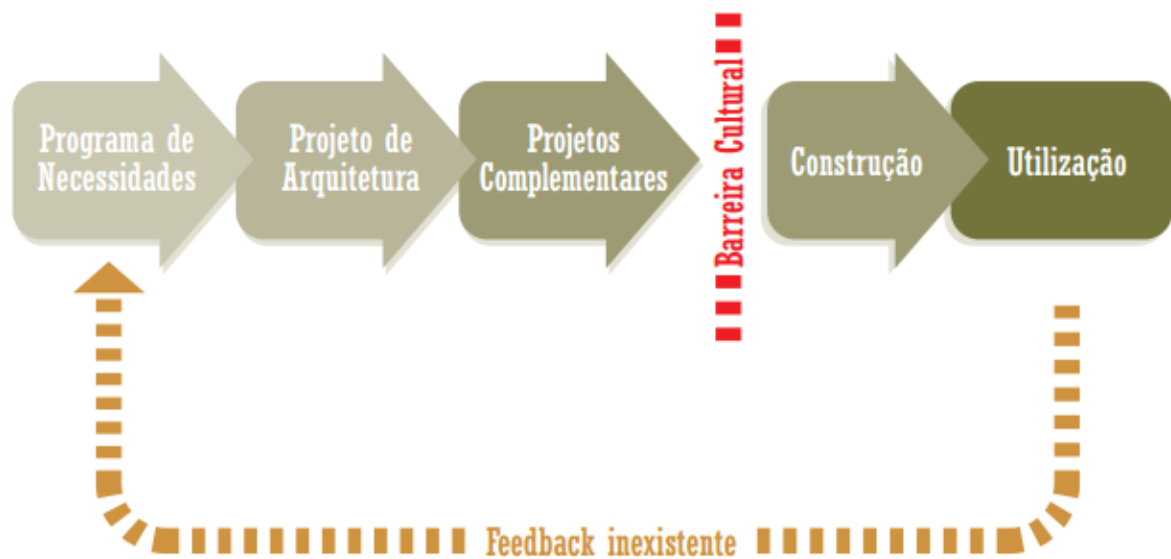


Figura 4.2 –Processo Construtivo Tradicional  
Fonte: BLUMENSCHIN, RAQUEL NAVES (2007).

A falta de qualidade nos processos construtivos faz com que a geração de resíduo se eleve ainda mais, isso se tornou assunto de estudo em programas de pós-graduação em algumas universidades do Brasil, estes estudos classificam as perdas nos seguintes grupos:

- Perdas fatais devidos aos fatores climáticos;
- Perdas próprias ao processo construtivo;



- Perdas relacionadas a materiais usados para acabar com incompatibilidade de projetos;
- Perdas de produtividade por causa do mau uso de tempo de trabalho;
- Perdas decorrentes de desperdício.

#### ***4.1.3 Gestão de RCD em canteiros de obras***

Para gerir os resíduos dos canteiros de obras, deve-se ter uma compreensão aguçada do processo de construção dos diferentes tipos de edificações, assim como o problema de acertar as formas de disposição dos resíduos. (BLUMENSCHNEIN, 2007).

Os maiores desafios do gerenciamento dos resíduos sólidos em canteiros de obras são:

- Responsabilidade de o setor produtivo atender às legislações no que diz respeito à geração de resíduos;
- Necessidade de o setor público estabelecer instrumentos para controlar e estimular a gestão;
- Minimizar o desperdício dos resíduos sólidos que resultam do processo construtivo de uma edificação, segundo o manual técnico de Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras, cerca de 80% dos resíduos de uma caçamba são recicláveis, mas são dispostos em vários lugares, e não reciclados;
- Falta de recursos nos municípios para enfrentarem os problemas de gestão ambiental;
- Falta de recursos para investir em pesquisas de novos materiais produzidos pela reciclagem de resíduos;
- Alto volume de geração dos resíduos;
- Números de participantes no processo construtivo, que deixam falhas nos sistemas informativos da operação.

Deve-se analisar devidamente o problema para chegar a conclusões referentes a combinações adequadas para descarte de certa parte destes resíduos e aproveitamento da maior quantidade dos mesmos. Alguns sistemas gerenciais devem ser considerados na seguinte ordem para a análise do problema:

- 1º) Redução da geração dos resíduos;
- 2º) Reutilização dos resíduos nas obras;
- 3º) Reciclagem da maior parte de resíduos;
- 4º) Queima dos resíduos; e se nenhuma destas for realizada,
- 5º) Disposição em aterro sanitário.

Devido à lei imposta em julho de 2004 que proíbe a disposição de resíduos em aterros sanitários e domiciliares, deve-se focar nos três primeiros itens citados acima, evitar ao máximo o 5º e utilizar pouco o 4º.

Os responsáveis pelas construções devem prever uma gestão dos seus resíduos, observando sempre a inclusão de um Plano de Redução, Reutilização e/ou Reciclagem dos resíduos nos canteiros de obras.

#### **4.1.3.1 Redução**

A fim de entender melhor o processo de redução, deve-se primeiro entender a causa e as etapas de geração de resíduos, para isso é necessário analisar algumas fases primárias do processo construtivo, são elas:

- 1º) Fase inicial, que diz respeito ao planejamento de todo o empreendimento;
- 2º) Elaboração do projeto;
- 3º) Execução;
- 4º) Manutenção e reformas (ocorre ao longo dos anos após execução ser finalizada);
- 5º) Demolição, fase final de uma edificação, que ocorre quando acaba a vida útil da mesma.

É responsabilidade de todos os diferentes colaboradores envolvidos nas diferentes etapas do processo construtivo, reduzir a geração de resíduos.

Conforme figura 7.3 abaixo, o processo construtivo é interdependente, pois ele depende de várias etapas e não precisa que todos os envolvidos trabalhem juntos, claro que a comunicação entre eles faz com que aumente a qualidade do empreendimento, pois desta forma diminuirá a probabilidade de erros.

É perceptível a interdependência de decisões na figura 4.3, cada fase depende da outra sem a necessidade de ser realizada simultaneamente, isso ocorre na fase de projeto, produção, utilização e demolição do empreendimento, seja ele qual for. Para maximizar a redução destes resíduos, é de extrema importância que em todas as fases os envolvidos colaborem com a redução das perdas para diminuir a geração de resíduos.

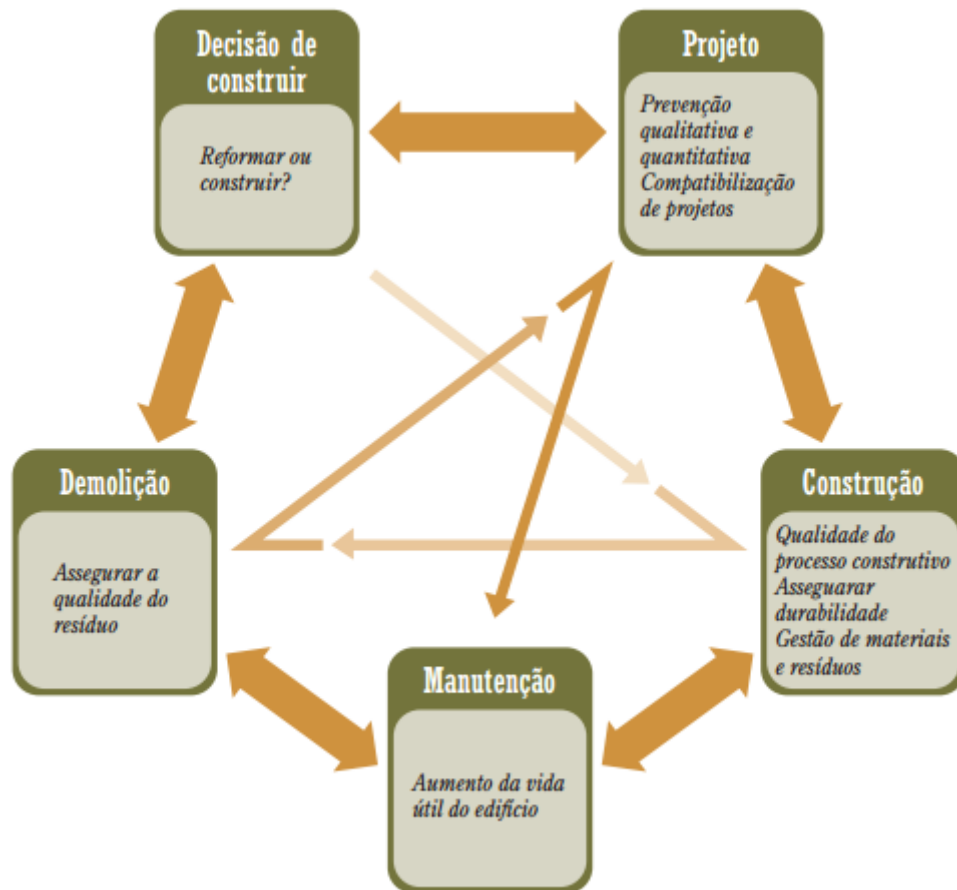


Figura 4.3 –Interdependência de decisões no processo construtivo  
 Fonte: BLUMENSCHIN, RAQUEL NAVES (2007).

Existem diversos fatores que influenciam as perdas em uma construção, entre eles:

- Escolha da tecnologia, que influencia numa geração de perdas maior ou menor;
- Falhas de projeto, que ocorre em diversos deles;
- Falta de compatibilização de projetos, informação mal dada ou falta de informação no em uma das etapas construtivas;
- A não padronização de serviços;
- Falta de armazenamento e transporte adequado dos materiais nos canteiros de obras.

#### 4.1.3.2 Reutilização

Na fase de construção ou demolição, pode-se reutilizar os resíduos, e isso é de fundamental importância, pois assim diminui o custo com a matéria prima que está cada vez mais escassa no planeta.

Na fase de projeto é indispensável a especificação de materiais e equipamentos com maior durabilidade, desta forma o mesmo material pode ser reutilizado diversas vezes. Este é o principal critério que se deve adotar em um projeto, pois a reutilização de materiais e outros elementos da construção faz com que diminuam os impactos ambientais, dando uma melhor condição de vida para a população que rodeia o empreendimento, e claro reduz custos quando se leva em consideração a compra de matéria prima.

#### **4.1.3.3 *Processo Reciclagem***

O processo de reciclagem é facilmente entendido como o rejuvenescimento do material, ou seja, quando o componente utilizado se torna velho, entra-se com este processo afim de deixá-lo novo, assim se faz desnecessário o gasto com novos materiais, além de diminuir os impactos ambientais, pois não haverá a necessidade de se desfazer do material. Esta nova etapa do material requer uma série de intervenções, como coleta, desmonte e tratamento, só após estas etapas o material será rejuvenescido e então poderá ser reutilizado.

Este processo é fundamental para o gerenciamento ambiental, social e econômico de recursos naturais. Tem por base a política ambiental, que se baseia na gerência integrada, e a gerência do ciclo de vida dos materiais nas fases de produção, construção, demolição, reciclagem e pôr fim à disposição.

A reciclagem implica diretamente na redução do uso de recursos naturais, entre eles, fontes de energia e matéria prima, além de intervir na manutenção da matéria-prima e no processo de produção. Desta forma, este processo é fundamental para uma maior sustentabilidade, pois minimiza a necessidade de extração de matérias-primas, conforme figura 4.4.

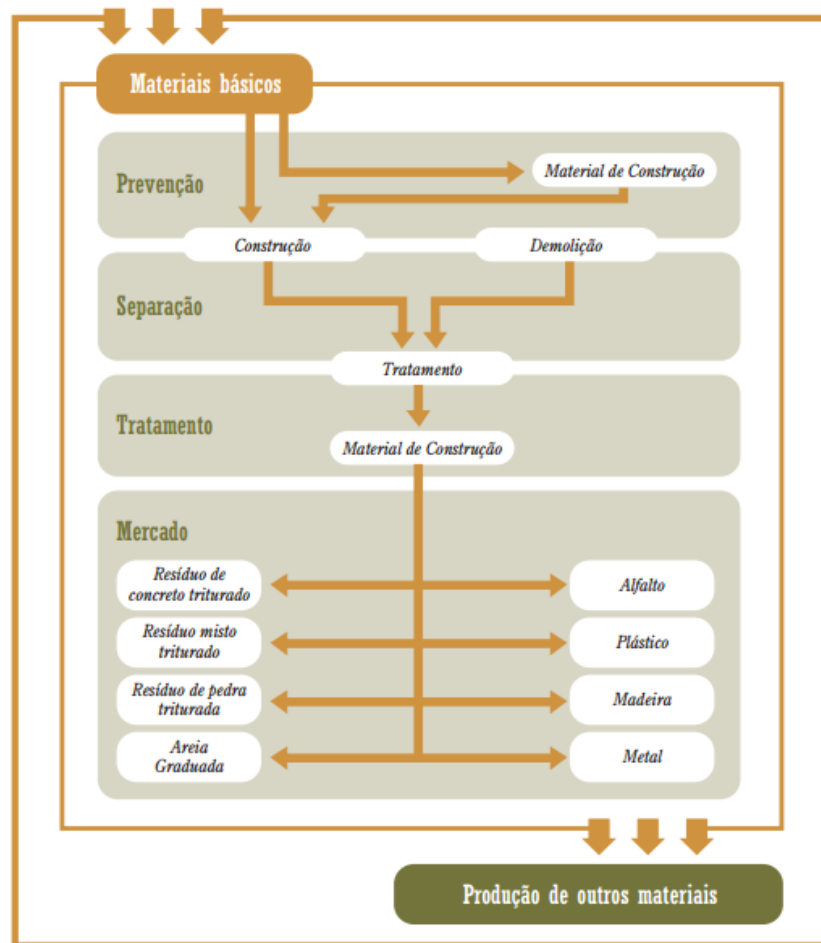


Figura 4.4 –Processo construtivo como método de reciclagem.  
Fonte: BLUMENSCHIN, RAQUEL NAVES (2007).

Para entender melhor a reciclagem, vamos aborda-la dentro e fora do canteiro de obras:

- Reciclagem dentro do Canteiro de Obra

No nosso país, cerca de 90% dos resíduos gerados pelas obras são recicláveis, por isso, no início do projeto, deve-se levar em consideração o retorno destes para a obra, afim de substituir matérias-primas extraídas do meio ambiente. Esta atividade deve ser realizada no canteiro da obra, além de também poder ser executada em outras obras. (BLUMENSCHIN, 2007).

Um ato difícil, mas totalmente sustentável seria a prática constante da reutilização e reciclagem dos RCC pelas construtoras. Entretanto, no Brasil essa prática é vista como sobrecarga de trabalho e também como barreira para o bom andamento do serviço. Além de ser considerado como fator negativo à qualidade técnica dos serviços, o que evidencia a baixa mobilidade da indústria da construção civil.

- Reciclagem fora do canteiro de obras

A reciclagem fora do canteiro de obras ocorre em Centrais de RCC e/ou RCD, de acordo com o IBGE (2000), somente 12 (doze) de 5.507 municípios brasileiros possuíam Centrais de Reciclagem de RCC em operação, as figuras abaixo mostram algumas.



Figura 4.5 –Usina de Reciclagem – São José do Rio Preto - SP  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).



Figura 4.6 –Usina de Reciclagem – Belo Horizonte - MG  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).





Figura 4.7 –Usina de Reciclagem – Londrina - PR  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).

#### ***4.1.4 Plano de Gestão de Resíduos Sólidos de Construção***

Após apresentar os principais conceitos dos processos de gestão de resíduos sólidos, serão apresentadas todas as etapas pertinentes que devem ser cumpridas no processo de elaboração e implantação de um plano de gestão por empresas ou responsáveis por canteiros de obras.

Para a obtenção de êxito no plano de gestão de resíduos, é de extrema importância que a empresa esteja preparada. A preparação requer um alto comprometimento da hierarquia da empresa, desde o topo da pirâmide até a base da mesma. Toda a hierarquia deve ter conhecimento da legislação referente a gestão de resíduos sólidos de construção, assim como definir um grupo responsável pela coordenação da sua implantação, assim como ilustrado na figura 4.8.



Figura 4.8 –Organização do Plano de Gerenciamento Integrado  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).

#### **4.1.4.1** *Conscientização da hierarquia da empresa*

A primeira etapa para a implantação de um plano de gestão é a conscientização da parte mais alta da hierarquia da empresa, esta levará a um alto comprometimento e consequentemente a um processo eficiente e eficaz para o plano de gestão.

O comprometimento da alta hierarquia da empresa garante um fortalecimento do processo, além de assegurar resultados positivos para a gestão. A participação deste grupo da empresa aumenta a expectativa na obtenção de resultados. Assim os a conscientização dos envolvidos no canteiro de obra sobre suas responsabilidades será feita de maneira mais fácil.

A conscientização da alta hierarquia deverá ser feita por um de seus integrantes, ou por um participante da empresa que tenha conhecimento de todos os conceitos apresentados neste trabalho, dos impactos causados ao meio ambiente, a sociedade e a economia, assim como apresentar o domínio da legislação e diretrizes para a elaboração de um plano de gestão.

#### **4.1.4.2** *Legislação*

Desde 2007 quando foi apresentada ao Governo Federal à proposta da Política Nacional de Resíduos Sólidos e Política Nacional de Saneamento Básico, a gestão ambiental no Brasil está em constante processo de aprovação de uma política federal para a questão dos



resíduos sólidos. A proposta visa potencializar a reciclagem e o controle de geração de resíduos, assim como a utilização de instrumentos que intervêm no gerenciamento de resíduos sólidos.

Diante de vários instrumentos legais que protegem os territórios urbanos dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos, podem ser citados:

- Estatuto da Cidade;
- Agenda 21 das Cidades;
- Agenda 21 dos Recursos Naturais
- Códigos de Obras; e
- Resolução 307 do CONAMA.

O Estatuto da Cidade determina ordenação e controle do uso do solo de tal forma que se evite a poluição e degradação ambiental.

A agenda 21 das Cidades se preocupa com a promoção de mudanças nos padrões de produção e de consumo da cidade, assim como a redução de custos de desperdícios, além do desenvolvimento em tecnologia urbana sustentável.

A agenda 21 dos Recursos Naturais visa a proteção do uso do solo na extração de matérias-primas da construção, e disposição de poluentes em sua superfície.

A resolução 307 do CONAMA já foi detalhada em páginas anteriores deste trabalho.

#### ***4.1.4.3 Grupo de Coordenação***

A elaboração de um plano de gestão de resíduos sólidos deve definir uma coordenação da gestão dos resíduos. Deve definir também uma equipe operacional para auxiliar o processo ao longo de sua execução. A coordenação tem como responsabilidade identificar e informar as obrigações de cada membro do grupo.

Este grupo deve ser representado por gestores de obras, responsáveis pela obra e pelos serviços, como engenheiros, mestres e encarregados. O grupo terá a responsabilidade de elaborar o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos de Construção, que junta o Plano de Reutilização e um Plano de Gestão de Resíduos nos Canteiros de Obras.

#### **4.1.5 Plano de redução de resíduos**

O Plano de redução consiste em considerar todas as fases do processo de produção de uma edificação. Todo o planejamento, projeto e execução devem estar conscientes de suas obrigações para garantir a redução da geração de resíduos.

##### **4.1.5.1 Planejamento**

Esta etapa considera a qualidade do projeto e da construção que está diretamente ligada à qualidade da coordenação das equipes, que deverá se assegurar da eficiência do tempo e qualidade de informação técnica para unificar a equipe de projetistas e os responsáveis pelo processo construtivo.

No planejamento para a escolha da tecnologia que será utilizada, deve-se se atentar ao plano que oferece a menor geração de resíduos. Algumas informações devem ser levadas em consideração, como o ciclo de vida dos materiais, desde a extração da matéria-prima até o seu potencial de reciclagem. Os materiais que permitem sua reciclagem, ao fim de sua vida útil, devem priorizados.

No planejamento, decisões importantes podem ser tomadas como, por exemplo, quando o incorporador opta por deixar o acabamento de seus produtos a escolha do cliente. Esta decisão evita **quebradeiras** desnecessárias e desperdício de materiais.

##### **4.1.5.2 Projeto**

Existem dois tipos de projetos para serem considerados, do produto e da produção:

- Do produto: Diz respeito a todos os projetos de arquitetura, instalações e estruturas. Existe a necessidade de aplicar princípios de padronização e racionalização, dando preferência à utilização de componentes padronizados. Estes projetos deverão ser detalhados para sua utilização em todas as fases, tendo em vista a qualidade do processo, minimizando ao máximo as eventualidades nos canteiros de obra.
- Da produção: Neste projeto, é de extrema importância o recebimento do material, armazenamento no canteiro de obras, transporte vertical e horizontal e o fluxo de materiais no canteiro.

Os engenheiros e arquitetos têm uma grande responsabilidade ao desenvolver projetos. As tipologias de edificações caracterizadas por formas mais compactas, a flexibilidade do projeto, a utilização de pré-fabricados de fácil montagem e desmontagem, com dimensões padronizadas, e o uso de materiais e componentes produzidos a partir de resíduos reciclados podem ser apontadas como boas alternativas.

As flexibilidades dos projetos influenciarão no aproveitamento futuro da edificação e de suas partes, pois frequentemente, o usuário quer ampliar, melhorar ou personalizar sua edificação, visando a uma maior satisfação. Desta forma, é preferível a utilização de um sistema construtivo que permita ampliações e outras modificações ao invés de soluções fechadas sem possibilidade de futuras intervenções.

#### **4.1.5.3 Construções**

A grande importância desta etapa é o controle de qualidade dos diversos serviços. Controle da padronização, do uso adequado de equipamentos para execução dos serviços, da utilização de colaboradores capacitados para cada serviço, da gestão adequada dos materiais no canteiro para que os cronogramas sejam cumpridos, dentre outros, são fundamentais para que a execução seja realizada com qualidade, visando à otimização do produto final.

Este controle de qualidade minimiza a perda de material e assegura a durabilidade da edificação. Essas perdas serão incorporadas ao edifício, ou então serão visíveis na forma de resíduos, ou entulhos. Os resíduos produzidos durante a fase de construção resultam das perdas do processo construtivo. A escolha adequada de tecnologias é fundamental no processo, já que influenciará na geração de perdas.

Todo o trabalho em uma determinada empresa objetiva a melhoria da qualidade e as diminuições de perdas, para isso devem ser levados em consideração os programas de qualidade. Estes programas na prática são implantados por meio da contratação de consultores, especialistas na área, os quais traçam planos e medidas a serem tomadas para a redução de perdas no canteiro. Todavia, é realizado a partir de um diagnóstico dos focos de geração de resíduos no canteiro de obra e da identificação de suas causas.

Diagnosticar as perdas no canteiro de obras permite à empresa estabelecer indicadores que poderão subsidiar decisões para a escolha da melhor tecnologia, buscando minimizar a geração de resíduo. Após o diagnóstico e a identificação dos focos de perdas no canteiro, deve-se elaborar um plano para as medidas corretivas a serem implantadas pela empresa visando à melhoria do processo e à minimização das perdas.

#### **4.1.5.4 Manutenção**

Nesta fase, a redução de resíduos está diretamente ligada à manutenção da edificação e qualidade da construção. Uma edificação deve ser projetada e construída com base em princípios de qualidade e desempenho adequados, proporcionando a minimização de defeitos e a redução de gastos com a manutenção. O uso de materiais e componentes que aumentem a vida útil da edificação e de suas partes deve ser levado em conta, pois isso diminuirá os custos ao longo de sua vida útil.

Existem dois tipos de manutenção, a preventiva e a corretiva, que evitam desgastes prematuros e preservam a vida útil da edificação. Um instrumento indispensável, que orienta as ações relevantes à manutenção, é o manual do usuário, o qual deve ser entregue junto com a edificação.

O manual do usuário foca em:

- Critérios de uso de equipamentos;
- Critérios e diretrizes de uso, operação e manutenção;
- Datas de vistorias e troca/manutenção de materiais e/ou equipamentos;
- Diretrizes para treinamento de usuários em posição de gerência.

A manutenção aumenta a vida útil da edificação e depende da conscientização por parte dos usuários sobre a responsabilidade de cuidar da edificação visando o prolongamento de sua durabilidade. Quando a edificação chega ao fim, ocorre a demolição.

A demolição gera uma enorme quantidade de resíduos e a qualidade dos destes influencia na qualidade da reciclagem. A qualidade dos resíduos da demolição depende da tecnologia utilizada na construção da edificação, a qual permite que componentes e materiais sejam reutilizados quando demolidos.

#### **4.1.6 Plano de Reutilização**

Este plano deve ser inserido a obra com muita responsabilidade e controle de qualidade da aplicação por parte das empresas. A ideia deste plano é orientar o planejamento da obra a partir da concepção do projeto, o que possibilitará, por exemplo, a reutilização de materiais de escoramento e andaimes metálicos que são totalmente reaproveitados até o fim de uma obra e até mesmo em outra obra.

A execução deste plano tem como objetivo fazer com que os materiais que seriam descartados com um determinado custo financeiro e ambiental, retornem em forma de materiais novos, evitando assim a retirada de novas matérias-primas do meio ambiente.

Para seguir este plano a fim de obter bons resultados, deve-se seguir rigidamente as recomendações das normas regulamentadoras citadas anteriormente neste trabalho, e se atentar aos procedimentos para que os materiais estejam enquadrados nos padrões de qualidade exigidos por elas.

As empresas podem fazer parcerias com laboratórios de ensaios tecnológicos ou instituições de ensino para a realização de análises, ensaios e determinações de traços a ser empregados na reutilização dos Resíduos da Construção Civil (RCC).

O quadro 4.2 apresenta os tipos de resíduos gerados segundo conforme as etapas das obras e seu reaproveitamento.

Quadro 4.2 – Identificação dos Resíduos por Etapas da Obra e Possível Reaproveitamento

Fases da Obra	Tipos de Resíduos Possivelmente Gerados	Possível Reutilização no Canteiro	Possível Reutilização Fora do Canteiro
Limpeza do Terreno	Solos	Reaterros	Aterros
	Rochas, vegetação e galhos	-	
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos e concreto	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	Madeira	Formas, escoras e travamentos (gravatas)	Lenha
Fundações	Solos	Reaterros	Aterros
	Rochas	Jardinagem e muros de arrimo	-
Superestrutura	Concreto	Base de piso e enchimentos	Fabricação de Agregados
	Madeira	Cercas e portões	Lenha
	Sucata de ferro e fôrmas plásticas	Reforço para contrapisos	Reciclagem
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto e argamassa	Base de piso, enchimentos e argamassas	Fabricação de agregados
	Papel e plástico	-	Reciclagem
Instalações hidro-sanitárias	Blocos cerâmicos	Base de piso e enchimentos	Fabricação de agregados
	PVC e PPR	-	Reciclagem
Instalações elétricas	Blocos cerâmicos	Base de piso e enchimentos	Fabricação de agregados
	Conduites, mangueira e fio de cobre	-	Reciclagem
Reboco	Argamassa	Argamassa	Fabricação de agregados
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos	-	Fabricação de agregados
	Piso laminado de madeira, papel, papelão e plástico	-	Reciclagem
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado	Readequação em áreas comuns	-
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes e textura	-	Reciclagem
Coberturas	Madeiras	-	Lenha
	Cacos de telhas de fibrocimento	-	-

Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).

Outras aplicações de resíduos ocorrem na confecção de *pavers* para piso, utilização de resíduos gerados na execução de alvenaria, concretos e argamassas em bases para pisos de concreto sem função estrutural e a confecção de blocos de concreto utilizando agregados reciclados de blocos cerâmicos, casco de cerâmica ou concreto. Pode-se analisar os exemplos citados através das quatro próximas imagens, que mostram o sistema de gerenciamento de RCC da cidade de São José do Rio Preto – SP.



Figura 4.9 – Confecção de caixas de gordura com agregados reciclados  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012)



Figura 4.10 – Confecção de pavers com agregados reciclados  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).



Figura 4.11 – Confeccção de mobiliário urbano com agregados reciclados  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).



Figura 4.12 – Confeccção de blocos com agregados reciclados  
Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).

Diante de todo o esforço das construtoras para diminuir as perdas e aumentar a reutilização de materiais, ainda existe uma imensa geração de resíduos na construção civil. Mesmos que a empresa implante um ótimo sistema de gerenciamento e que otimize ao

máximo seus processos, ainda existirá resíduo no canteiro, portanto será necessário o estabelecimento de planos para sua reutilização ou revisão do sistema de reciclagem.

#### ***4.1.7 Plano de gestão de resíduos sólidos nos canteiros de obras***

Para implantar um plano de gestão nos canteiros de obras, deve haver o envolvimento do setor produtivo e também o setor público. Cada um deve seguir sua respectiva obrigação, o setor público precisa implantar um modelo, e cabe ao setor produtivo cumprir rigorosamente as regras impostas por este modelo.

Como visto anteriormente, um processo de reciclagem depende de vários fatores, um dos mais importantes é concomitantemente a qualidade do resíduo, que é dependente da geração. Portanto, envolve um canteiro altamente preparado, engenheiros, encarregados e colaboradores responsáveis, além de procedimentos que orientem o processo de geração de resíduos, incluindo sua quantificação, armazenamento e destinação.

##### ***4.1.7.1 Preparação do canteiro***

O canteiro planejamento do canteiro de obras visa atender as necessidades do sistema de gestão de resíduos, incluindo:

- a) Instalações de filtros para a água da lavagem da betoneira;
- b) Áreas para armazenamento dos diferentes resíduos;
- c) Áreas para disposição dos resíduos no canteiro até a coleta e transporte;
- d) Caçambas para armazenamento e disposição dos resíduos.

Devem constar no projeto, áreas de depósitos temporários, fluxo do transporte do resíduo, descrição do armazenamento, coleta e os equipamentos necessários.

É de extrema importância uma boa identificação visual das áreas de destino ao armazenamento dos resíduos.

- Áreas para depósito temporário

A disposição de resíduos em depósitos temporários é feita em espaços improvisados na obra, destinados a receberem os resíduos ao final do serviço, ou no final do dia. Desta forma os resíduos ocupam espaços de pequena importância até que se tenha um alto volume para que as empresas coletoras direcionem-os ao destino final, ou como visto anteriormente, são dispostos para a reutilização.



É necessário deixar alguns locais como depósitos temporários, a fim de juntar pequenos volumes de resíduos provenientes de instalações elétricas, hidráulicas, alvenaria, gesso, entre outros. Quando a junção destes pequenos volumes se tornar considerável, ou seja, se tornar maior, eles são encaminhados para a coletora. Os resíduos que são gerados em maior volume, devem ser encaminhados ao armazenamento no final do período em que foi gerado.

Diversas são as obras que dimensionam áreas para disposição dos resíduos gerados na construção, dentre os tipos de depósitos temporários, uma boa alternativa são baias apropriadas a cada situação. Como por exemplo, a separação por classe conforme figura 4.13.



Figura 4.13 –Depósitos temporários de resíduos  
Fonte: BLUMENSCHIN, RAQUEL NAVES (2007).

- **Filtro para água da betoneira**

Se faz necessário a instalação de um filtro de decantação para minimizar o impacto da água proveniente da betoneira. O filtro nada mais é do que um buraco que varia de 1,50 m a 1,70 m de profundidade, com uma camada de brita de 50 cm a 70 cm no fundo conforme figura 4.14. No início do buraco, pode-se colocar uma peneira para coar a água antes de ser colocada no filtro.

A limpeza deste deve ser feita periodicamente e os resíduos devem ser dispostos em conjuntos com todos que contém cimento, assim pode-se dispor da água da betoneira, conforme figura 4.15.



Figura 4.14 –Construção do filtro da água proveniente da lavagem da betoneira  
Fonte: BLUMENSCHNEIN, RAQUEL NAVES (2007).



Figura 4.15 –Utilização do filtro  
Fonte: BLUMENSCHNEIN, RAQUEL NAVES (2007).

- Fluxo dos resíduos do canteiro  
É importante se certificar da disponibilidade de carrinhos de mão e caminhos adequados para circulação dentro do canteiro, estes devem ser previstos no planejamento e gestão do canteiro de obras.
- Áreas de armazenamento dos resíduos  
Conforme descrito anteriormente, os resíduos devem ser armazenados em algum lugar do canteiro que tenha acesso para a coleta de empresas coletoras. Os resíduos de classe A e B são os que mais ocupam espaço na obra.



As áreas de armazenamento devem ser instaladas com precaução, pois devem evitar o acúmulo de água, ser de difícil acesso às pessoas externas às obras, e devem permitir a quantificação adequada dos resíduos que serão coletados, assim como mostram as cinco próximas figuras.



Figura 4.16 –Caçamba de Resíduos de classe A – tijolos, argamassa e cimento.  
Fonte: BLUMENSCHNEIN, RAQUEL NAVES (2007).



Figura 4.17 –Caçamba de Resíduos de classe B – papel  
Fonte: BLUMENSCHNEIN, RAQUEL NAVES (2007).



Figura 4.18 –Armazenamento de resíduos de madeira  
Fonte: BLUMENSCHN, RAQUEL NAVES (2007).



Figura 4.19 - Baías para armazenamento de resíduos segregados  
Fonte: BLUMENSCHN, RAQUEL NAVES (2007).



Figura 4.20 – Armazenamento de resíduos de ferro – Classe B  
Fonte: BLUMENSCHNEIN, RAQUEL NAVES (2007).

- Áreas para coleta dos resíduos

Deve ser feita a coleta a partir do instante em que as caçambas de armazenamento estiverem preenchidas, esta coleta pode ser realizada por agentes recicladores ou empresas coletoras. É bom ressaltar a importância dos acessos às áreas para coleta dos resíduos.

#### ***4.1.8 Remoção dos resíduos do canteiro***

A remoção dos resíduos do canteiro de obras devem ser controlados através de uma ficha que contenha os dados do gerador (construtora, empreiteiro, empresa, entre outros), tipo e quantidade de resíduos, dados do transportador e dados do local de destino dos resíduos.

O gerador tem que guardar uma via do documento devidamente preenchido e assinado pelo transportador, porque este documento é sua garantia de que destinou seus resíduos adequadamente. O controle serve para a sistemática de informações da geração de resíduos da obra.

Deve-se contratar empresas devidamente licenciadas para a realização do transporte, bem como para a destinação de tais resíduos. Os veículos utilizados para transportá-los são caminhões com equipamentos poliguindaste ou caminhões com caçamba que tem lonas para cobri-las e evitar a disseminação em vias públicas.

#### **4.1.9 Destinação dos Resíduos**

Os resíduos são destinados de acordo com sua classificação. Os de classe A deverão ser encaminhados para áreas de triagem, áreas de reciclagem ou aterros da construção civil. Com relação aos resíduos classe B, estes poderão ser encaminhados a agentes recicladores por meio de venda, ou por meio de doações (principalmente cooperativas e/ou catadores). Estes podem ser comercializados com empresas, cooperativas ou ainda podem ser usados como combustível para fornos e caldeiras. A venda dos resíduos permitirá que a arrecadação possa ser retornada aos trabalhadores, sendo um estímulo a mais para a implantação do projeto, conforme comentado anteriormente. Para os resíduos das categorias C e D, deverá ocorrer a inclusão de fornecedores para que se divida a responsabilidade na destinação dos mesmos.

##### **4.1.9.1 Usinas de triagem**

O uso das usinas de triagem é de extrema importância na reciclagem, pois elas são usadas para a separação de materiais que provem da coleta de lixo. Junto com a usina de triagem deve haver um conjunto de técnicas aplicadas para estimular a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter um material estável, rico em nutrientes minerais no menor tempo possível, este conjunto é conhecido como compostagem. A instalação de uma usina de triagem, sem a compostagem, pode ser um processo que não trará grande retorno do ponto de vista ambiental.

Estas usinas proporcionam maneiras de reduzir a quantidade de resíduos enviados ao aterro, atingindo uma alta taxa de aproveitamento quando bem gerenciadas, essa taxa chega perto dos 50%. Fazendo comparação com a coleta seletiva, deve existir um mercado para materiais orgânicos e inorgânicos.

Devem-se analisar os pontos positivos e negativos de uma usina de triagem, dentre eles pode-se ressaltar:

Pontos positivos:

- Através de sua compostagem, permite o aproveitamento da fração orgânica do lixo;
- Não exige que o sistema convencional de coleta seja alterado.

Pontos negativos:

- Alto custo no investimento inicial em equipamentos que vão compor a usina;
- Alto custo no investimento de treinamento para técnicos que irão operar a usina;



- Baixa qualidade na separação da fração orgânica quando comparado com a coleta seletiva.

O quadro 4.3 mostra algumas alternativas de destinos para os resíduos.

Quadro 4.3 – Alternativas de Destinação para Diversos tipos de Resíduos da Construção Civil (RCC)

TIPOS DE RESÍDUOS	CUIDADOS REQUERIDOS	DESTINAÇÃO
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, tijolos, componentes cerâmicos e semelhantes	Privilegiar soluções de destinação que envolvam a reciclagem dos resíduos, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado.	Áreas de Transbordo e Triagem, Áreas para Reciclagem ou Aterros de resíduos da construção civil licenciadas pelos órgãos competentes; os resíduos classificados como classe A (blocos, telhas, argamassa e concreto em geral) podem ser reciclados para uso em pavimentos e concretos sem função estrutural.
Madeira	Para uso em caldeira, garantir separação da serragem dos demais resíduos de madeira.	Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem destes resíduos, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos ou caldeiras.
Plásticos	Máximo aproveitamento dos materiais contidos e a limpeza da embalagem.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Papelão e papéis	Proteger de intempéries.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Metal	Não há.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Serragem	Ensacar e proteger de intempéries.	Reutilização dos resíduos em superfícies impregnadas com óleo para absorção e secagem, produção de briquetes (geração de energia) ou outros usos.
Gessos em placas cartonadas	Proteger de intempéries.	É possível a reciclagem pelo fabricante ou empresas de reciclagem.
Gesso de revestimento e artefatos	Proteger de intempéries.	É possível o aproveitamento pela indústria gesseira e empresas de reciclagem.
Solos	Examinar a caracterização prévia dos solos para definir destinação	Desde que não estejam contaminados, destinar a pequenas áreas de aterramento ou em aterros de resíduos da construção civil, ambos devidamente licenciados pelos órgãos competentes.
Telas de fachada e de proteção	Não há.	Possível reaproveitamento para a confecção de bags e sacos ou até mesmo por recicladores de plásticos.
EPS (poliestireno expandido, exemplo: isopor)	Confinar, evitando dispersão	Possível destinação para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam, reciclam ou aproveitam para enchimentos
Materiais, instrumentos e embalagens contaminados por resíduos perigosos.	Maximizar a utilização dos materiais para a redução dos resíduos a descartar	Encaminhar para aterros licenciados para recepção de resíduos perigosos

Fonte: LIMA, R. S; LIMA RUY. R. R. (2012).

## 5 ROTEIRO BÁSICO PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

### 5.1 Informações gerais

- Identificação do empreendedor

Para:

- a) Pessoa Física: Nome, endereço, documento de identidade com foto e CPF.
- b) Pessoa Jurídica: Razão social da empresa, nome fantasia também conhecido como **apelido da empresa**, CNPJ, responsável pela empresa (nome, CPF, telefone e e-mail).

- Responsável técnico pela obra

Nome, CPF, endereço, telefone, e-mail e CREA.

- Responsável pela elaboração do projeto de RCC

Nome, endereço, telefone, fax, e-mail e CREA;

Cópia autenticada da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART no Conselho Profissional.

- Equipe técnica responsável pela elaboração do projeto

Nome, formação profissional e inscrição no Conselho Profissional.

- Caracterização do empreendimento

- a) Localização: endereço completo;
- b) Caracterização do sistema construtivo;
- c) Apresentação de planta arquitetônica de implantação da obra, incluindo o canteiro de obras, área total do terreno, área de projeção da construção e área total construída;
- d) Números totais de trabalhadores, incluindo os terceirizados;
- e) Cronograma de execução da obra.



## **5.2 Resumo das etapas do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**

### **1º) Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos**

Classificar a produção de resíduos, conforme resolução CONAMA 307/02.

### **2º) Diminuição dos resíduos**

Descrever sucintamente todos os procedimentos adotados para minimizar a geração de resíduos.

### **3º) Triagem dos resíduos**

Descrever os procedimentos a serem adotados para triagem dos resíduos sólidos por classe e tipo.

### **4º) Armazenamento**

Descrever os procedimentos a serem adotados para armazenamento dos resíduos sólidos, por classe ou tipo, de forma a garantir a integridade dos materiais.

### **5º) Transporte Interno**

Descrever rigorosamente todos os procedimentos necessários para o transporte vertical e horizontal dos RCC e RCD.

### **6º) Reutilização e Reciclagem**

Informar os procedimentos que serão utilizados para reutilização e reciclagem.

### **7º) Transporte externo**

Deve ter um Controle de Transporte de Resíduos (CTR). Este documento deve conter a identificação do gerador, dos responsáveis pela execução da coleta e do transporte, assim como a unidade de destinação final.

### **8º) Destinação dos resíduos**

Descrever os procedimentos adotados com relação a destinação dos resíduos por classe, conforme Resolução CONAMA.

## 6 HISTÓRICO DE EXPERIÊNCIAS REALIZADAS NO BRASIL

Desde a década de 80, o Brasil vem realizando experiências de aplicação do resíduo sólido de construção civil como material de pavimentação, porém sem estudos aprofundados sobre o assunto. No início dos anos 90, foi instalada a primeira usina recicladora do país pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP). Em 2004, deu-se início a pavimentação do sistema viário do novo *campus* da USP-Leste, um projeto chamado de Pavimento Ecológico, com materiais reciclados. As camadas de base e sub-base do Pavimento Ecológico da USP-Leste foram feitas com agregado reciclado de resíduos sólidos de construção civil e seu revestimento asfáltico, foi executado com asfalto modificado, com o uso de borracha moída de pneu, conhecido como asfalto-borracha.

No ano de 2003, a PMSP criou sua própria especificação relacionada ao uso de agregados reciclados em camadas de pavimento, a PMSP/SP ETS – 001/2003. Pode-se considerar a primeira norma brasileira para tal finalidade e em 2004, foi publicada a norma NBR 15115 que especifica a utilização de agregado reciclado de resíduos sólidos de construção civil em camadas de base, sub-base e reforço do subleito de pavimentos. (ABNT, 2004)

O processo de reciclagem do RCD tem início com a catação de materiais de classificação **B**, **C** ou **D**. Também são instalados sistemas de separação magnética para a remoção de outros materiais. Assim, obtendo o agregado reciclado, constituído por concreto, argamassa, britas, cerâmicas, telhas cerâmicas, entre outros materiais e por fim, a norma NBR 15115 especifica limites máximos para esses materiais, conforme figura 6.1. (ABNT, 2004).

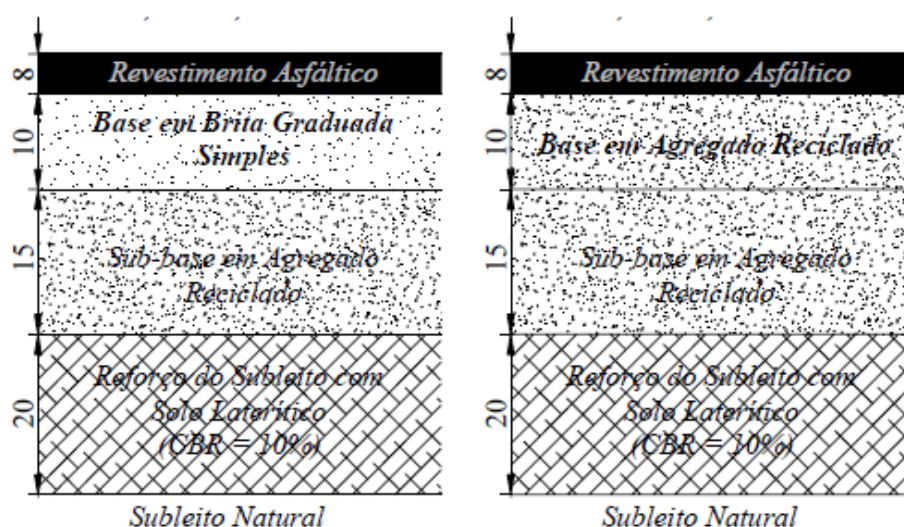


Figura 6.1 - Seções projetadas com agregado reciclado do sistema viário USP-Leste.

Fonte: BERNUCCI, L. L. B.; ABDU, M. R (2005).

## 7 VISITA TÉCNICA

Para contextualizar e engrandecer o conteúdo deste trabalho foi realizado uma visita técnica no dia 30/04/2015 em uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil no município de Guarulhos, chamada **Proguaru**.

A usina de reciclagem de resíduos da construção civil é parte integrante da Política de Gestão de Resíduos do Município, responsável pelo beneficiamento de 100% de toda parcela mineral entregue nos pontos de entrega voluntária (PEVs).

A usina foi implantada em 2003, com uma área de aproximadamente de 10 mil/m<sup>2</sup> e atende a resolução do CONAMA 307 (2002), licença da CETESB n° 150223/03 e processo n° 15/00543/03.

Tendo conhecimento da importância e reciclagem das sobras da construção civil, tanto na execução, como na manutenção e reforma, representa a maior parte de resíduos urbanos, a Proguaru triplicou a capacidade de produção de sua usina de reciclagem. Assim, receberá do setor privado os resíduos da construção civil, das construções e reformas de casas e prédios localizados no município de Guarulhos.

Quadro 7.1 – Caracterização dos Resíduos da Construção Civil (RCC)

TIPO	DESCRIÇÃO
<b>RCC – Resíduos da Construção Civil (CONCRETO)</b>	Composto de diferentes concentrações de resíduos inertes de areia, brita, cimento, consolidados ou não em várias granulometrias.
<b>RCC – Resíduos da Construção Civil (MISTO)</b>	Composto de diferentes concentrações de resíduos inertes de cor cinza (concreto); Resíduos inertes de cor vermelha (cerâmicos crus ou cozidos, de tamanhos diversos e parte de solos ou argilas).

Fonte: AUTORES (2015).

Os agregados reciclados são caracterizados de acordo com sua composição e granulometria, definidas pela norma NBR 9935/2011, especificados no quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Agregados Reciclados(AR)

<b>TIPO</b>	<b>TAMANHO (GRANULOMETRIA)</b>	<b>Similaridade ao agregado natural</b>	<b>Descrição</b>
<b>Areia Reciclada Mista – ARM 0</b>	0,1 a 4,8 mm	Areia Média	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico.
<b>Areia Reciclada Misto – ARM 1</b>	4,8 a 9,5 mm	Pedrisco	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico.
<b>Areia Reciclada Misto – ARM 2</b>	9,5 a 25 mm	Pedra 1 e 2	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico.
<b>Areia Reciclada Misto – ARM 3</b>	25 a 50 mm	Pedra 3	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico.
<b>Agregado Reciclado Graúdo Misto</b>	>50 mm	Rachãozinho	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico.
<b>Bica Corrida Reciclada</b>	0,1 a 50 mm	Bica Corrida	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico.
<b>Areia Reciclada de Concreto – ARC 0</b>	0,1 a 4,8 mm	Areia Média	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de concreto, simples, armado, protendido, composto de, no mínimo, 90% de massa de fragmentos à base de cimento Portland e de rocha (NBR 15116/2004)
<b>Agregado Reciclado Misto – ARC 1</b>	4,8 a 9,5 mm	Pedrisco	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de concreto, simples, armado, protendido, composto de, no mínimo, 90% de massa de fragmentos à base de cimento Portland e de rocha (NBR 15116/2004)

Continua

<b>TIPO</b>	<b>TAMANHO (GRANULOMETRIA)</b>	<b>Similaridade ao agregado natural</b>	<b>Descrição</b>
<b>Agregado Reciclado Misto – ARC 2</b>	9,5 a 25 mm	Pedra 1 e 2	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de concreto, simples, armado, protendido, composto de, no mínimo, 90% de massa de fragmentos à base de cimento Portland e de rocha (NBR 15116/2004)
<b>Agregado Reciclado Misto – ARC 3</b>	25 a 50 mm	Pedra 3	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de concreto, simples, armado, protendido, composto de, no mínimo, 90% de massa de fragmentos à base de cimento Portland e de rocha (NBR 15116/2004)
<b>Agregado Reciclado Graúdo de Concreto</b>	>50 mm	Rachãozinho	Obtido pelo beneficiamento de resíduos de concreto, simples, armado, protendido, composto de, no mínimo, 90% de massa de fragmentos à base de cimento Portland e de rocha (NBR 15116/2004)

Fonte: AUTORES (2015).

Ainda, segundo o engenheiro José Maria, que nos orientou em uma pesquisa feita na usina de reciclagem, as produções de agregados de Fevereiro / 2015 e o comparativo de captação dos anos de 2013/2014/ 2015 (meses de Janeiro e Fevereiro), apresentados no quadro 7.3 e figura 7.1 abaixo.

Quadro 7.3– Produção de Agregados Reciclados em Fevereiro de 2015

<b>PENEIRA (m³)</b>	
<b>Areia</b>	163
<b>Pedrisco</b>	101
<b>Pedra 1 e 2</b>	218
<b>Pedra 3</b>	252
<b>Rachãozinho</b>	17
<b>Bica Corrida</b>	180

Fonte: AUTORES (2015).

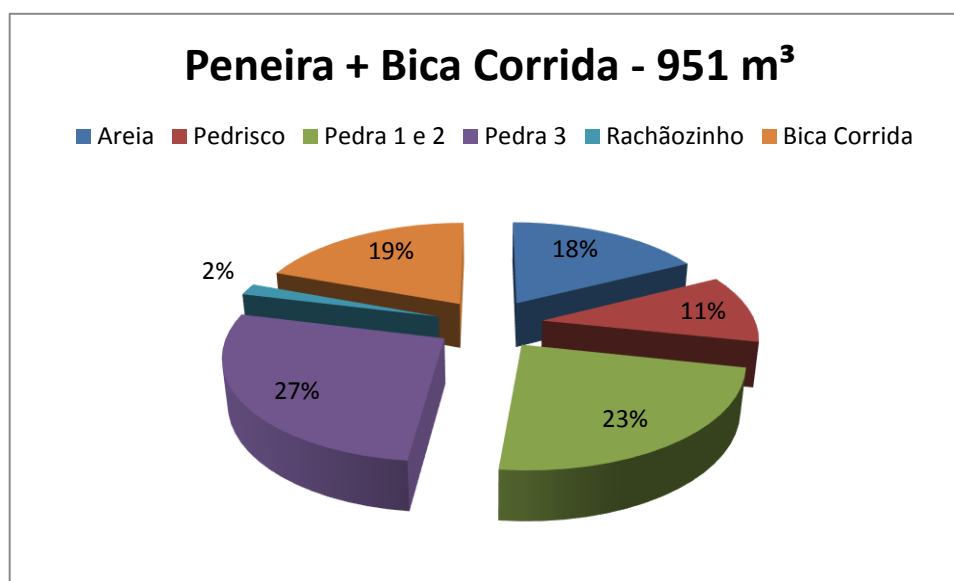


Figura 7.1 – Porcentagem de Produção de Agregados Reciclados em Fevereiro de 2015  
Fonte: AUTORES (2015).

Na visita também foi possível recolher a captação dos últimos três anos. Estes dados foram anotados em m<sup>3</sup> na tabela 7.1 e figura 7.2:

Tabela 7.1– Captação de Entulho dos Anos de 2013/2014/2015 (m<sup>3</sup>).

	<i><b>2012</b></i>	<i><b>2013</b></i>	<i><b>2014</b></i>	<i><b>2015</b></i>
<b>Janeiro</b>	1174	2368	3200	1971
<b>Fevereiro</b>	1194	1990	3811	1726
<b>Março</b>	1040	2515	4274	
<b>Abril</b>	1170	3310	4255	
<b>Maió</b>	1445	4385	4361	
<b>Junho</b>	1188	3591	3896	
<b>Julho</b>	1601	3106	3510	
<b>Agosto</b>	2270	4701	3271	
<b>Setembro</b>	3053	3485	3524	
<b>Outubro</b>	2839	3512	2801	
<b>Novembro</b>	1447	3220	2254	
<b>Dezembro</b>	1483	3848	2038	

Fonte: AUTORES (2015).

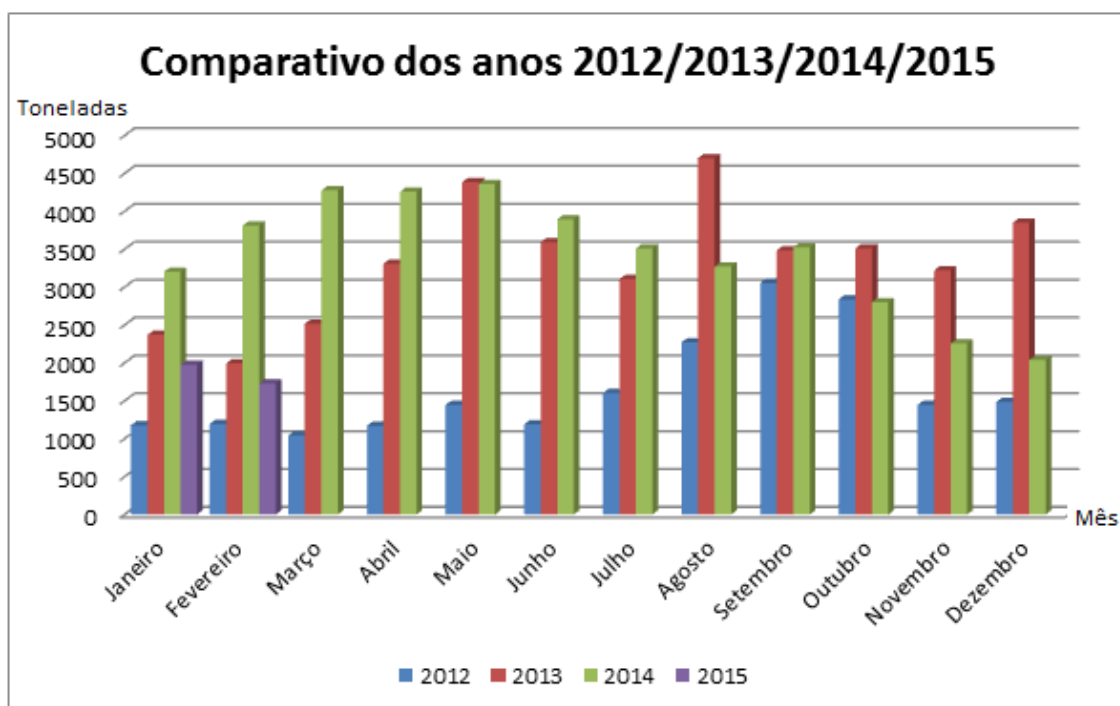


Figura 7.2 – Comparativo da Captação de Entulho dos Anos de 2013/2014/2015  
Fonte: AUTORES (2015).

## 7.1 Funcionamento de usina recicladora

Para a instalação de uma usina recicladora é necessário ter um grande espaço, que pode ser cedido pelo empreendedor ou município através de uma parceria, pois é de total interesse da prefeitura manter a cidade limpa, incentivar a economia, gerar empregos e liberar os espaços para aterros.

De forma simplificada, podemos compreender melhor o funcionamento de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil através da figura 7.3.

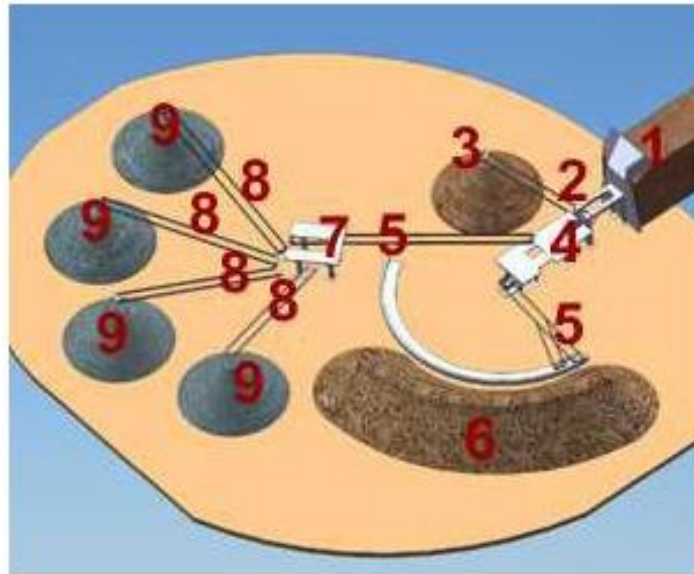


Figura 7.3 - Etapas de funcionamento de uma usina recicladora  
 Fonte: MAPRE EQUIPAMENTOS [2012?].

Através dos pontos de entrega voluntária e recebimentos gratuitos por pessoa, o material é coletado e transportado para a usina. Chegando ao local adequado, o material a ser britado é colocado no alimentador vibratório (1), na qual existe uma grelha para a retirada de materiais finos que também são recolhidos e transportados pela correia (2) formando, assim, um montante (3). Esse procedimento é necessário e utilizado para evitar um desgaste desnecessário nas mandíbulas do britador, evitando manutenções futuras.

No britador (4) sai um transportador de correia radial (5) que pode ser posicionado, dependendo do material, no montante de agregado vermelho (6) e em direção à peneira-vibratória (7).

Dessa peneira vibratória já saem os agregados de entulho cinza, já devidamente separados e cada um é levado por um transportador de correia (8) para seu respectivo montante final (9).



## 7.2 Fotos da visita técnica na Usina Proguaru

Com o agendamento da visita na usina Proguaru, conseguimos obter melhores informações sobre seu funcionamento, funcionários, organização do canteiro e recebimento dos resíduos acabados de chegar de outras obras, levado por empresas e construtoras. Andando pelo canteiro vemos diversas placas explicando informações sobre a usina, na figura 7.4, a equipe Proguaru baseia-se, como vemos a seguir, no artigo 225 da Constituição de 1988.



Figura 7.4 - Entrada da Proguaru - Art. 225 da Constituição de 1988  
Fonte: AUTORES (2015).

Nas figuras 7.5 e 7.6, são apresentados os locais de armazenamento dos materiais, já devidamente separados de acordo com suas características específicas.



Figura 7.5 - Armazenamento de materiais reciclados  
Fonte: AUTORES (2015).



Figura 7.6 - Armazenamento de materiais reciclados  
Fonte: AUTORES (2015).



Cada montante de material apresenta uma determinada característica, como já mencionado anteriormente. Percebemos a boa organização que a usina se encontra durante toda visita. A figura 7.7 apresenta as características e seu uso recomendado.



Figura 7.7 - Separação de materiais por característica e uso recomendado  
Fonte: AUTORES(2015).

A figura 7.8, mostra os autores deste trabalho juntamente com o professor Odair de Oliveira, durante a visita técnica.



Figura 7.8 - Equipe de visita à usina  
Fonte: ENG° JOSÉ MARIA CORDEIRO (2015).









Figura 8.2 - Mistura de agregado reciclado com BGS convencional na obra  
Fonte: ENG° JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.3 - Base estocada, com mistura de agregado reciclado e BGS convencional na obra.  
Fonte: ENG° JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.4 - Lançamento da base "mista" sobre o subleito.  
Fonte: ENG° JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).





Figura 8.5 - Regularização da base com o auxílio da motoniveladora.  
Fonte: ENGº JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.6: Compactação da base com auxílio do rolo liso vibratório.  
Fonte: ENGº JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.7 - Aplicação da camada de RR-2C ligante.  
Fonte: ENGº JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.8: Aplicação da CBUQ com auxílio da acabadora.  
Fonte: ENGº JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.9 - Compactação do revestimento CBUQ.  
Fonte: ENGº JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



Figura 8.10 - Avenida Lagedão concluída alguns dias depois.  
Fonte: ENGº JOSÉ MARIA CORDEIRO (2014).



## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho ajudou a compreender melhor o conceito do RCD no dia-a-dia de um técnico, tecnólogo e engenheiro, na área da construção civil. É notável sua enorme importância no contexto ambiental nos grandes centros urbanos, economicamente em obras de pavimentação de baixo volume de tráfego de veículos e por fim, foram mostrados alguns caminhos que servem de parâmetros para a elaboração de um programa de gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição, tendo como base dados concretos.

Em relação aos impactos gerados diretamente pelo entulho e demais resíduos descartados em locais inapropriados, não há como mensurar a degradação ambiental, comprometimento de rios e lagos, degradação de áreas de proteção permanente, proliferação de vetores e um desagradável efeito na poluição visual urbana.

Existe um problema central quanto ao uso de material reciclado para a construção civil, pois este é estritamente limitado, não é produzido com frequência e tão pouco em larga escala. Na pavimentação, existe sempre a realização de estudos de viabilidade de tráfego, impacto ambiental, topográfico e geotécnico, que são essenciais para os projetos de infraestrutura rodoviária e urbana; junto a este estudo, é realizado um projeto de gerenciamento para a utilização do material reciclado, isto se faz necessário devido a pouca quantidade de resíduo.

A partir do momento que os projetos são bem elaborados, as obras executadas com equipamentos adequados e os materiais utilizados atendam as especificações técnicas, fazendo com o que as obras de pavimentação fiquem com uma maior qualidade e com uma vida útil de acordo com o esperado. A excelência desta sequência promove uma redução de gastos a médio e longo prazo, redução que pode ficar ainda maior quando previsto a reutilização e reciclagem dos resíduos provenientes da construção civil.

Ao final de toda análise, pode-se afirmar, com base no desenvolvimento deste trabalho e juntamente com a visita técnica realizada, que os resíduos de construção e demolição apresentam baixa resistência e expansão, mostrando assim que é um bom agregado para um trecho de baixo tráfego de veículos. Por não ser primário, pode-se usar um certo percentual do RCD, na qual deve ser misturado com material natural, e nunca deve ser usado em lugares de tráfego intenso, além de ser aproveitado em camada de base e raramente em camadas de sub-base.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, VM. **Reciclagem de resíduos da construção**. Artigo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: resíduos sólidos-classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.113**: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.115**: agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação - procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 9935**: agregados - terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. L. B., LEITE, F. C., MOTTA, R. S. **Aplicação de agregado reciclado de RCD em pavimentação: sistema viário da USP-Leste**. In: SEMINÁRIO GESTÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO AVANÇOSE DESAFIOS, São Paulo, 2005.

BERNUCCI, L. L. B.; ABDOL, M. R.; **Pavimento ecológico: uma opção para a pavimentação de vias das grandes cidades**. São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <[http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/pavimento\\_ecologico.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/pavimento_ecologico.pdf)>. Acesso em 23 abril. 2015.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Abeda, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, DF, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

BLUMENSCHIN, Raquel Naves. Manual técnico: **Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: Sebrae/DF.2007.48p.

CARNEIRO, *et al.*, **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Projeto Entulho Bom, pg 190-227. Salvador: EDUFBA /Caixa Econômica Federal, 2001.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. da S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. Salvador, BA, EDFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. 312 p.; il.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). **Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário – Oficial da União em 17/07/2002.

CORDEIRO, José Maria. **Visita Técnica - PROGUARU**. Guarulhos, Proguaru, 30 abr. 2015. Depoimento por ocasião de uma Visita Técnica, Guarulhos, 2015.

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

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Paraná: CREA-PR, [2012?]. Série de Publicações - Temáticas do CREA-PR.

MAPRE equipamentos – Usina de reciclagem de entulho. Disponível em: <<http://mapreequipamentos.com.br/usina-de-reciclagem-de-entulho/>>. Acesso em: 23 de abril. 2015.

MOTTA, R. S., **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.SP, 2005.

NETO, José da Costa Marques. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

PINTO, Tarcísio de Paulo. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil**. A experiência do SindusCon-SP. São Paulo, SP, 2005. Disponível em: <[http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual\\_residuos\\_solidos.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em 23 de abril. 2015.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, EPUSP, São Paulo, SP.

ROCHA, E.G.A. **Os resíduos sólidos de construção e demolição: Gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no distrito federal**. 2006. 174p. – Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília – Brasília

ROSA, Odair de Oliveira. **Arquivo Pessoal – Proguaru**. 2 imagens. Guarulhos, 2015.

TESSARO, A.B.; SÁ, J. S. de.; SREMIN, L. B. **Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil.** Porto Alegre. 2012. 7p. - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. 2012.

VALOTTO, Daniel Vitorelli. **Gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiro de obras.** – Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, 2007.

ZIMMER, Cristiane; PEREIRA, Juliane. ESPAÇO EDUCACIONAL VIEIRA CABRAL. **Aterro sanitário de Ipatinga na região metropolitana.** 1 imagem. Governador Valadares, 2011. Disponível em: <[vieiracabral.blogspot.com.br/2011/09/alunos-visitam-o-projeto-xerimbabo-em.html](http://vieiracabral.blogspot.com.br/2011/09/alunos-visitam-o-projeto-xerimbabo-em.html)>. Acesso em: 23 de abril. 2015.

## **ANEXO 01**

### **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002**

Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994, e

Considerando 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;

Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;

Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;

Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;

Considerando 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;

Considerando 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, resolve:

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.

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - 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, calça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e programar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI - Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII - Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando à preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confina-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

X - Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

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 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, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e 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 os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar:

I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e

II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Art 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:

I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;

IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - o incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Art 7º O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil será elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

§ 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

§ 2º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.

Art. 9º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que sejam possíveis, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Art. 10. 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.

Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, e o prazo máximo de dezoito meses para sua implementação.

Art. 12. Fica estabelecido o prazo máximo de vinte e quatro meses para que os geradores, não enquadrados no art. 7º, incluam os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, conforme §§ 1º e 2º do art. 8º.

Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de "bota fora".

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

JOSÉ CARLOS CARVALHO

Presidente do Conselho

Publicada DOU 17/07/2002