

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PLANOS
PARA SUA REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM
NO DISTRITO FEDERAL**

LEANDRO MODESTO PRATES BELTRÃO

**ORIENTADOR: CLÁUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA
FEITOSA PEREIRA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM SISTEMAS
CONSTRUTIVOS E MATERIAIS**

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2014

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PLANOS
PARA SUA REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM
NO DISTRITO FEDERAL**

LEANDRO MODESTO PRATES BELTRÃO

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

**Prof.º Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, Doutor (UnB).
(ORIENTADOR)**

**Prof.º João Henrique da Silva Rego, Doutor (UnB).
(EXAMINADOR INTERNO)**

**Msc, Marcus Vinicius Araújo da Silva Mendes (UFG).
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 03 de Dezembro de 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

BELTRÃO, LEANDRO MODESTO PRATES

Resíduos Sólidos da Construção Civil: planos para sua redução, reutilização e reciclagem no Distrito Federal [Distrito Federal] 2014.

xiv, 131p, 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2014)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Resíduos urbanos | 2. Resíduos sólidos da construção civil |
| 3. Construção racionalizada | 4. Redução da geração de RCC |
| 5. Gerenciamento de RCC | 6. Agregados reciclados |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BELTRÃO, L.M.P. (2014). Resíduos Sólidos da Construção Civil: planos para sua redução, reutilização e reciclagem no Distrito Federal. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-002/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Leandro Modesto Prates Beltrão.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Resíduos Sólidos da Construção Civil: planos para sua redução, reutilização e reciclagem no Distrito Federal.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2014

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Leandro Modesto Prates Beltrão
Quadra 18, Conjunto N, Casa 18
73050-194 - Sobradinho/DF - Brasil

RESUMO

RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PLANOS PARA SUA REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM NO DISTRITO FEDERAL

Autor: Leandro Modesto Prates Beltrão

Orientador: Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira

Graduação em Bacharel em Engenharia Civil

Brasília, Novembro de 2014.

O volume excessivo de resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos grandes desafios a ser enfrentado pela humanidade. O aumento contínuo da geração de RSU decorrente, dentre outros motivos, do crescimento desordenado das cidades, associado à escassez de áreas para sua destinação final, faz da coleta, transporte e deposição final adequadas desses resíduos uma tarefa árdua e cada vez mais complexa. O presente estudo tem como foco o entulho oriundo da indústria da construção civil, os resíduos sólidos da construção (RCC). O volume dos RCC, quando não tratado adequadamente, impacta o meio ambiente urbano, cria verdadeiras ilhas de entulho, entope sistemas de drenagem urbana e causa o assoreamento de córregos e rios, dentre outros efeitos colaterais. Visto esse quadro insustentável de geração e destinação de RCC, é indiscutível a necessidade de se implementar sistemas de gestão de resíduos sólidos preventivos, modernos e eficazes na construção civil. O objetivo desse estudo é sugerir planos para redução, reutilização e reciclagem dos RCC no Distrito Federal (DF). Para tanto, primeiramente realizou-se uma revisão bibliográfica através de investigação e levantamento de dados estatísticos em pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em artigos científicos, livros nacionais e internacionais, teses e dissertações, dentre outros. Posteriormente, serão realizados estudos de caso através de visitas a canteiros de obras em Brasília e cidades satélites para observações e coletas de dados sobre o panorama da geração e gerenciamento de RCC, áreas de deposição regulares e irregulares e a fiscalização realizada pelo governo. O emprego de técnicas mais racionais de construção, como paredes de gesso acartonado e estruturas pré-moldadas, tornou-se um elemento chave na diminuição das perdas e desperdícios e um método construtivo mais eficiente e moderno, oferecendo vantagens à construtora, ao meio ambiente e ao cliente, a medida que reduz o tempo de execução, os gastos e a geração de resíduos. Entretanto, a geração de RCC ainda mantém-se em níveis alarmantes no Brasil devido, principalmente, à falta de ação do Poder Público, que deveria tomar medidas que reforçassem a fiscalização e a aplicação das leis vigentes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	OBJETIVOS	03
1.1.1	Objetivo geral	03
1.1.2	Objetivos específicos	04
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	05
2.1	A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	05
2.2	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	10
2.2.1	Conceitos, características, classificações e origens	10
2.2.2	Dados estatísticos da geração de RSU no Brasil	13
2.3	RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)	17
2.3.1	Conceitos, características e classificações	17
2.3.2	Origem	22
2.3.3	Composição	29
2.3.4	Dados da geração de RCC – no Brasil e no mundo	33
2.4	GERENCIAMENTO DOS RCC	36
2.4.1	Gestão integrada dos RCC	37
2.4.2	Projeto de Gerenciamento dos resíduos da construção civil	41
2.4.3	Desafios atuais da gestão de resíduos sólidos	44
2.5	LEGISLAÇÃO	45
3	METODOLOGIA	50
4	PANORAMA ATUAL DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO DISTRITO FEDERAL	52
5	PLANO INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E RESÍDUOS VOLUMOSOS – PIGRCC	61
5.1	PONTOS DE ENTREGA PARA PEQUENOS VOLUMES (PEPV)	63
5.2	ÁREAS DE TRANSBORDO, TRIAGEM E RECICLAGEM (ATTR)	67
5.3	ÁREAS PARA ATERRO DE INERTES (ATI)	70
5.4	SISTEMAS DE CONTROLE DE MOVIMENTAÇÃO DE RCC	71
5.5	AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO	73
5.6	DIRETRIZES, ESTRATÉGIAS E METAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO PLANO	74

6	RESULTADOS – PARTE 1	78
6.1	FLUXOGRAMA DO ATUAL GERENCIAMENTO DE RCC NO DF	78
6.2	REGISTRO FOTOGRÁFICO DOS “BOTA-FORA”	82
7	RESULTADOS – PARTE 2	89
7.1	ESTUDO DE CASO – FORNECEDORA DE AREIA BELA VISTA	89
7.1.1	Análise do Processo Produtivo da Empresa	91
7.1.1.1	Origem e Transporte dos Resíduos	91
7.1.1.2	Separação do Material	92
7.1.1.3	Linha de Produção	93
7.1.1.4	Aplicações dos Materiais Produzidos na Areia Bela Vista	96
7.2	PROGRAMA EXPERIMENTAL	98
7.2.1	Organograma das etapas dos ensaios	98
7.2.2	Coleta do Material	99
7.2.3	Determinação da Composição Granulométrica	101
7.2.3.1	Areia Fina	103
7.2.3.2	Areia Média	107
7.2.3.3	Areia Grossa	110
7.2.4	Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos	116
7.2.4.1	Areia Fina	118
7.2.4.2	Areia Média	118
7.2.4.3	Areia Grossa	119
7.2.4.4	Análise dos Dados	119
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
8.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	124
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126

LISTA DE TABELAS

2.1 -	CPIC no PIB do Brasil (IBGE – Sistema de Contas Nacionais Brasil, 2013)	06
2.2 -	Participação da indústria da construção na população ocupada (IBGE – Sistema de Contas Nacionais Brasil, 2009)	08
2.3 -	Características dos resíduos sólidos (Demetrios Christofidis, 2013)	12
2.4 -	Origem dos resíduos sólidos urbanos em uma comunidade (Adaptado de: Tchobanoglous e Kreith, 2012)	12
2.5 -	Classificação dos resíduos sólidos (ABNT NBR 10.004:2004)	13
2.6 -	Quantidade gerada de RSU no Brasil (ABRELPE e IBGE, 2012)	14
2.7 -	Quantidade gerada de RSU no DF (ABRELPE e IBGE, 2012)	16
2.8 -	Classificação dos RCC segundo a CONAMA nº 307/2002 (Adaptado de: Lima e Lima – S.D.)	18
2.9 -	Geração de RCC por etapa de uma obra (Lima e Lima – S.D.)	19
2.10 -	Taxas de desperdício de materiais (Espinelli, 2005, <i>apud</i> Lima e Lima – S.D.)	23
2.11 -	Contribuição dos resíduos de construção e demolição nos RCC (Rocha, 2006, adaptado de Ângulo, 2000)	31
2.12 -	Composição (%) dos RCC em diversas localidades (Pinto, 1999)	32
2.13 -	Perda de materiais em processo construtivos convencionais. (Pinto, 1999)	33
2.14 -	Quantidade total de RCC coletado no Brasil (Adaptado de: ABRELPE e IBGE, 2012)	35
2.15 -	Estimativa de geração de RCC em alguns países (Rocha, 2006)	35
2.16 -	Identificação dos RCC por etapas da obra e possível reaproveitamento (Adaptado de: Lima e Lima – S.D.)	43
2.17 -	Desafios da gestão de resíduos sólidos (Adaptado de: Oscar Cordeiro Netto, 2013)	44
2.18 -	Definições segundo à Resolução CONAMA 307/2002	48
4.1 -	Coleta anual de RCC pelo SLU (Relatório anual de atividades do SLU, 2012, <i>apud</i> PIGRCC)	54
4.2 -	Gastos com a coleta de entulhos (Relatório anual de atividades do SLU, 2012, <i>apud</i> PIGRCC)	58
4.3 -	Financiamento necessário, autorizado e liquidado (Relatório de Atividades de 2013 do SLU)	59
5.1 -	Alternativas de destinação dos RCC (PIGRCC, 2013)	67
5.2 -	Áreas de influência e respectivas Regiões Administrativas	69
5.3 -	Principais ações de fiscalização das áreas de manuseio dos RCC (PIGRCC, 2013)	74

6.1 -	Quantidade de resíduos descartados no Aterro do Jóquei	79
7.1 -	Aplicações dos materiais reciclados pela Areia Bela Vista	97
7.2 -	Quantidades das amostras	102
7.3 -	Composição granulométrica da areia fina	105
7.4 -	Composição granulométrica da areia média	108
7.5 -	Composição granulométrica da areia grossa	111
7.6 -	Comparação da granulometria da areia grossa com a DNIT 031/2006 – ES	113
7.7 -	Comparação da granulometria da areia grossa com a DNER-ES 386/1999	115
7.8 -	Leituras do frasco Chapman para a areia fina	118
7.9 -	Leituras do frasco Chapman para a areia média	118
7.10 -	Leituras do frasco Chapman para a areia grossa	119

LISTA DE FIGURAS

2.1 -	PIB Brasil x PIB Construção Civil (IBGE; elaboração: CBIC, 2012)	06
2.2 -	Composição da cadeia produtiva da construção (Adaptado de: “Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos – 2012”, ABRAMAT e FGV projetos).	07
2.3 -	Geração de RSU (ABRELPE e IBGE, 2012)	14
2.4 -	Quantidade gerada de RSU no centro-oeste (ABRELPE e IBGE, 2012)	15
2.5 -	Quantidade coletada de RSU no centro-oeste (ABRELPE e IBGE, 2012)	15
2.6 -	Destinação final de RSU no centro-oeste em t/dia (ABRELPE, 2012)	15
2.7 -	Destinação final de RSU no DF em t/dia (ABRELPE, 2012)	16
2.8 -	Resíduos classe A (I&T, 2008)	20
2.9 -	Resíduos classe A (I&T, 2008)	20
2.10 -	Resíduos classe B (I&T, 2008)	20
2.11 -	Resíduos classe B (I&T, 2008)	21
2.12 -	Resíduos classe C (I&T, 2008)	21
2.13 -	Resíduos classe D (http://barramansasempre.blogspot.com.br , 2012)	21
2.14 -	RCC gerados por uma parede demolida (Bourscheid, 2010)	25
2.15 -	Estrutura pré moldado de concreto (Bourscheid, 2010)	25
2.16 -	Laje pré moldada com EPS (Bourscheid, 2010)	26
2.17 -	Laje pré moldada com EPS (Bourscheid, 2010)	26
2.18 -	Alvenaria de vedação pré moldada (www.cadernodaconstrucao.com.br , 2013)	27
2.19 -	Origem dos RCC (Adaptado de Lima e Lima – S.D. 2010)	28
2.20 -	Transporte precário de RCC (Lima e Lima – S.D.)	28
2.21 -	Descarte final inadequado (Bourscheid, 2010)	28
2.22 -	Porcentagem média dos constituintes do entulho (Adaptado de: Zordan, 1997, <i>apud</i> Bourscheid, 2010)	31
2.23 -	Total de RCC coletados nas regiões do Brasil (ABRELPE, 2012)	34
2.24 -	Mudança de paradigma da gestão de resíduos sólidos (Demetrios Christofidis, 2013)	37
2.25 -	Os três R’s (Fonte: Lima e Lima – S.D.)	38
2.26 -	Confecção de pavers com agregados reciclados (Lima e Lima – S.D.)	39
2.27 -	Confecção de caixas de gordura com agregados reciclados (Lima e Lima – S.D.)	39
2.28 -	Usina de reciclagem de concreto (Lima e Lima – S.D.)	40
2.29 -	Ferramentas de planejamento (Adaptado de: Demetrios Christofidis, 2013)	47
2.30 -	Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos	47

4.1 -	Áreas de “bota-fora” do DF (I&T Informações Técnicas, 2008, <i>apud</i> PIGRCC)	56
4.2 -	Principais geradores de RCC nos “bota-fora” (SLU e I&T, 2008, <i>apud</i> PIGRCC)	57
4.3 -	Tipologia dos resíduos encontrada nos "bota-fora" (SLU e I&T, 2008, <i>apud</i> PIGRCC)	58
5.1 -	Responsabilidades de pequenos e grandes geradores de RCC (I&T informações Técnicas. 2008 <i>apud</i> PIGRCC, 2013)	62
5.2 -	Localização das áreas para PEPV (I&T Informações Técnicas, 2008, <i>apud</i> PIGRCC, 2013)	63
5.3 -	Tipologia 1, 600m ² (PIGRCC, 2013)	64
5.4 -	Tipologia 2, 800m ² (PIGRCC, 2013)	65
5.5 -	Tipologia 3, 400m ² (PIGRCC, 2013)	65
5.6 -	Fluxograma de operação do ecopontos (PIGRCC, 2013)	66
5.7 -	Modelo de ATTR (PIGRCC, 2013)	68
5.8 -	Localização das áreas de influência (I&T Informações Técnicas, 2008, <i>apud</i> PIGRCC, 2013)	69
6.1 -	Fluxograma do atual gerenciamento de RCC no DF	78
6.2 -	ATT de Santa Maria	81
6.3 -	Descarte em áreas rurais	83
6.4 -	Descarte em zona pública	84
6.5 -	Descarte em zona urbana (Noroeste)	85
6.6 -	Descarte em zona urbana residencial (Cidade Estrutural)	85
6.7 -	Queima de RCC em um “bota-fora”	86
6.8 -	Descarte em áreas de preservação ambiental	87
6.9 -	Aterro do Jóquei	88
6.10 -	Esquema de descarte das caixas “brooks” no Aterro do Jóquei	89
7.1 -	Localização da Fornecedora de Areia Bela Vista (Google Maps)	90
7.2 -	Vista aérea da Fornecedora de Areia Bela Vista. (Google Maps)	91
7.3 -	Pilha de RCC na Areia Bela Vista	92
7.4 -	Fluxograma simplificado da linha de produção	93
7.5 -	Planta de reciclagem da Fornecedora de Areia Bela Vista	94
7.6 -	Resíduos da reciclagem	95
7.7 -	Nova planta em construção na empresa	95
7.8 -	Organograma das etapas dos ensaios	99
7.9 -	Coleta da areia reciclada	100
7.10 -	Separação da amostra pelo Método “A” da NBR NM 27/2001	100
7.11 -	Sacos com as amostras coletadas	101

7.12 -	Peneiras e agitador mecânico utilizados	102
7.13 -	Secagem e pesagem da areia fina	103
7.14 -	Material retido em cada peneira (areia fina)	104
7.15 -	Curva granulométrica da areia fina	105
7.16 -	Material retido em cada peneira (areia média)	108
7.17 -	Curva granulométrica da areia média	109
7.18 -	Material retido em cada peneira (areia grossa)	111
7.19 -	Curva granulométrica da areia grossa	112
7.20 -	Comparação da curva granulométrica da areia grossa com a DNIT 031/2006 – ES	114
7.21 -	Comparação da curva granulométrica da areia grossa com a DNER-ES 386/1999	115
7.22 -	(a) Água em repouso no frasco Chapman, (b) Introdução dos agregados no frasco, (c) Agitação (d) Repouso do conjunto água-agregado miúdo	117

LISTA DE EQUAÇÕES

7.1 -	Coeficiente de uniformidade	105
7.2 -	Massa específica pelo frasco Chapman	116

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

AAUQ	Areia Asfalto Usinada à Quente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos
ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
ARC	Agregado de Resíduo de Concreto
ARM	Agregado de Resíduo Misto
ATI	Áreas para Aterros de Inertes
ATT	Área de Triagem e Transbordo
ATTR	Área de Triagem, Transbordo e Reciclagem
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Corsap	Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e de Goiás
CPIC	Cadeia Produtiva da Indústria da Construção
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
C _u	Coefficiente de Uniformidade
DD	Difícilmente Degradáveis
DF	Distrito Federal
EPS	Poliestireno Expandido
EUA	Estados Unidos da América
FD	Facilmente Degradáveis
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GDF	Governo do Distrito Federal
hab	habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISO	International Organization for Standardization
I&T	Informações Técnicas
ITQC	Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil
Kg	Quilograma

LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MD	Moderadamente Degradáveis
NBR	Norma Brasileira
ND	Não Degradáveis
NUBRA	Núcleo Regional de Limpeza de Brazlândia
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PCC	Politécnica de Construção Civil
PEPV	Pontos de Entrega para Pequenos Volumes
pH	Potencial de Hidrogênio
PIB	Produto Interno Bruto
PIGRCC	Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de Vinil
QUALIHAB	Programa da Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo
RCC	Resíduos Sólidos da Construção Civil
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
S.D.	Sem Data
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
SINDUSCON	Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Distrito Federal
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SLU	Serviço de Limpeza Urbana
SWANA	Solid Waste Association of North America
t	Tonelada
t/dia	Tonelada por dia
TCDF	Tribunal de Contas do Distrito Federal
UnB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos grandes desafios a ser enfrentado pela humanidade é o volume excessivo de resíduos sólidos urbanos (RSU), decorrente, dentre outros motivos, do processo de crescimento desordenado e urbanização das cidades.

Além do mais, a produção em massa, proveniente da Revolução Industrial, abriu as portas para o consumo também em massa por uma população mundial em incessante crescimento e com um poder de compra cada vez maior. Nesse sentido, grandes volumes de resíduos sólidos das mais diversas naturezas são gerados diariamente, principalmente nas cercanias das grandes cidades.

Para se ter uma ideia desse volume, o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos (ABRELPE) em 2010, aponta uma produção de RSU de quase 61 milhões de toneladas. De acordo com essa pesquisa, o crescimento na geração de RSU foi seis vezes maior do que o da população, justo em 2010, ano de publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Em virtude do crescimento contínuo da geração de RSU, associado à escassez de áreas para sua destinação final devido ao adensamento das cidades, coletar, transportar e dispor adequadamente esses resíduos têm sido tarefas árduas e cada vez mais complexa (Rocha, 2006).

Corroborando isto, o Panorama citado acima ainda conclui que a destinação incorreta de RSU aumentou em cerca de dois milhões de toneladas em relação a 2009: aproximadamente 23 milhões de toneladas, em 2010, foram destinadas a lixões e aterros controlados, os quais não possuem mecanismos adequados de disposição e armazenamento dos resíduos e acabam contaminando o solo e a água subterrânea¹.

A diversidade e complexidade dos resíduos sólidos são extensas, variando de acordo com a fonte ou atividade produtora, seja ela urbana, industrial, agrícola ou radioativa (conforme a Tabela 2.4). Neste trabalho, será dado enfoque ao entulho oriundo da indústria da construção civil, os resíduos sólidos da construção civil (RCC).

¹ Em um aterro sanitário, os resíduos são dispostos em terrenos impermeabilizados e a seguir compactados e recobertos por camadas de terra, sendo providos de dispositivos para drenagem, captação e tratamento do chorume e gases provenientes da composição do lixo. O aterro controlado, por sua vez, tem origem a partir de melhoramentos técnicos realizados sobre os lixões. Nestes, o lixo é depositado diretamente sobre o solo, sem qualquer técnica ou medida de controle (Rocha, 2006).

Neste contexto, os resíduos resultantes da cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC) tornaram-se um grande contratempo na administração das cidades ao redor do mundo, em virtude dos preocupantes volumes gerados (de acordo com Bourscheid, 2010, corresponde, em alguns casos, a 60% da massa dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil) e da falta de área ou soluções que assimilem toda a produção, o que ocasiona degradação do meio ambiente e prejuízos aos cofres públicos.

O Panorama 2012 da ABRELPE aponta uma geração de 112.248 toneladas por dia de RCC no Brasil, e a produção referente ao centro oeste é de 12.829 toneladas diariamente. Rocha (2006) indica uma geração diária de quase 5.500 toneladas somente no Distrito Federal.

O volume dos resíduos provenientes das atividades da construção civil é expressivo e cada vez maior. Se não tratado adequadamente, impacta o meio ambiente urbano, o qual se torna um local propício à proliferação de vetores de doenças. Sua deposição indiscriminada em locais inapropriados cria verdadeiras ilhas de entulho, entope sistemas de drenagem urbana, causa o assoreamento de córregos e rios, obstrói vias e logradouros públicos, dentre outros efeitos colaterais.

Em virtude deste quadro insustentável de geração de RCC, é indiscutível e urgente a necessidade de se implementarem sistemas de gestão de resíduos sólidos preventivos, modernos e eficazes. Historicamente, o gerenciamento dos resíduos sólidos constitui um campo de atuação da Engenharia.

Nas últimas décadas, vários países têm investido em pesquisas que promovam um conhecimento maior a respeito de medidas e técnicas que priorizem a redução, a reutilização e a reciclagem dos RCC. Estas práticas, conhecidas como os três R's, compõem o sistema de gestão integrada do entulho da construção civil.

Segundo Pinto (1999) *apud* Erpen (2009), na década de 1990, iniciou-se, no Brasil, a implantação de usinas recicladoras nas regiões sul e sudeste. Os produtos desta reciclagem passaram a ser aplicados em serviços secundários, como sub-base para pavimentação, substituição de cascalho para cobertura de vias e como agregados na fabricação de blocos ou meio fios pré-moldados.

Talvez, o ponto principal do gerenciamento integrado dos RCC seja minimizar a produção de resíduos. O emprego de técnicas mais racionais de construção, como paredes de gesso acartonado e estruturas pré-moldadas, tornou-se, então, um elemento chave na diminuição das perdas e desperdícios.

A construção racionalizada, comumente chamada de construção sustentável, é um método construtivo mais eficiente, contemporâneo e moderno, que oferece vantagens à construtora, ao meio ambiente e ao cliente, a medida que reduz o tempo de execução, os gastos e a geração de resíduos. Entretanto, um dos entraves a sua utilização é a influência cultural na tecnologia da construção.

Uma vez que é praticamente impossível inexistirem perdas e desperdícios, surge a relevância de reutilizar e reciclar os RCC. Conforme Lima e Lima (S.D.), no Brasil, 90% dos resíduos produzidos pelas obras são passíveis de reutilização e/ou reciclagem. Estes processos possuem importância tanto ambiental, quanto financeira, uma vez que os resíduos retornam para obra, evitando gastos desnecessários com novos materiais e a extração de mais matéria prima da natureza. Dessa forma, o ideal seria que as práticas de reutilização e reciclagem fossem encorpadas ao dia a dia das construtoras como parte integrante do planejamento e execução das obras.

Passados quase 10 anos do prazo estipulado pela Resolução CONAMA nº 307/2002 (dezoito meses a partir de 5 de julho de 2002) para que os municípios cessassem a disposição inadequada de resíduos, a ABRELPE apurou que, em 2012, mais de 3 mil cidades brasileiras enviaram cerca de 24 milhões de toneladas de resíduos para destinos considerados inadequados. Estes dados constam na 10ª edição do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012.

Aparentemente, este assunto tem despertado maiores interesses no meio acadêmico do que na prática. Portanto, a geração de RCC ainda mantém-se em níveis alarmantes no Brasil devido, principalmente, à falta de ação do Poder Público, que deveria tomar medidas que reforçassem a fiscalização e a aplicação das leis vigentes, multar os infratores, e realizar campanhas de conscientização ambiental para a população em geral.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral investigar o panorama atual do gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil no Distrito Federal. Para tanto, serão realizados estudos aprofundados do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e

Resíduos Volumosos no DF (PIGRCC) e do Relatório Anual de Atividades do Serviço de Limpeza Urbana. Além disso, esse estudo será complementado com pesquisas de campo e dados estatísticos confiáveis que possam ser encontrados.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um fluxograma do panorama atual de gestão de entulhos da construção;
- Registrar, fotograficamente, a situação deste panorama;
- Examinar o processo produtivo em uma empresa de reciclagem de resíduos da construção civil para através de um estudo de caso;
- Desenvolver uma metodologia para a coleta e a caracterização de agregados reciclados obtidos na empresa objeto do estudo de caso;
- Verificar, por meio de ensaios de caracterização, se o agregado reciclado produzido no DF é adequado para o uso em concretos não estruturais em obras civis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Decreto nº 7.404/2011:

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida como um indicativo do crescimento econômico e social. Contudo, também constitui uma atividade geradora de impactos ambientais, e seus resíduos têm representado um grande problema para ser administrado, podendo em muitos casos gerar impactos ambientais. Além do intenso consumo de recursos naturais, os grandes empreendimentos colaboram com a alteração da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos”.

Para Dacol (1996) *apud* Rocha (2006) a cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC) tem papel fundamental no processo de desenvolvimento do Brasil, uma vez que é a principal responsável pela formação das bases da moderna sociedade industrial, por possibilitar a montagem da infraestrutura indispensável à continuidade do processo de industrialização.

A importância econômica do setor da construção civil é representada pela sua participação no Produto Interno Bruto (PIB). Para se ter uma noção dessa importância, é apresentada a Tabela 2.1.

De acordo com Rocha (2006), dentre os períodos de 1980 e 1996, a CPIC foi responsável por 65% da formação do investimento bruto nacional, enquanto a participação de máquinas e equipamentos respondeu, em média, por 29% dos investimentos. Em 1999, o setor já contribuía com 70% do investimento da economia brasileira (Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP – 2001).

A indústria da construção civil também se destaca pela quantidade de atividades que integram seu ciclo produtivo, consumindo bens e serviços de outros setores. Em outras palavras, ela é capaz de proporcionar um encadeamento com diversos setores da economia. Para Haga (2000) *apud* Neto (2005), esse efeito multiplicador sobre vários outros setores da economia é o ponto forte da indústria da construção civil, mostrando sua capacidade de realização de investimentos (superior a R\$ 90 bilhões por ano) e sua contribuição na redução do déficit habitacional.

Tabela 2.1 – CPIC no PIB do Brasil (IBGE – Sistema de Contas Nacionais Brasil, 2013).

PARTICIPAÇÃO (%) NO VALOR ADICIONADO BRUTO (a preços básicos) - SEGUNDO AS CLASSES E ATIVIDADES					
Ano	Agropecuária	Indústria		Serviços	
		Total	Construção Civil	Total	Atividades imobiliárias e aluguéis
1997	5,4	26,1	6,0	68,5	13,1
1998	5,5	25,7	6,2	68,8	13,2
1999	5,5	25,9	5,6	68,6	12,2
2000	5,6	27,7	5,5	66,7	11,3
2001	6,0	26,9	5,3	67,1	10,7
2002	6,6	27,1	5,3	66,3	10,2
2003	7,4	27,8	4,7	64,8	9,6
2004	6,9	30,1	5,1	63,0	9,1
2005	5,7	29,3	4,9	65,0	9,0
2006	5,5	28,8	4,7	65,8	8,7
2007	5,6	27,8	4,9	66,6	8,5
2008	5,9	27,9	4,9	66,2	8,2
2009	5,6	26,8	5,3	67,5	8,4
2010	5,3	28,1	5,7	66,6	7,8
2011	5,5	27,5	5,8	67,0	7,9
2012	5,2	26,3	5,7	68,5	8,2

A Figura 2.1 faz uma comparação entre as taxas de crescimento anual do PIB Brasil e do PIB da construção civil no período de 2004 a 2012.



Figura 2.1 – PIB Brasil x PIB Construção Civil (IBGE; elaboração: CBIC, 2012).

De acordo com a Tabela 2.1, em 2012, a CPIC foi responsável por 13,9% do PIB do Brasil. A construção civil correspondeu a 5,7% do PIB, enquanto que os serviços de atividades imobiliárias e aluguéis responderam por cerca de 8% do PIB nacional no ano de 2012. A Figura 2.2 ilustra de maneira clara a composição da cadeia produtiva da construção.

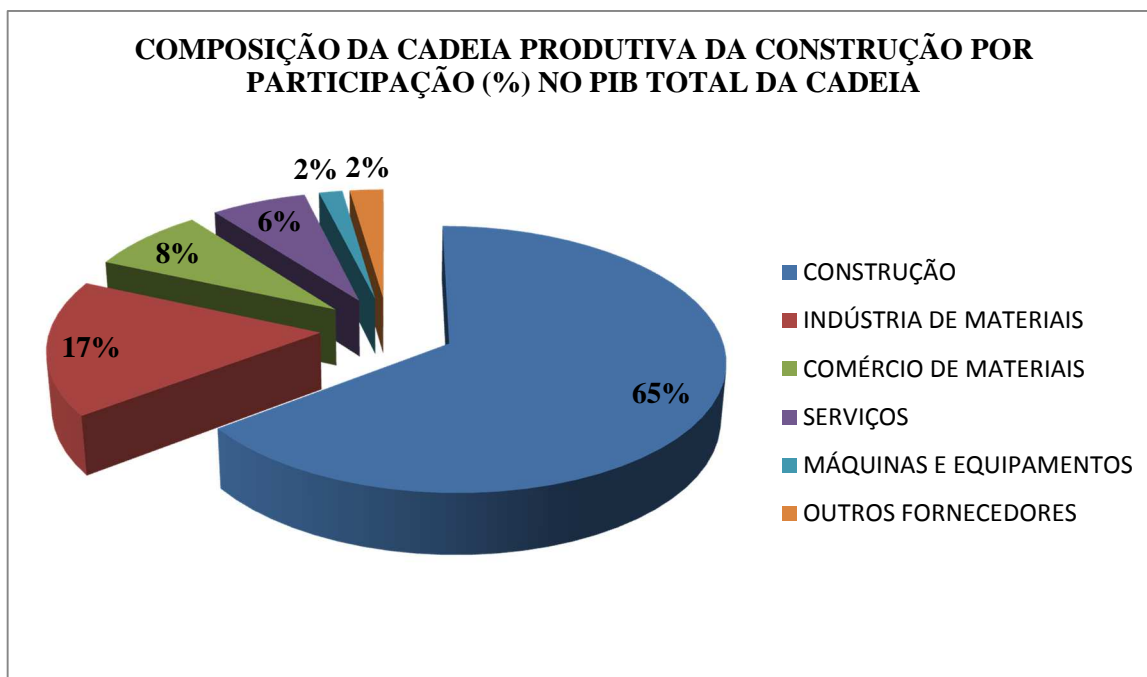


Figura 2.2 – Composição da cadeia produtiva da construção (Adaptado de: “Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos – 2012”, ABRAMAT e FGV projetos).

Na esfera social, a indústria da construção civil ainda serve de maneira eficaz para a redução do desemprego dada sua capacidade de gerar vagas diretas e indiretas no mercado de trabalho, absorvendo uma boa percentagem da mão de obra nacional, e também para suprir o déficit habitacional. Dessa forma, o macrossetor da construção civil pode contribuir efetivamente para a solução de diferentes problemas sociais que afligem o Brasil.

A CPIC é um dos setores que mais contribui para a geração de empregos no país, tanto em termos de quantidade de vagas como de qualidade do trabalho. Em relação à participação da indústria da construção na população ocupada, a Tabela 2.2 apresenta os dados de pesquisas realizadas pelo IBGE entre os anos de 2000 a 2009. Neste período, a porcentagem máxima da participação da construção civil na população ocupada total foi 7,18% em 2008.

Tabela 2.2 – Participação da indústria da construção na população ocupada (IBGE – Sistema de Contas Nacionais Brasil, 2009).

PARTICIPAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NA POPULAÇÃO OCUPADA			
Ano	Pessoas Ocupadas (em mil pessoas)		Participação Relativa da Construção Civil na População Ocupada Total (%)
	Brasil	Construção Civil	
2000	78.972	5.330	6,75
2001	79.544	5.358	6,74
2002	82.629	5.609	6,79
2003	84.035	5.409	6,44
2004	88.252	5.614	6,36
2005	90.906	5.873	6,46
2006	93.247	5.933	6,36
2007	94.714	6.218	6,56
2008	96.233	6.907	7,18
2009	96.647	6.885	7,12

De acordo com a reportagem “Construção civil é o setor com mais empregos e melhores salários, diz estudo” (30/04/2010) da revista eletrônica “Pequenas Empresas & Grandes Negócios”, a CBIC afirma que, no ano de 2009, o ganho salarial dos trabalhadores do setor superou em 5,8% a inflação e que, mesmo durante a crise mundial, o setor continuou gerando empregos. Entre fevereiro de 2009 e fevereiro de 2010, o número de trabalhadores da construção civil aumentou 8,1%, enquanto os outros mercados de trabalho registraram um crescimento de apenas 3,4%. O incremento nas contratações é, segundo a CBIC, acompanhado de uma elevação da formalização dos empregos. Nos três primeiros meses de 2010, foram criados 127.694 empregos formais. Isso representa 19% do total de empregos criados em todos os segmentos econômicos, segundo dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED).

No tocante à redução do déficit habitacional, em pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), este déficit, que representava 10% do total de habitações do país no início da série, em 2007, passou para 8,8% em 2011. Em números absolutos, o índice caiu de 5,6 milhões de residências em 2007 para 5,4 milhões em 2011.

Segundo Rocha (2006), no tocante à redução do déficit habitacional, é estimado que seu valor atual seja cerca de 5 milhões de unidades habitacionais, dos quais 4 milhões em áreas urbanas (Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP – 2001).

De acordo com John (2000), a construção civil é o setor de produção responsável pela transformação do ambiente natural em meio construído, adequado ao desenvolvimento das mais diversas atividades.

A cadeia produtiva da indústria da construção, que é uma das maiores da economia, possui um enorme impacto ambiental. Este impacto deve-se ao consumo de recursos naturais não renováveis, à geração dos diferentes tipos de Resíduos da Construção Civil (RCC), à impermeabilização do solo e ao rebaixamento do lençol freático. Além do mais, as baixas produtividade e eficiência, a imprevisibilidade de suas operações e a qualidade abaixo das expectativas de seus produtos são características desse setor no Brasil, que agravam os impactos ambientais.

Para Neto (2005) *apud* Rocha (2006), os principais obstáculos ao desenvolvimento da construção civil brasileira são:

- Falta de cultura para o desenvolvimento da qualidade e produtividade nas etapas da obra;
- Falta de capacitação profissional da mão de obra disponível diante do avanço do processo tecnológico;
- Carência de informações e garantias em relação aos produtos e serviços do setor em razão da ausência de textos com procedimentos e sistematização dos conhecimentos.

Em vistas de alterar esse quadro, governo e empresas têm investido, cada vez mais, em técnicas de construção mais aperfeiçoadas, eficazes e condizentes com a realidade das construções no Brasil. Certificados LEED de sustentabilidade ambiental, o PBQP-H e a ISO 9001 são exemplos de medidas e programas adotados com o intuito de melhorar o produto final da indústria da construção brasileira. Aliado a isso, é cada vez maior a incorporação de equipamentos, materiais e técnicas mais sofisticadas, sem contar com os crescentes investimentos na capacitação da mão de obra, que garantem melhor eficiência e produtividade ao setor.

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

2.2.1 Conceitos, características, classificações e origens.

A atividade humana, independente da sua natureza, sempre resultou nos mais diversos materiais, que são constantemente descartados como resíduos, interferindo, assim, nas condições do meio ambiente. De acordo com Bidone e Povinelli (1999), inicialmente os resíduos eram basicamente excrementos. Com o início da agricultura, juntamente com a produção de armas e ferramentas de trabalho, começaram a surgir os primeiros restos da produção humana após o descarte dos materiais. Essa disposição dos materiais não causava tantos impactos ambientais devido à natureza dos objetos e também à baixa densidade demográfica.

No entanto, a evolução de uma sociedade mais tecnológica, associada a uma forte industrialização, trouxe consigo a produção em massa, consumida por uma população em constante crescimento e com um poder aquisitivo cada vez maior. Seguindo esta lógica, grandes volumes de resíduos sólidos das mais diversas naturezas são gerados diariamente, principalmente nas cercanias de grandes cidades.

O desenvolvimento econômico, social e cultural de um país, assim como os níveis e hábitos de consumo da população, são fatores de grande relevância na geração de resíduos sólidos. No tocante à economia, os países mais industrializados são os maiores produtores de resíduos. McBean (1995) projetou que os Estados Unidos gerariam 190 milhões de toneladas no ano de 2000, enquanto que o Brasil, segundo pesquisa da ABRELPE e IBGE, gerou cerca de 63 milhões no de ano de 2012. Entretanto, é interessante ressaltar que os países mais desenvolvidos reciclam mais e desperdiçam menos.

Segundo Lima (2001), os resíduos sólidos são materiais heterogêneos (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente reutilizados, gerando, entre outros aspectos, proteção à saúde pública e economia de recursos naturais. Os resíduos sólidos constituem problemas sanitário, econômico e principalmente estético. Assim, devem receber os cuidados convenientes à prevenção e ao controle de doenças a eles relacionadas.

Historicamente, a gestão dos resíduos sólidos constitui um campo de ação da Engenharia com interface com a saúde e o meio ambiente, propiciando uma rede de interações a qual envolve aspectos sociais, técnicos, administrativos, operacionais, jurídicos, econômicos

e financeiros. O correto gerenciamento dos resíduos soluciona problemas de ordem sanitária, constituindo um enorme ganho para as comunidades.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela NBR (Norma Brasileira) 10.004/2004, define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Para Lima (2001), de um modo geral, os resíduos sólidos constituem-se de substâncias:

- Facilmente degradáveis (FD): restos de comida, sobras de cozinha, folhas, capim, cascas de frutas, animais mortos e excrementos;
- Moderadamente degradáveis (MD): papel, papelão e outros produtos de celulose;
- Dificilmente degradáveis (DD): trapo, couro, pano, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico;
- Não degradáveis (ND): metal não ferroso, vidro, pedras, cinzas, terra, areia, cerâmica.

A diversidade e complexidade dos resíduos sólidos é extensa, variando, de acordo com a fonte ou atividade produtora. Suas características biológicas, físicas e químicas são expressas na Tabela 2.3.

De acordo com Tchobanoglous e Kreith (2002), em uma comunidade, os RSU podem ser classificados de acordo com as suas fontes, como mostra a Tabela 2.4.

A ABNT NBR 10.004:2004, a partir dos critérios e ensaios definidos nas ABNT NBR 10.005:2004, ABNT NBR 10.006:2004 e ABNT NBR 10.007:2004, classifica os resíduos sólidos urbanos nas classes descritas na Tabela 2.5.

Tabela 2.3 – Características dos resíduos sólidos (Demetrios Christofidis, 2013).

CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS	
BIOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de agentes patogênicos; • Presença de microrganismos prejudiciais à saúde.
FÍSICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Compressividade; • Teor de umidade; • Composição gravimétrica; • Massa produzida per capita; • Peso específico.
QUÍMICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Poder calorífico; • Teor de matéria orgânica; • Relação carbono/ nitrogênio; • Potencial de hidrogênio (pH).

Tabela 2.4 – Origem dos resíduos sólidos urbanos em uma comunidade (Adaptado de: Tchobanoglous e Kreith, 2002).

FONTE	INSTALAÇÕES, ATIVIDADES OU LOCAIS DE GERAÇÃO	TIPOS DE RSU
Urbana	Residências, comércio, instituições, limpeza pública.	Restos de alimentos, embalagens, óleos, diversas, madeira, vidro, metal, pilhas, folhagens, varreduras, eletroeletrônicos, etc.
Industrial	Construção e demolição, fábricas, refinarias, etc.	Provenientes das etapas do processo produtivo industrial, da construção e demolição, resíduos perigosos, etc.
Agricultura e pecuária	Campo, plantações, fazendas, pomar, etc.	Restos de colheita, agrotóxicos, embalagens de adubo, ração, etc.
Radioativo	Usinas nucleares.	Lixo atômico.

Tabela 2.5 – Classificação dos resíduos sólidos (ABNT NBR 10.004:2004)

CLASSIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO
Classe I – perigosos	São aqueles que apresentam periculosidade ou uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.
Classe II – não inertes	São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos de classe I ou de classe III, nos termos dessa Norma. Os resíduos de classe II podem ter propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
Classe III – inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo NBR 10.007/2004 – Amostragem de resíduos – e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo NBR 10.007/2004 – Solubilização de resíduos – não tiver nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de portabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspectos, cor, turbidez e sabor. Como exemplos desses materiais, têm-se: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostas prontamente.

2.2.2 Dados estatísticos da geração de RSU no Brasil.

A edição 2012 do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), mostra que a geração de RSU cresceu 1,3% de 2011 para 2012, índice superior à taxa de crescimento populacional urbano no Brasil no mesmo período, que foi de 0,9%. Os dados coletados para a geração total e per capita são apresentados na Figura 2.3.

A Tabela 2.6 a seguir, faz uma comparação entre as gerações de RSU da população urbana nas cinco regiões do Brasil. Por essa Tabela é evidente o peso da contribuição da região sudeste, devido a dois principais fatores: maior densidade populacional e concentração de polos industriais. Entretanto, também se verifica que o maior índice de geração por habitante ocorre na região nordeste. Isso advém do fato de o nordeste apresentar a pior

cobertura de coleta de RSU no país, pouco mais de 77% dos resíduos gerados são coletados, ainda de acordo com a edição 2012 do Panorama de resíduos Sólidos no Brasil.

Tabela 2.6 – Quantidade gerada de RSU no Brasil (ABRELPE e IBGE, 2012).

Regiões	2011	2012		
	RSU Gerado (t/dia)/ Índice (Kg/hab./dia)	População Urbana (hab.)	RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab./dia)
Norte	13.658 / 1,154	12.010.233	13.754	1,145
Nordeste	50.962 / 1,302	39.477.754	51.689	1,309
Centro-Oeste	15.824 / 1,250	12.829.644	16.055	1,251
Sudeste	97.293 / 1,293	75.812.738	98.215	1,295
Sul	20.777 / 0,887	23.583.048	21.345	0,905
BRASIL	198.514 / 1,223	163.713.417	201.058	1,228

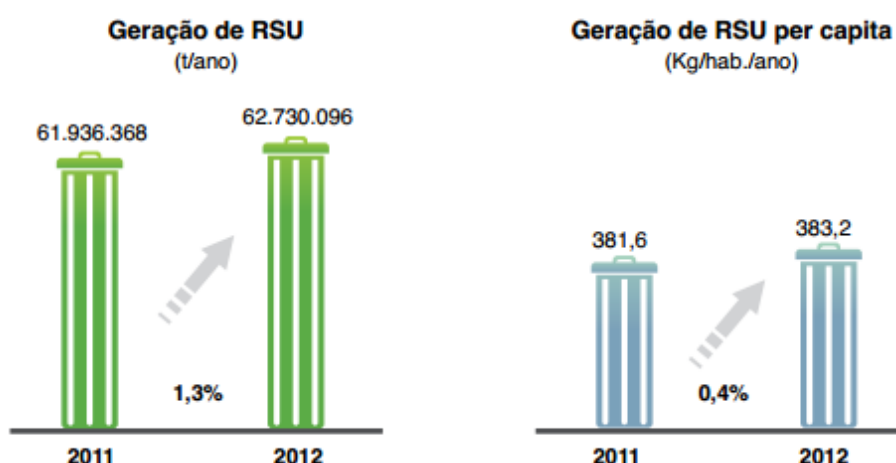


Figura 2.3 – Geração de RSU (ABRELPE e IBGE, 2012).

No que diz respeito à região centro-oeste, em 2012, a geração de resíduos sólidos atingiu a quantidade de 16.055 toneladas por dia (1,251 kg diário por habitante), um acréscimo de 1,5% em relação ao ano de 2011. Do volume total gerado, cerca de 92% foi coletado, o que representa um crescimento de 2,3%. Esses dados estão expressos nas Figuras 2.4 e 2.5. Apesar do crescimento da coleta, os dados referentes à destinação correta de RSU não apresentaram melhora de 2011 para 2012. A região, nessa pesquisa, obteve o menor percentual de adequação do Brasil: mais de 70% dos RSU coletados, o que corresponde a cerca de 10 mil toneladas por dia, ainda são destinados para lixões ou aterros controlados, os quais não apresentam sistemas de proteção ambiental ou à saúde pública.

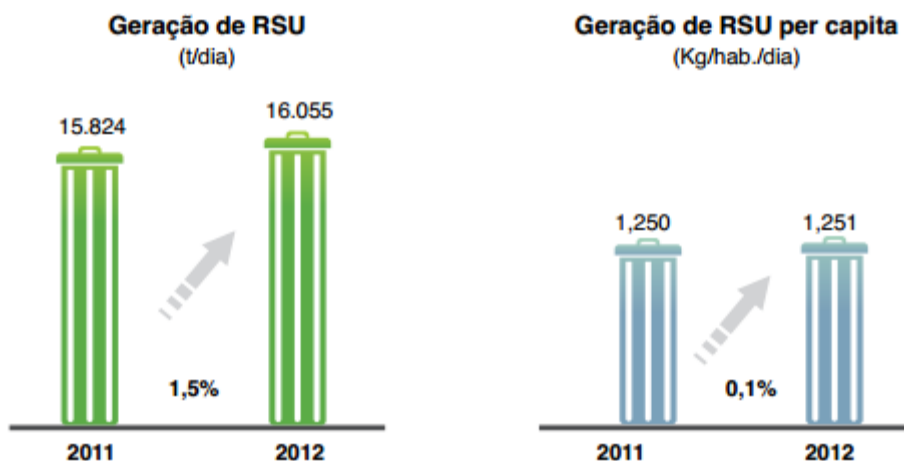


Figura 2.4 – Quantidade gerada de RSU no centro-oeste (ABRELPE e IBGE, 2012).

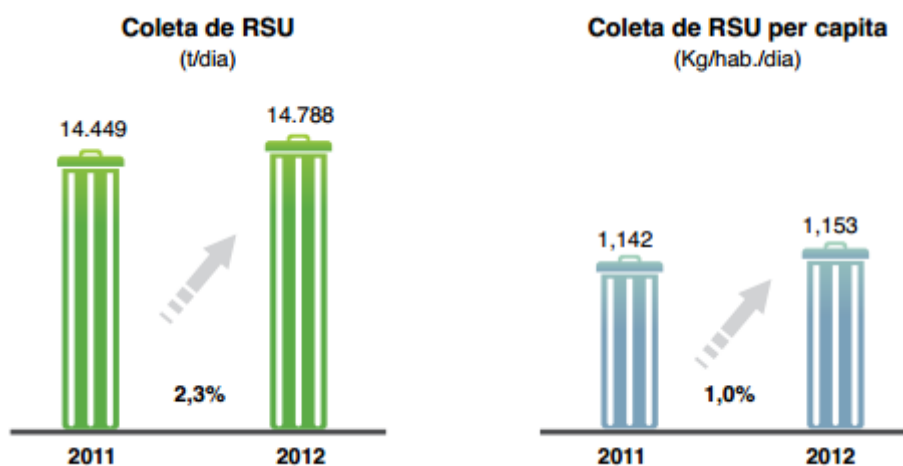


Figura 2.5 – Quantidade coletada de RSU no centro-oeste (ABRELPE e IBGE, 2012).

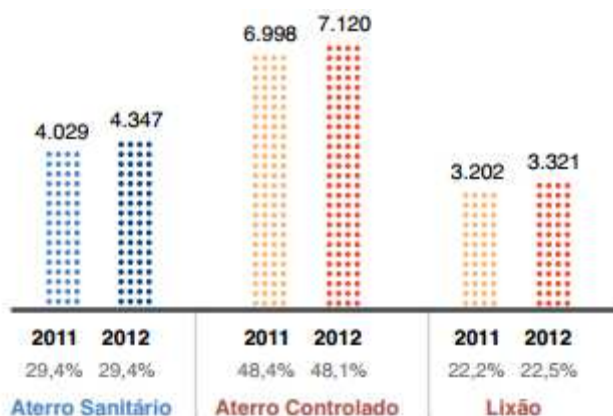


Figura 2.6 – Destinação final de RSU no centro-oeste em t/dia (ABRELPE, 2012).

Analisando separadamente o Distrito Federal (DF), entre os anos de 2011 e 2012, a geração de RSU cresceu em 1%, alcançando a marca de 4.126 toneladas diárias. O crescimento populacional urbano no DF apresentou um aumento semelhante nesse mesmo período, 1,02%. A coleta de resíduos também acompanhou esses índices (1,01%), sendo o volume total coletado em 2012 de 4.091 toneladas por dia. A pesquisa ainda revela que o DF apresenta o mesmo problema da região centro-oeste como um todo: altos índices de destinação incorreta de RSU, apesar da diminuição quase desprezível de 0,2% nesse quesito. Mais de 65% dos RSU ainda são descartados inadequadamente, valor que corresponde a 2.696 toneladas por dia. Desses, 49,8% são descartados em aterros controlados e 16,1% em lixões. A Tabela 2.7 e a Figura 2.7 expressam mais claramente esses dados.

Tabela 2.7 – Quantidade gerada de RSU no DF (ABRELPE e IBGE, 2012).

População Urbana		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(kg/hab./dia)		(t/dia)		2011	2012
2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
2.521.692	2.558.923	1,599	1,599	4.031	4.091	4.115	4.126

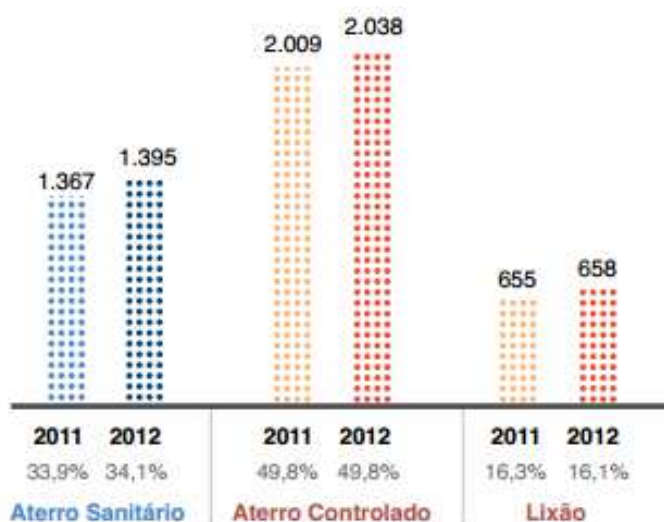


Figura 2.7 – Destinação final de RSU no DF em t/dia (ABRELPE, 2012).

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

2.3.1 Conceitos, características e classificações

Os resíduos da indústria da construção civil, sejam eles de construção ou de demolição, tornaram-se um grande problema na administração das grandes cidades do mundo, devido à grande quantidade gerada e à falta de espaço ou soluções que absorvam toda a produção. De acordo com a pesquisa realizada em 2005 pelo Ministério das Cidades em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, o volume dos RCC gerado anualmente pode representar de 50 a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos. Os números dessa pesquisa ilustram a intensificação desse problema.

A Resolução CONAMA nº 307/2002 assim define:

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

A partir da Tabela 2.4, observa-se que a maior parte dos RCC pertence à classe III – inertes. Entretanto, de acordo com a origem, a composição ou o acondicionamento desses resíduos, eles podem enquadrar-se em alguma das outras classes. A título de exemplo, algumas tintas utilizadas na pintura das paredes ou o óleo diesel das máquinas e equipamentos são da classe I – perigosos.

Para Karpinsk (2009), de forma geral, os RCC são vistos como resíduos de baixa periculosidade, sendo o impacto causado pelo grande volume gerado. Contudo, nesses resíduos também há presença de material orgânico, produtos químicos, tóxicos e de embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças.

Segundo Pinto (1999) *apud* Erpen (2009) há uma semelhança nas características dos resíduos da construção nas diversas cidades, tanto na composição quanto na atitude dos geradores. Como a maioria dos RCC é inerte, portanto, não causam tanto incômodo à população quanto os demais resíduos não inertes (muitas vezes putrescíveis), sua disposição

final é realizada em bota foras irregulares, comprometendo a vida urbana – desde a drenagem, a proliferação de vetores que afetam a saúde da população e a degradação do meio ambiente.

A caracterização e classificação dos resíduos da construção civil possui o intuito de facilitar a quantificação e identificação dos mesmos. Assim, torna-se mais fácil o planejamento qualitativo e quantitativo da redução, reutilização, reciclagem e destinação adequada dos mesmos. De acordo com o Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (Lima e Lima – S.D.), a identificação prévia e caracterização dos resíduos que serão gerados no canteiro de obras são fundamentais no processo de reaproveitamento dos RCC, pois esse conhecimento leva a se pensar maneiras mais racionais de reutilizar e/ou reciclar o material.

No tocante a esse tema, a Resolução CONAMA nº 307/2002 classifica e caracteriza os resíduos sólidos da construção civil de acordo com a Tabela 2.8. A Tabela 2.9 apresenta uma caracterização dos resíduos da construção de acordo com cada etapa de uma obra, o que propicia um maior conhecimento quanto ao momento de redução e/ou reutilização dos resíduos.

Tabela 2.8 – Classificação dos RCC segundo a CONAMA nº 307/2002 (Adaptado de: Lima e Lima – S.D.).

TIPO DE RCC	DEFINIÇÃO	DESTINAÇÕES
Classe A (Figuras 2.8 e 2.9)	Definição da Resolução 307: “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 (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”.	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B (Figuras 2.10 e 2.11)	Definição da Resolução 307: “são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros”.	Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Classe C (Figura 2.12)	Definição da Resolução 307: “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”.	Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas.
Classe D* (Figura 2.13)	Definição da Resolução 307: “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”.	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas.

* A Resolução CONAMA nº 348/2002 inclui o amianto na classe D.

Tabela 2.9 – Geração de RCC por etapa de uma obra (Lima e Lima – S.D.).

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS
Limpeza do terreno	Solos
	Rochas, vegetação, galhos
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areis, brita)
	Madeiras
Fundações	Solos
	rochas, vegetação, galhos
Superestrutura	Concreto (areia, brita)
	Madeiras
	Sucata de ferros, fôrmas plásticas
Alvenaria	Blocos cerâmicos e de concreto, argamassa
	Papel, plástico
Instalações hidrossanitárias	Blocos cerâmicos
	PVC
Instalações elétricas	Blocos cerâmicos
	Conduítes, mangueira, fio de cobre
Reboco interno/ externo	Argamassa
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos
	Piso laminado de madeira, papel, papelão, plástico
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes, texturas
Coberturas	Madeiras
	Cacos de telhas de fibrocimento

As Figuras 2.8 a 2.13 trazem exemplos de RCC de acordo com as classes descritas na Tabela 2.8.



Figura 2.8 – Resíduos classe A (I&T, 2008).



Figura 2.9 – Resíduos classe A (I&T, 2008).



Figura 2.10 – Resíduos classe B (I&T, 2008).



Figura 2.11 – Resíduos classe B (I&T, 2008).



Figura 2.12 – Resíduos classe C (I&T, 2008).



Figura 2.13 – Resíduos classe D (<http://barramansasempre.blogspot.com.br>, 2012).

No entanto, em países desenvolvidos, como os Estados Unidos e o Japão, os entulhos da construção e demolição costumam ser classificados de acordo com as suas origens, ou melhor, segundo a atividade que os originaram (Rocha, 2006). Dessa forma, a classificação pela origem dos RCC proposta pela *The Solid Waste Assosiation of North America* (SWANA, 1993 *apud* Pinto, 1999), é bastante útil para a quantificação de sua geração. De acordo com a SWANA, os resíduos sólidos da indústria da construção civil são classificados em:

- Material de construção e renovação de edifícios;
- Material de demolição de edificações;
- Material de escavação e aterro;
- Material de construção pesada;
- Material de obra viária;
- Material de desastres naturais;
- Material de desastres causados pelo homem (terrorismo, sabotagem, etc.);
- Material de limpeza de terrenos.

Independentemente das características e classificações adotadas, é fato que as diversas atividades de uma obra geram os mais variados resíduos, em quantidades e composição diferentes, segundo a etapa ou fase da obra (Pinto, 1999).

2.3.2 Origem

Na indústria da construção civil, é árduo cogitar uma atividade que não origine resíduos sólidos. Segundo Lima e Lima (S.D.), dentre os inúmeros elementos que influenciam nessa geração, podem-se listar:

Os problemas relacionados ao projeto, seja pela falta de definições e/ou detalhamento satisfatórios; a falta de precisão nos memoriais descritivos; a baixa qualidade dos materiais empregados; a mão de obra de baixa qualificação; o manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos materiais; a ausência ou ineficiência de mecanismos de controle durante a execução da obra; o tipo de técnica escolhida para a construção ou demolição; os tipos de materiais existentes na região da obra; e, finalmente, a falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro.

Segundo Souza (2004), a origem dos desperdícios de material em processos construtivos pode ocorrer, sobretudo, de três maneiras diferentes:

- I. Furto e/ou extravio – o que normalmente é um valor muito baixo em grandes empreendimentos os quais, normalmente, têm controle qualitativo e quantitativo dos materiais;
- II. Incorporação de materiais à edificação – fato esse que ocorre principalmente em materiais para moldagem de peças *in loco* nas obras, tais como: peças de concreto armado e revestimentos argamassados;
- III. Resíduos da Construção Civil (entulho) – que é o “lixo que sai da obra”, o qual é considerado o modo mais visível de verificar o desperdício de uma obra.

Assim posto, os RCC são gerados tanto na concepção, quanto na execução e subsequente utilização. Na fase de concepção, é comum que as quantidades previstas sejam destoantes das empregadas na construção. Já na fase de execução, a geração de resíduos acontece de duas maneiras: perdas que são descartadas (entulho propriamente dito) e as perdas incorporadas à obra (camadas de reboco mais espessas do que o necessário). A Tabela 2.10 apresenta as taxas de desperdício de materiais comumente utilizados na construção civil.

Tabela 2.10 – Taxas de desperdício de materiais (Espinelli, 2005, *apud* Lima e Lima – S.D.).

MATERIAIS	TAXA DE DESPERDÍCIO (%)		
	Mínimo	Máximo	Média
Concreto usinado	2	23	9
Aço	4	16	11
Blocos e tijolos	3	48	13
Placas cerâmicas	2	50	14
Revestimento têxtil	14	14	14
Eletrodutos	13	18	15
Tubos para sistemas prediais	8	56	15
Tintas	8	24	17
Condutores	14	35	27
Gesso	14	120	30

Por essa Tabela, percebe-se que o gesso é o material com as maiores taxas mínima, máxima e média de desperdício. Justo o gesso é um resíduo da Classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem /recuperação). Nota-se ainda que o aço não é um material que

cause grandes problemas na geração de RCC, pois seu volume é relativamente baixo e os seus resíduos são destinados para o comércio de sucatas.

Na construção civil tradicional sobra muito entulho de construção, que é perdido devido ao sistema construtivo. Grande parte deste material de construção poderia ser reaproveitada naturalmente dentro da própria obra. Entretanto, no Brasil, as empresas geralmente não possuem essa cultura sustentável, que, muitas vezes, ainda reduz os custos do empreendimento. De acordo com Bourscheid (2010), nesse tipo de construção convencional, onde se constroem todos os elementos no próprio canteiro, o desperdício é ainda maior, chegando em 30% do material bruto aplicado na obra e, em revestimentos, atinge 10%. Valores são muito elevados quando comparados a técnicas de construção racionalizadas.

As tecnologias utilizadas na construção civil sofrem uma forte influência cultural, empregando, muitas vezes, técnicas de construção civil convencionais, algumas delas já ultrapassadas. No Brasil, por exemplo, nossa cultura valoriza a edificação de paredes de alvenarias com blocos cerâmicos. À execução deste tipo de alvenaria, não se antecede planejamento algum na colocação dos blocos. Dessa forma, ao se levantar uma parede de blocos cerâmicos, são necessários recortes para adaptar a parede ao vão e camadas de argamassa de assentamento muito espessas para compensar a falta de uniformidade dos tijolos, as quais acabam sobrando durante o trato. Além do mais, para embutir as tubulações da rede de água, de energia elétrica ou outras redes, abrem-se canaletas nos blocos cerâmicos, o que aumenta ainda mais os percentuais de geração de resíduos nessa técnica de construção.

A Figura 2.14 apresenta, de maneira muito clara, o desperdício que uma parede mal executada pode gerar. Nesta Figura, toda ela teve que ser demolida, proporcionando um prejuízo econômico e um atraso no cronograma da obra, além, claro, de uma alta geração de RCC.



Figura 2.14 – RCC gerados por uma parede demolida (Bourscheid, 2010).

Não há tanto desperdício em sistemas de construção racionalizados, como pré-moldados ou lajes nervuradas executadas com blocos de EPS. No caso da utilização de estruturas pré-moldadas (Figura 2.15), é comum haver elementos convencionais fabricados in loco. Por exemplo, em uma obra pré-moldada, onde os pilares, vigas, lajes são elementos pré-moldados, há a necessidade de aplicar um recobrimento de concreto fabricado no local sobre a laje. Ainda nestes casos, as alvenarias de vedação são, geralmente, de blocos cerâmicos ou de concreto, gerando as perdas descritas no parágrafo anterior.



Figura 2.15 – Estrutura pré-moldada de concreto (Bourscheid, 2010).

Já no caso de lajes nervuradas executadas com blocos de EPS (Figuras 2.16 e 2.17), o sistema de montagem é mais rápido e utiliza menos mão de obra.



Figura 2.16 – Laje pré-moldada com EPS (Bourscheid, 2010).



Figura 2.17 – Laje pré-moldada com EPS (Bourscheid, 2010).

Os vãos entre as vigotas pré-moldadas são preenchidos com EPS, reduzindo, dessa forma, os resíduos gerados pelas fôrmas e pelos escoramentos. Entretanto, ainda é necessário a concretagem local das lajes, o que gera RCC. Portanto, quando se fala em construção pré-moldada, em geral, temos uma construção mista. De qualquer maneira, o desperdício nestes casos é menor.

A Figura 2.18 mostra um sistema de construção estrutural extremamente racionalizado, no qual até mesmo as alvenarias de vedação são pré-moldadas. São reduzidas as perdas devidas às fôrmas, aos escoramentos, à concretagem, ao levantamento da alvenaria,

aos cortes embutir as tubulações, ao excesso de argamassa de reboco, dentre várias outras. Assim, a geração de RCC é reduzida drasticamente em obras que se utilizam de construções racionalizadas como as desta Figura, além do tempo de construção e necessidade de mão de obra serem bem menores.



Figura 2.18 – Alvenaria de vedação pré-moldada (www.cadernodaconstrucao.com.br, 2013).

Os RCC não são originados apenas em obras de construção, sendo uma boa parte gerada devido às obras de reforma, ampliação e/ou demolição. Em obras desse tipo, a geração deve-se à falta de cultura de reaproveitamento ou reciclagem, associada ao desconhecimento, por parte dos executores, da potencialidade do entulho gerado. Em pequenas reformas, há um problema ainda mais grave no que tange à geração de entulho: na maior parte dos casos, os RCC são transportados de maneira imprópria, muitas vezes precária (Figura 2.20), e descartados em lugares inadequados (Figura 2.21). Neste caso, a origem dos resíduos não está relacionada ao desperdício, mas a não reutilização deste. A Figura 2.19 traz um gráfico comparativo entre os valores percentuais da origem dos RCC.

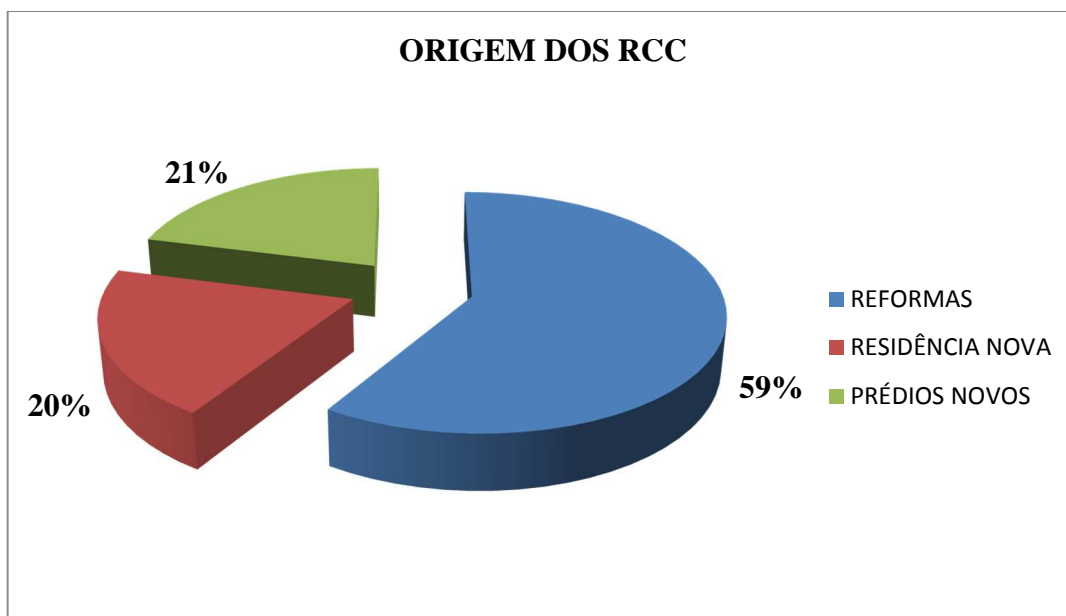


Figura 2.19 – Origem dos RCC (Adaptado de Lima e Lima – S.D.).



Figura 2.20 – Transporte precário de RCC (Lima e Lima – S.D.).



Figura 2.21 – Descarte final inadequado (Bourscheid, 2010).

2.3.3 Composição

Zordan (2006) *apud* Bourscheid (2010) define:

O entulho é, talvez, o mais heterogêneo dentre os resíduos industriais. Ele é constituído de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.) e sua composição química está vinculada à composição de cada um de seus constituintes. No entanto, a maior fração de sua massa é formada por material não mineral (madeira, papel, plásticos, metais e matéria orgânica).

A composição dos RCC está estritamente vinculada às diversas características de suas fontes geradoras, citadas no item 2.3.1. Conseqüentemente, as composições e características dos resíduos da construção diferenciam-se de acordo com certas variáveis. De acordo com Erpen (2009), dentre essas variáveis, destacam-se:

- a. Desenvolvimento local da indústria da construção:
 - Qualidade da mão de obra;
 - Técnicas de construção e demolição empregadas;
 - Adoção de programas de qualidade e redução de perdas;
 - Adoção de métodos de reciclagem e reutilização no próprio canteiro.
- b. Materiais disponíveis na região;
- c. Execução de obras especiais na região (esgotamento sanitário, restaurações, entre outras);
- d. Desenvolvimento econômico da região.

Devido a essa diversidade em suas características, a composição dos RCC originados em cada cidade, estado, país e, em alguns casos específicos, até em bairros de uma mesma cidade é diferente, justificando seu caráter heterogêneo proposto por Zordan (2006) *apud* Bourscheid (2010). A título de exemplo, no Japão e nos Estados Unidos, a presença da madeira é significativa, o que não se repete nas construções brasileiras ou europeias; devido ao *drywall*, o gesso é fortemente empregado nas indústrias da construção americana e europeia, entretanto, seu uso em construções brasileiras é recente e cresce paulatinamente (Pinto, 1999).

Segundo Carneiro, Brum e Cassa (2001) *apud* Erpen (2009), em países desenvolvidos, a construção de edifícios gera altos percentuais de plástico e papel, provenientes das

embalagens dos materiais. Em obras do mesmo tipo nos países em desenvolvimento, gera-se uma quantidade maior de resíduos de concreto, argamassa, blocos cerâmicos, entre outros, devido às altas perdas envolvidas no processo.

A Tabela 2.11 faz uma análise comparativa entre as composições dos resíduos de construção de diversas localidades: Brasil, Hong Kong (China), Bélgica e Toronto (Canadá). Os dados desta Tabela, juntamente com os dados da Tabela 2.12 – que apontam a parcela das atividades de construção e demolição na geração de resíduos em vários países – demonstram a diversidade dos RCC. Em países há mais tempo desenvolvidos, onde obras de renovações de edifícios são mais abundantes, as taxas de resíduos provenientes da demolição são mais significativas. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, os RCC são devidos principalmente ao desperdício gerado pelas técnicas de construção empregadas.

O cenário moderno de preocupação ambiental com o volume de entulho gerado pela indústria da construção impulsionou o crescimento do número de pesquisas que estudam a composição dos RCC em diferentes cidades do Brasil, comprovando ainda mais sua alta variabilidade. Segundo Pinto (1999), a importância da quantificação da composição dos RCC foi reforçada pela pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC) “Alternativas para a redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra”, envolvendo 99 canteiros de obra. Os dados dessa pesquisa, assim como as realizadas por Pinto (1989) e Soibelman (1993) *apud* Pinto (1999) são apresentados na Tabela 2.13.

Pesquisas recentes apontam que, no Brasil, o entulho da indústria da construção é composto principalmente por argamassas (reboco, chapisco, emboço, assentamento, etc.), blocos cerâmicos, concretos, cerâmicas e demais materiais, como pedras, aço, plásticos, papelão, papel e vidros. Nessa composição, cabe salientar que os RCC englobam tantos os materiais desperdiçados durante a execução da obra, quanto os gerados pelas demolições, grandes responsáveis pelos altos índices de argamassas e concreto e pela incorporação de tintas e solo revolvido. A Figura 2.22, extraída de Bourscheid (2010), apresenta um gráfico com os percentuais de cada material na composição dos RCC.

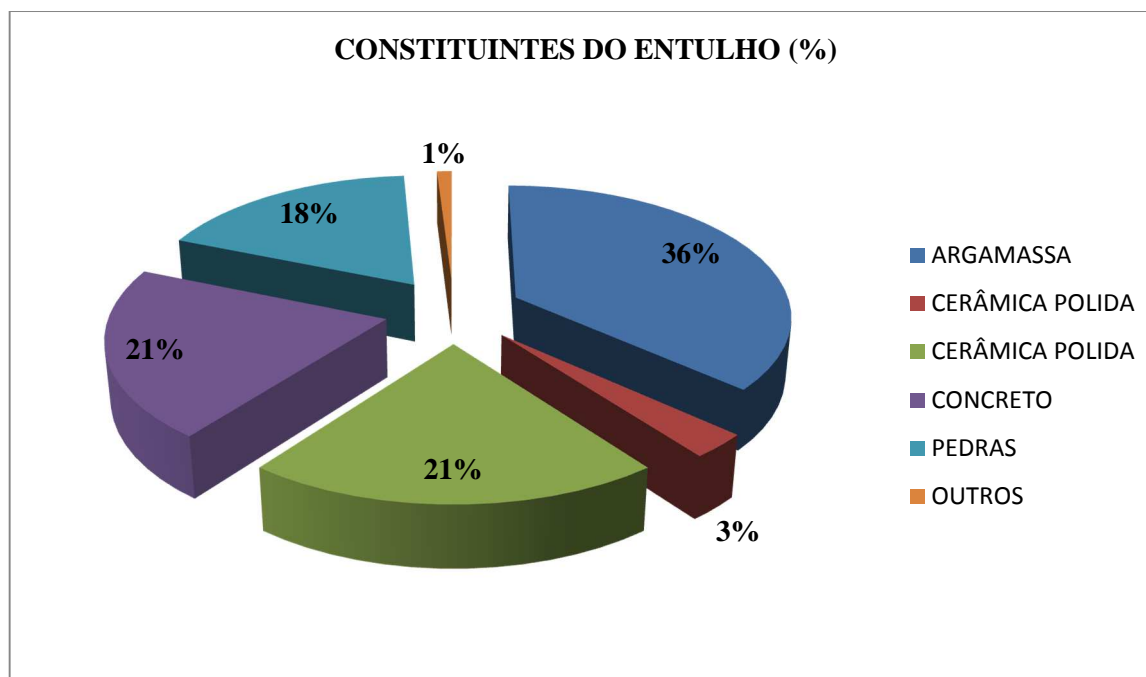


Figura 2.22 – Porcentagem média dos constituintes do entulho (Adaptado de: Zordan, 1997 apud Bourscheid, 2010,).

Tabela 2.11 – Composição (%) dos RCC em diversas localidades (Pinto, 1999).

MATERIAL	OBRAS BRASILEIRAS ¹	HONG KONG ²	BÉLGICA ³	TORONTO ⁴
Argamassa	64	-	-	-
Asfalto	-	2,2	-	-
Materiais asfálticos	-	-	10,2	-
Concreto	4,2	31,2	38,2	-
Alvenaria	-	-	45,2	-
Madeira	0,1	7,9	2,1	34,8
Entulho, agreg. e cerâmicos	-	-	-	24,1
Entulho	-	7,7	-	-
Componentes cerâmicos	11,1	-	2,9	-
Blocos de concreto	0,1	0,8	-	-
Tijolos	18	5,2	-	-
Ladrilhos de concreto	0,4	-	-	-
Pedra	1,4	11,5	-	-
Areia	-	3,2	-	-

Cimento amianto	0,4	-	-	-
Gesso	-	-	0,2	-
Metais	-	3,3	0,2	7,7
Vidro	-	0,3	-	2,8
Papel cartão	-	-	-	4,3
Papel	-	-	-	3,5
Papel e orgânicos	0,2	-	-	-
Outros orgânicos	-	1,7	-	0,6
Plástico	-	-	0,4	2,5
Tubos plásticos	-	0,6	-	-
Acessórios	-	0,1	-	-
Têxteis	-	-	-	0,7
Borracha e couro	-	-	-	0,5
Finos	-	-	-	1,9
Outros mat. de construção	-	-	-	16,6
Solo	0,1	-	-	-
Lixo, solo e barro	-	23,8	-	-
Bambu e árvores	-	0,4	-	-
Sucata	-	0,1	-	-
Outros	-	-	0,6	-
TOTAL	100	100	100	100

¹ Dados coletados em canteiros em São Carlos/ SP (Pinto, 1986) e Santo André/ SP (I&T, 1990).

² Dados coletados na área de destinação final (Hong Kong Polytechnic, 1993).

³ Institut Bruxellois Pour la Gestion de L'Environnement, 1995.

⁴ Dados coletados na área de destinação final (Swana, 1993).

Tabela 2.12 – Contribuição dos resíduos de construção e demolição nos RCC (Rocha, 2006, adaptado de Ângulo, 2000).

PAÍIS	RCC (t/ano) x 10 ⁶	RCC – construção (t/ano) x 10 ⁶	RCC – demolição (ton/ano) x 10 ⁶	% de resíduo de construção no RCC	% de resíduo de demolição no RCC	Ano
Países Baixos	14	-	-	-	-	1996
Inglaterra	70	-	-	-	-	1997

Alemanha	32,6	10	22,6	31	69	1994
Estados Unidos	31,5	10,5	21	33	66	1994/1997
Brasil	70	35	35	30-50	50-70	1999
Japão	99	52	47	52	48	1993
França	-	-	25	-	-	1994
Europa Ocidental	215	40	175	19	81	2000

Tabela 2.13 – Perda de materiais em processo construtivos convencionais (Pinto, 1999).

MATERIAIS	Pinto ¹	Soibelman ²	ITQC ³
Concreto usinado	1,5%	13%	9%
Aço	26%	19%	11%
Blocos e tijolos	13%	52%	13%
Cimento	33%	83%	56%
Cal	102%	-	36%
Areia	39%	44%	44%

¹ Valores de uma obra (Pinto, 1989).

² Média de 5 obras (Soibelman, 1993).

³ Mediana de diversos canteiros (Souza, 1998).

2.3.4 Dados da geração de RCC – no Brasil e no mundo

Os resíduos resultantes da cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC) tornaram-se um grande contratempo na administração das cidades do mundo, em virtude dos preocupantes volumes gerados (de acordo com Bourscheid, 2010, corresponde, em alguns casos, a 60% da massa dos resíduos sólidos urbanos produzidos) e da falta de área ou soluções que assimilem toda a produção. Mesmo com essa ciência, a CPIC é imprescindível para fornecer a infraestrutura à industrialização e ao desenvolvimento sustentável de qualquer país, proporcionando menores taxas de geração de resíduos sólidos.

Para se ter uma noção da quantidade de RCC gerados no Brasil no ano de 2012, a figura 2.23 é apresentada. Pela pesquisa realizada pela ABRELPE, estima-se que mais de 35 milhões de toneladas de RCC foram coletadas em 2012, um crescimento de 5,3% em relação ao ano de 2011. Em termos de coleta, a quantidade coletada de RCC em 2012 é estimada em

95.950 t/dia. Os números totais de geração de RCC são ainda maiores, visto que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos da construção sob sua responsabilidade ou lançados nos logradouros públicos.

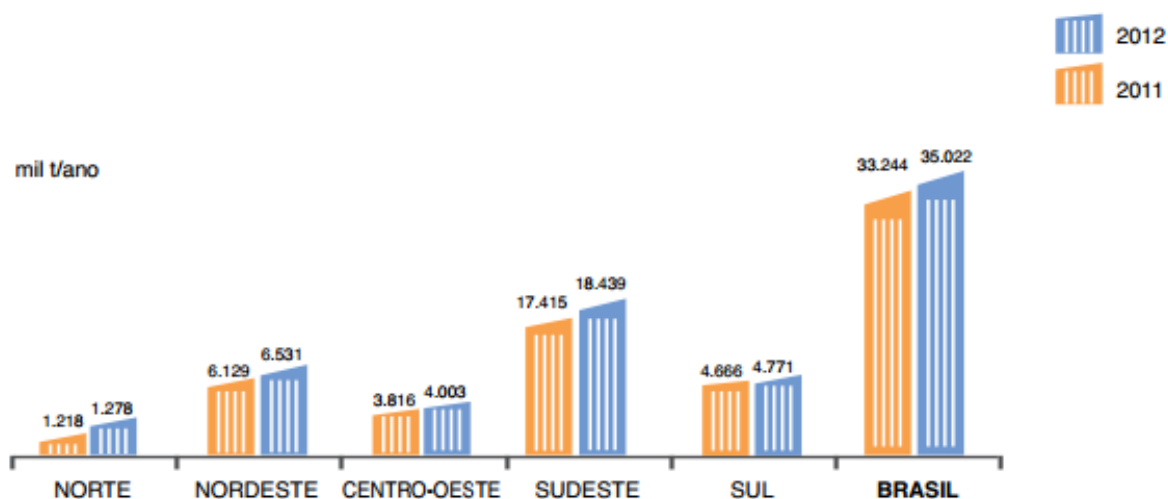


Figura 2.23 – Total de RCC coletados nas regiões do Brasil (ABRELPE, 2012).

De acordo com Pinto (1999), os RCC tem participação superior a 50% no total dos resíduos sólidos urbanos. Quando comparados os dados da Figura 2.3 com os dados da Figura 2.23, a participação dos resíduos da construção no total de RSU é de 54% em 2011 e de 56% em 2012, desconsiderando ainda a parcela de RCC que não é coletada pelos municípios. Em relação a região centro-oeste, os resultados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012 apontam para uma participação de quase 80% dos RCC nos resíduos sólidos urbanos gerados em 2012.

A Tabela 2.14, assim como a Figura 2.23, não representa o total de RCC gerado pelas regiões, mas ela integra a pesquisa realizada anualmente pela ABRELPE por possuir os registros mais confiáveis. Fazendo um paralelo entre geração e coleta, pode-se constatar que a região sudeste é a campeã na geração de RCC no Brasil. Cerca de 46% da população urbana brasileira encontra-se nesta região, que produz sozinha mais de 53% do volume de RCC no país. No entanto, é importante ressaltar que a região detentora do maior índice diário de geração de resíduos da construção, em quilograma por habitante, é o centro-oeste.

Tabela 2.14 – Quantidade total de RCC coletado no Brasil (Adaptado de: ABRELPE e IBGE, 2012).

REGIÃO	2011	2012		
	RCC Coletado (t/dia)/ Índice (kg/hab.dia)	Pop. Urbana (hab)	RCC Coletado (t/dia)	Índice (kg/hab.dia)
Brasil	106.549/0,656	163.713.417	112.248	0,686
Norte	3.903/0,330	12.010.233	4.095	0,341
Nordeste	19.643/0,502	39.477.754	20.932	0,530
Centro-oeste	12.231/0,966	12.829.644	12.829	1,000
Sudeste	55.817/0,742	75.812.738	59.100	0,780
Sul	14.955/0,638	23.583.048	15.292	0,648

Segundo Costa (2005) e Lauritzen (1994) *apud* Rocha (2006), estima-se que cerca de 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos da construção civil sejam geradas anualmente em todo o globo. A Tabela 2.15 é apresentada para se ter uma ideia da quantidade de RCC gerada em alguns países.

Tabela 2.15 – Estimativa de geração de RCC em alguns países (Rocha, 2006).

PAÍS	QUANTIDADE GERADA	
	t/ano x 10 ⁶	kg/hab.ano
Suécia	1,2 - 6,0	136,0 - 680,0
Holanda	12,8 - 20,2	820,0 - 1300,0
EUA	136,0 - 171,0	463,0 - 584,0
Reino Unido	50,0 - 70,0	880,0 - 1120,0
Bélgica	7,5 - 34,7	735,0 - 3359,0
Dinamarca	2,3 - 10,7	440,0 - 2010,0
Itália	35,0 - 40,0	600,0 - 690,0
Alemanha	79,0 - 300,0	963,0 - 3658,0
Japão	99	785
Portugal	3,2	325

Conforme o Inciso I do Artigo 13 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, são considerados RCC os resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, ademais o Artigo 20 define quem está sujeito à elaboração de um plano de gestão de resíduos sólidos. Os enormes volumes de RCC gerados anualmente e a sua alta parcela nos índices de RSU gerados demonstram as proporções da árdua tarefa de gerenciamento de resíduos.

2.4 GERENCIAMENTO DOS RCC

O Artigo 2º Inciso V da Resolução CONAMA nº 307/2002 assim define:

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 implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.

Os RCC devem ter um gerenciamento adequado para evitar que sejam abandonados e acumulem-se em margens de rios, terrenos baldios ou outros locais inapropriados. Normalmente os RCC representam um grave problema não apenas em cidades brasileiras, como em várias cidades de todo mundo. Por um lado, a disposição irregular desses resíduos pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. De outro lado, constitui um problema que se apresenta às municipalidades, sobrecarregando os sistemas de limpeza pública (Decreto nº 7.404/2011).

Atualmente, o modelo de gestão corretiva tem sido a estratégia mais utilizada no gerenciamento dos resíduos sólidos. No entanto, este tipo de gestão é marcado por uma abordagem não preventiva, repetitiva e custosa, a qual acarreta resultados inadequados (Pinto, 2001, *apud* Erpen, 2009).

As gestões corretivas são consideradas altamente ineficazes no controle de resíduos, sendo inerente a elas o surgimento de áreas de deposição irregulares devido à necessidade de dispor o incessante volume de RCC. Segundo Pinto (1999), é intrínseca a este modelo de gestão a ocorrência de intensos e descontrolados impactos ao meio ambiente urbano, ocasionando custos sociais interligados (pessoais e públicos), dentre os quais se destacam: o

esgotamento das áreas de disposição final de RCC; custos adicionais para os governos; desperdícios de recursos naturais.

O quadro insustentável das gestões corretivas descrito brevemente acima atesta a necessidade de se implementarem novos métodos de gerenciar os entulhos da construção civil, uma vez que os RCC são um dos grandes causadores de problemas sociais e ambientais nas cidades. Neste sentido, a mudança de paradigma no gerenciamento dos RCC é pauta atual em debates no meio acadêmico e nas políticas públicas em todo o mundo.

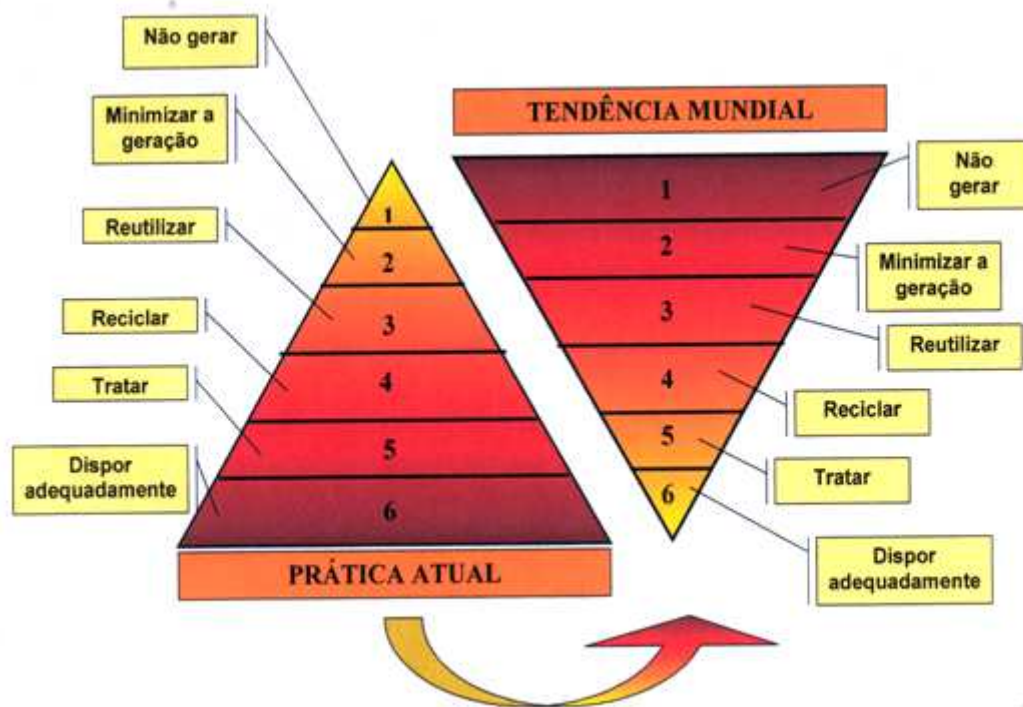


Figura 2.24 – Mudança de paradigma da gestão de resíduos sólidos (Demetrios Christofidis, 2013).

2.4.1 Gestão integrada dos RCC

Seguindo a lógica da Figura 2.24, os modelos de gerenciamento dos RCC devem ser racionais, eficazes, sustentáveis e menos onerosos, visando minimizar a produção de resíduos. Uma vez que é praticamente impossível inexistirem perdas e desperdícios durante os processos construtivos, os RCC devem ser prioritariamente reutilizados e/ou reciclados. Estas práticas – redução, reutilização e reciclagem dos RCC – são conhecidas como os três R's e compõem o sistema de gestão integrada.

De acordo com a Agenda 21/1992, os três R's constituem os primeiros passos da hierarquia de objetivos formadores da estrutura de ação necessária para o manejo ambientalmente correto dos resíduos (Lima e Lima – S.D.).



Figura 2.25 – Os três R's (Lima e Lima – S.D.).

Os três R's que constituem o modelo de gestão integrada dos RCC são sintetizados abaixo:

1. Redução

Implica em reduzir a produção de RCC através de técnicas mais modernas e racionalizadas de construção.

2. Reutilização

Seja em construções ou em demolições, uma extensa variedade de materiais reutilizáveis pode ser encontrada, dentre os quais se destacam a madeira, seixos de asfalto, tintas, tubos e conexões. Além disso, o concreto demolido e os tijolos podem ser utilizados em inúmeras aplicações, como em substituição do cascalho em obras de pavimentação.

A reutilização, no entanto, depende do projeto e de critérios norteadores na tomada de decisão sobre sistemas e tecnologias construtivas, por exemplo, a decisão de se usar escoramentos ou fôrmas metálicas em substituição à utilização da madeira (Erpen, 2009).

3. Reciclagem:

A reciclagem envolve a transformação dos materiais descartados em outra forma utilizável no ciclo de produção, seja ela interna ou externa ao canteiro de obra. A reciclagem é o produto da coleta, separação e processamento dos RCC, transformando-os em produtos com um novo ciclo de vida. As Figuras 2.26 e 2.27 exemplificam a reciclagem de RCC dentro do próprio canteiro, ao passo que a Figura 2.28 traz mostra uma usina de reciclagem destes materiais.



2.26 – Confeção de pavers com agregados reciclados (Lima e Lima – S.D.).



2.27 – Confeção de caixas de gordura com agregados reciclados (Lima e Lima – S.D.).

Além dos três R's, a incineração e o descarte adequado em aterros sanitários dos RCC também constituem o gerenciamento integrado, porém não serão tratadas neste trabalho.



2.28 – Usina de reciclagem de concreto (Lima e Lima – S.D.).

Em um mundo cada vez mais preocupado com o desenvolvimento sustentável, a CPIC viu-se pressionada a adequar suas técnicas de produção, visando o uso racional dos materiais nos canteiros de obra. Assim, nas últimas décadas, as gestões integradas têm substituído, paulatinamente, as gestões corretivas na indústria da construção.

De acordo com Pinto (1999), para que as principais diretrizes do gerenciamento integrado sejam atingidas, é indispensável que sejam realizadas adaptações na forma de atuação dos gestores públicos, como também na cultura da classe operária, além da necessidade de aprimorarem-se as técnicas construtivas utilizadas nos canteiros de obra.

Segundo Lima e Lima (S.D.), a gestão integrada dos resíduos da construção dentro dos canteiros de obras apresenta inúmeras vantagens para as construtoras, dentre as quais:

- A diminuição do volume de entulho a ser descartado;
- A redução do consumo de materiais, como areia, brita e blocos cerâmicos;
- Redução dos acidentes de trabalho, uma vez que os canteiros são mais organizados e limpos;
- Redução do número de caçambas retiradas das obras;

- Melhoria da produtividade;
- Atendimento aos requisitos ambientais em programas como PBQP-H, QUALIHAB e ISO 9001;
- Diferencial positivo na imagem da empresa junto ao público consumidor.

O Artigo 8º da Resolução CONAMA nº 307/2002 define que os Projetos de Gerenciamentos deverão ser elaborados e implantados pelos geradores e terão como principal objetivo determinar os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos RCC.

Além de elaborar e implementar Projetos de Gerenciamento dos RCC, os geradores deverão promover a comunicação e educação socioambiental dos trabalhadores da construção através de ações de mobilização, sensibilização e educação. De maneira que as metas de redução, reutilização e reciclagem, bem como o acondicionamento, armazenamento e transporte dos RCC ocorram corretamente. (Lima e Lima – S.D.).

Segundo Pinto (2005) *apud* Lima e Lima (S.D.), os princípios gerais que servem de base à formulação dos Planos de Gerenciamento são:

- Facilitar a ação do conjunto dos agentes envolvidos;
- Disciplinar sua ação, institucionalizando atividades e fluxos;
- E incentivar sua adesão tornando vantajosos os novos procedimentos.

2.4.2 Projeto de Gerenciamento dos resíduos da construção civil

De acordo com Lima e Lima (S.D.), a elaboração de um Projeto de Gerenciamento de resíduos da construção civil divide-se em nove principais etapas e terá como meta estabelecer os procedimentos requeridos ao manejo e destinação sustentáveis dos RCC:

1. Planejamento

Os itens que demandam maior atenção na fase do planejamento da obra com relação à redução da produção de RCC são: a compatibilidade entre os vários projetos; a exatidão em relação a cotas, níveis e alturas; a falta de especificação ou inexatidão de materiais e componentes; e a falta ou detalhamento inadequado dos projetos.

2. Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos

Classificar os tipos de RCC gerados na execução da obra de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002. Estimar a produção média dos resíduos de acordo com as etapas da obra. A identificação prévia dos resíduos que serão produzidos é importante para a reutilização dos RCC.

3. Minimização dos resíduos

Relatar as técnicas a serem utilizadas para reduzir a geração dos RCC, por classe. Segundo Pinto (1999), o volume dos materiais que será transformado em entulho varia com as técnicas de produção empregadas e com as características dos próprios materiais.

4. Triagem/ segregação dos resíduos

Segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002 a triagem deverá ser realizada pelo gerador, prioritariamente na origem, ou em áreas de distinção licenciadas para tal finalidade. A metodologia a ser adotada para a segregação dos RCC deverá respeitar as classes e os tipos dos resíduos, além de ser realizada logo após a geração dos resíduos, formando pilhas de entulhos que serão transportados posteriormente para os seus locais de acondicionamento.

5. Acondicionamento/ armazenamento

Descrever os procedimentos que serão utilizados no armazenamento inicial e final dos RCC, respeitando a classe e tipo. Assim, garante-se a integridade dos materiais. Além disso, o layout do canteiro deve dispor de locais destinados ao armazenamento de cada tipo de resíduo a ser gerado na construção. Informar, ainda, as características construtivas do sistema de acondicionamento dos resíduos.

6. Transporte interno

Descrever os procedimentos de transporte interno (vertical, horizontal) dos RCC.

7. Reutilização/ reciclagem

Descrever os métodos e as técnicas que serão utilizados para reutilizar e reciclar os RCC. A reciclagem poderá ocorrer dentro ou fora do canteiro de obras.

8. Transporte externo

O transporte externo não poderá ser realizado sem o Controle de Transporte de Resíduos (CTR), documento que contém informações sobre o gerador, o responsável

pela coleta e transporte dos resíduos no canteiro e unidade de destinação final dos RCC.

9. Destinação final dos resíduos

Descrever a unidades de destinação final dos resíduos por classe, como sugere a Resolução CONAMA nº 307/2002. Apresentar também a carta de viabilidade de recebimento e destinação de empresa licenciada para destinação ou de Área de Triagem e Transbordo (ATT).

A Tabela 2.16 apresenta um modelo de como se caracterizar os resíduos gerados por etapa da obra. Além disso, ela fornece alguns dos métodos e as técnicas possíveis de serem utilizados para reutilizar os RCC dentro e fora do canteiro.

Tabela 2.16 – Identificação dos RCC por etapas da obra e possível reaproveitamento (Adaptado de: Lima e Lima – S.D.).

FASES DA OBRA	RESÍDUOS GERADOS	REUTILIZAÇÃO NO CANTEIRO	REUTILIZAÇÃO FORA DO CANTEIRO
Limpeza do terreno	Solos	Reaterros	Aterros
	Rochas, vegetação, galhos	-	-
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areias, brita)	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	Madeiras	Fôrmas, escoras, gravatas	Lenha
Fundações	Solos	Reaterros	Aterros
	Rochas, vegetação, galhos	Jardinagem, muros de arrimo	-
Superestrutura	Concreto (areia, brita)	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	Madeiras	Cercas, portões	Lenha
	Sucata de ferros, fôrmas plásticas	Reforço para contrapiso	Reciclagem
Alvenaria	Blocos cerâmicos e de concreto, argamassa	Base de piso, enchimentos, argamassas	Fabricação de agregados
	Papel, plástico	-	Reciclagem
Instalações hidrossanitárias	Blocos cerâmicos	Base de pisos, enchimentos	Fabricação de agregados
	PVC	-	Reciclagem

Instalações elétricas	Blocos cerâmicos	Base de pisos, enchimentos	Fabricação de agregados
	Conduítes, magueira, fio de cobre	-	Reciclagem
Reboco interno/ externo	Argamassa	Argamassa	Fabricação de agregados
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos	-	Fabricação de agregados
	Piso laminado de madeira, papel, papelão, plástico	-	Reciclagem
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado	Readequação em áreas comuns	-
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes, texturas	-	Reciclagem
Coberturas	Madeiras	-	Lenha
	Cacos de telhas de fibrocimento	-	-

2.4.3 Desafios atuais da gestão de resíduos sólidos

Os desafios atuais da gestão de resíduos sólidos são apresentados na Tabela 2.17.

Tabela 2.17 – Desafios da gestão de resíduos sólidos (Adaptado de: Oscar Cordeiro Netto, 2013).

DESAFIO	CAUSAS
Aumento do volume de resíduos	Maior população e conseqüente consumo; Maior quantidade de materiais descartáveis; Menor durabilidade.
Manejo dos diferentes tipos de resíduos	Novos materiais; Novas combinações químicas; Ausência de cultura de separação.
Resíduos descartados em vias públicas	Elevado índice de descarte em áreas inadequadas; Espaço limitado para instalação de lixeiras; Dificuldades para colocação de contêineres.
Restrições de trânsito e circulação de caminhões	Dificuldades de acesso; Dificuldades de tráfego de caminhões; Emissões de poluentes e aquecimento global.
Destinação final	Necessidade de adequação; Distância dos centros de geração; Unidades em fim de vida útil.

2.5 LEGISLAÇÃO

Segundo a Resolução 44/228, Assembleia Geral das Nações Unidas *apud* Araújo e Juras (2011):

[...] o manejo ambientalmente saudável dos resíduos encontra-se entre as questões mais importantes para a manutenção da qualidade do meio ambiente da Terra e, principalmente, para alcançar um desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável em todos os países.

No mundo, assim como no Brasil, a consciência de que é necessário dar um tratamento integrado à gestão dos resíduos sólidos evoluiu, atualmente, rápida e progressivamente. Há um conjunto de leis, resoluções e políticas públicas, além de normas técnicas, essenciais para minimizar os impactos ambientais causados pela geração de resíduos sólidos.

Neste sentido, a Legislação brasileira dispõe de uma série de instrumentos legais para regulamentar a gestão de resíduos sólidos. Dentre eles, os principais são:

- Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010 – Regulamenta a Lei nº 12.305;
- Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Lei da Política Nacional do Meio Ambiente;
- Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – Lei de Crimes Ambientais;
- Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal;
- Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – Lei de Recursos Hídricos;
- Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 – Estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão dos RCC;
- NBR 10.004/2004 – Resíduos sólidos: classificação;
- NBR 10.007/2004 – Amostragem de resíduos;
- NBR 15.112/2004 – Resíduo sólido de construção civil e resíduos volumosos. Áreas de transbordo e triagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.113/2004 – Resíduo sólido de construção civil e resíduos inertes. Aterros. Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.114/2004 – Resíduo sólido de construção civil. Áreas de reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.115/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação: procedimentos;

- NBR 15.116/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Terminologia e classificação;
- PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat;
- Agenda 21/1992 – Agenda das Cidades Sustentáveis.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que “institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei nº 9.605, de fevereiro de 1998; e dá outras providências”, agrupa-se com as leis ambientais mais relevantes no Brasil na tentativa de preencher o vazio das leis nacionais de proteção ao meio ambiente.

Esta Lei assegura as diretrizes mínimas para a resolução de um dos problemas ambientais urbanos mais urgentes do Brasil, além de reunir os princípios, objetivos, instrumentos, metas e ações a serem adotados pela União, isoladamente ou em parceria com Estados, DF, Municípios e particulares. Teve origem na discussão do Projeto de Lei 354/89, do Senado Federal, e do Projeto de Lei 203/1991, da Câmara (Demetrios Christofidis, 2013).

Seu Artigo 1º assim define:

Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre os seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos aplicáveis.

Em seu Artigo 3º, define alguns dos pontos chaves da Lei:

I – acordo setorial: ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto;

XI – gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, como controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XII – logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos

causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei.

A Figura 2.29 apresenta a as ferramentas de planejamento no âmbito desta Lei:

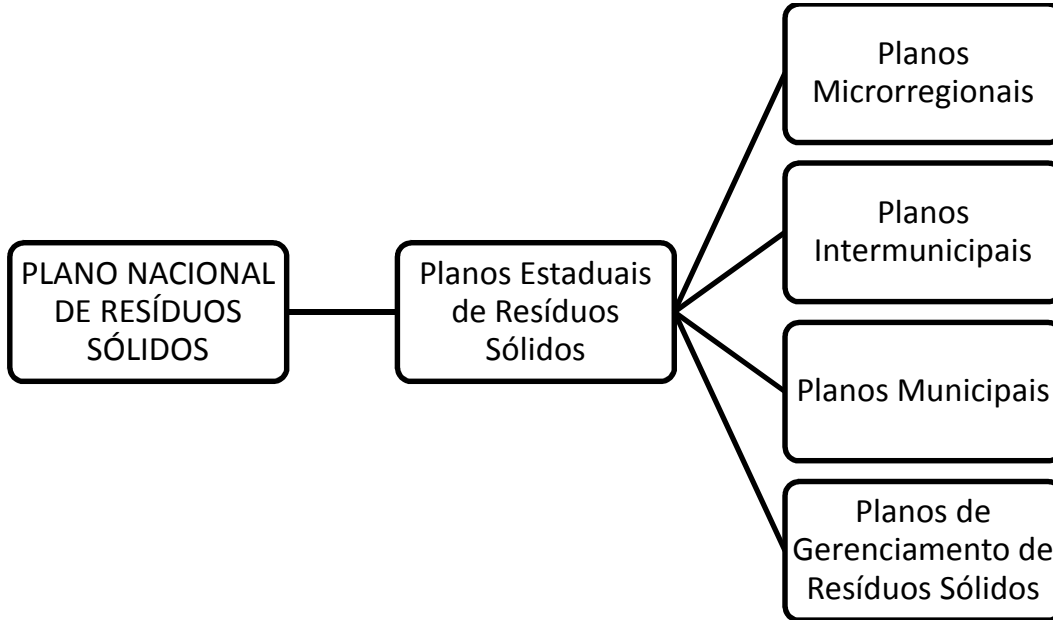


Figura 2.29 – Ferramentas de planejamento (Adaptado de: Demetrios Christofidis, 2013).

Ainda referente à Lei 12.305/2010, o Artigo 9º trata da hierarquia das ações de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, onde deve ser observada a seguinte ordem de prioridade:

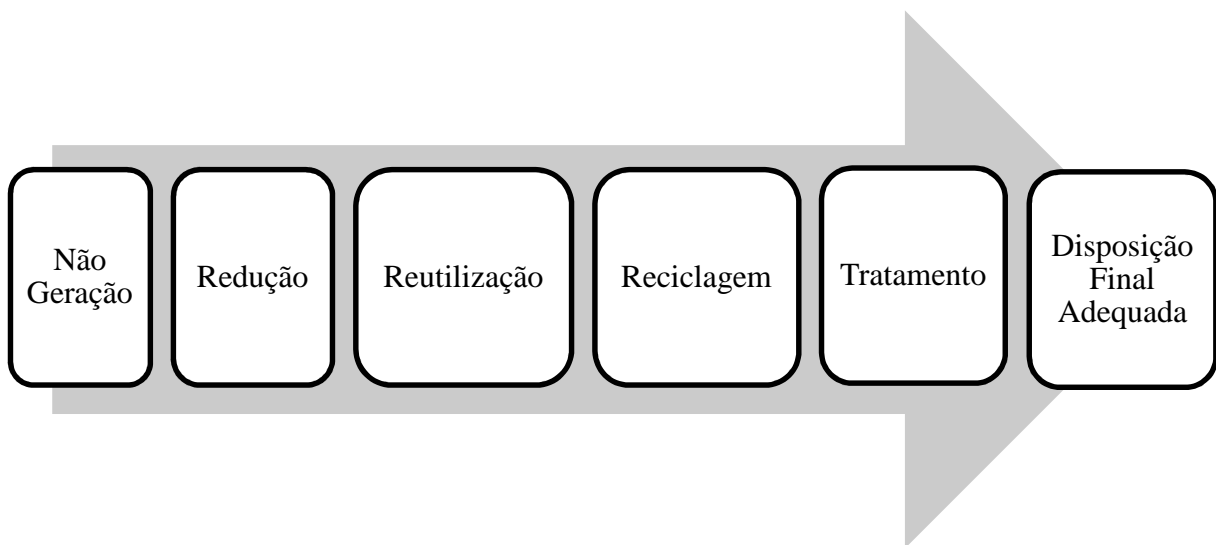


Figura 2.30 – Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos.

Em relação à Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, esta delega aos Municípios a função de elaborar e implementar o Programa Municipal de Gerenciamento de RCC, na tentativa de resolver o problema dos pequenos geradores.

Segundo Pinto (2005) *apud* Lima e Lima (S.D.), o Programa Municipal assume caráter de serviço público com a implementação de uma rede de serviços através da qual os pequenos geradores e transportadores podem assumir suas responsabilidades na destinação correta dos resíduos da construção civil e volumosos decorrentes de sua própria atividade.

A Tabela 2.18 apresenta algumas definições conforme à Resolução CONAMA 307/2002.

Tabela 2.18 – Definições segundo à Resolução CONAMA 307/2002.

RCC	São os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc.
Geradores	Pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos da construção.
Transportadores	Pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação.
Agregado reciclado	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.
Gerenciamento de resíduos	Sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.
Reutilização	Processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.
Reciclagem	Processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.
Beneficiamento	Ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.
Aterro de RCC	Área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando à reservação 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.
Áreas de destinação de RCC	Áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

A Resolução foi muito clara ao definir um prazo máximo de dezoito meses, contados a partir de sua publicação, para que os municípios cessassem a deposição inadequada dos RCC, e, para tanto, investimentos sólidos e duradouros, associados a uma sustentabilidade econômica, são requeridos. Entretanto, vários municípios ao redor do Brasil não dispõem de orçamento e técnicas para atingir as metas propostas por essa Resolução e também pela PNRS.

Além das barreiras econômica e técnica para que a PNRS e a Resolução CONAMA nº 307/2002 sejam atendidas pelos municípios, há ainda a ineficácia ou ausência da fiscalização, a cultura conivente com o descarte inapropriado em terrenos baldios, margens de córregos ou rios. Sem citar a falta de dados precisos com relação ao volume gerado e uma cultura não acostumada com as práticas do gerenciamento integrado (redução, reutilização, reciclagem, dentre outras).

Enquanto a Legislação não for atendida, principalmente a Lei nº 12.305/2010 e a CONAMA nº 307, o solo urbano continuará recebendo o ônus das más gestões dos resíduos urbanos, em particular dos resíduos sólidos da construção civil.

Dessa forma, as deficiências ainda são enormes e o caminho para que se chegue a condições ambientalmente sustentáveis, socialmente justas e economicamente viáveis em relação aos resíduos sólidos ainda é bastante longo.

3 METODOLOGIA

O panorama atual dos resíduos da construção civil no Distrito Federal foi investigado através de uma análise aprofundada do Relatório Anual de Atividades de 2013 do Serviço de Limpeza Urbana Serviço (SLU), bem como do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Volumosos (PIGRCC) elaborado em 2013 pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal (SEMARH). Além de avaliações e comentários tecidos a partir dos principais instrumentos jurídicos que regulam esse tema no DF – a Lei Distrital nº 4.704/2011 e o Decreto nº 33.825/2012.

Os resultados deste estudo foram apresentados através da elaboração de um fluxograma, o qual passa a ser uma ferramenta interessante para analisar-se, clara e concisamente, o panorama atual da gestão dos resíduos da construção civil no Distrito Federal. Ele foi construído através da seguinte sequência: escolha e delimitação do processo, identificação dos envolvidos, pesquisa de dados estatísticos, atentando-se para mapear o que está realmente ocorrendo, e não o que se espera.

No desenvolvimento do fluxograma, estabeleceu-se como o início do processo a produção de RCC. O fim deste processo apresenta duas possibilidades: descarte no Aterro do Jóquei e reentrada no mercado através da reciclagem. Posteriormente, definiram-se três blocos macroscópicos para a análise: origem, transporte e descarte. A cada bloco desse, relacionaram-se blocos microscópicos da seguinte maneira:

- Origem: grandes obras, pequenas obras e reformas;
- Transporte: empresas, particulares e carroceiros;
- Descarte: Aterro do Jóquei, clandestino e reciclagem.

À exceção dos blocos macroscópicos, todos os outros apresentam suas quantidades expressas, seja ela em toneladas de RCC ou em porcentagem da contribuição do bloco.

Para complementar este estudo, realizaram-se saídas de campo com intuito de registrar as principais características de alguns dos pontos de disposição final inadequada e ilegal espalhados pelo DF, analisando as divergências com o que a Resolução CONAMA nº 307/2002 – e sua nova redação CONAMA nº 448/2012 – estabelece em seu Artigo 4º Parágrafo 1º.

Também desenvolveu-se um estudo de caso único com uma empresa recicladora de RCC. De acordo com Yin (2004), os estudos de caso propiciam um entendimento mais profundo de questões particulares, uma vez que observações e coletas de dados são realizadas *in loco*. Assim, espera-se alcançar uma compreensão mais clara do mercado da reciclagem de RCC no Distrito Federal.

A empresa escolhida para o estudo em questão foi a Fornecedora de Areia Bela Vista. A seleção deveu-se ao fato de o Distrito Federal apresentar apenas esta empresa especializada na reciclagem resíduos da construção para posterior revenda. No entanto, a opção por esta empresa também baseou-se em aspectos como: permissão ao acesso do pesquisador à empresa; condições de segurança para a realização da pesquisa; e autorização para a divulgação neste trabalho dos resultados colhidos.

O estudo de caso fundamentou-se em dois itens: análise do processo produtivo da empresa e realização de testes de laboratório para caracterizar o produto gerado. Em relação à análise da Fornecedora de Areia Bela Vista, foram avaliadas as aplicações do material reciclado; os métodos de separação dos RCC antes da reciclagem; origem dos resíduos e as formas de transporte destes à empresa; a capacidade de produção mensal e diária.

Os testes realizados no Laboratório de Materiais da Construção Civil (LEM/UnB) objetivaram caracterizar os produtos gerados pelo processo de reciclagem da empresa, através da análise de algumas de duas características: massa específica e granulometria. Dessa forma, foram executados os seguintes ensaios em laboratório:

- NBR 9776/1987 – Agregados: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman;
- NBR NM 248/2003 – Agregados: Determinação da Composição Granulométrica.

As amostras de campo coletadas na Fornecedora de Areia Bela Vista seguiram as condições estabelecidas pelas:

- NBR NM 26/2009 – Agregados: Amostragem;
- NBR NM 27/2001 – Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.

4 PANORAMA ATUAL DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO DISTRITO FEDERAL

Este capítulo visa analisar as práticas de gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil utilizadas no Distrito Federal. Dessa maneira, propõe-se diagnosticar o cenário atual de geração e gerenciamento desses resíduos, os quais são definidos, de acordo com a CONAMA n° 307/2002, como resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos.

Atualmente, a gestão integrada dos resíduos da construção civil e volumosos, no âmbito do Distrito Federal, não se encontra em conformidade com a Resolução CONAMA n° 307/2002. Esta delega aos Municípios e ao Distrito Federal a função de elaborar e implementar os Planos Municipais de Gestão de RCC, na tentativa de resolver o problema dos pequenos geradores. Além do mais, seu Artigo 11°, o qual teve a redação reformulada pela Resolução n° 448/2012, estabelece o prazo máximo de doze meses, a partir do dia da publicação da nova redação, para a elaboração desses Planos, os quais deverão ser implementados em até seis meses após sua publicação.

Tendo em vista que a Resolução n° 448 foi publicada no dia 18 de janeiro de 2012, o Distrito Federal encontra-se mais de um ano atrás do novo prazo estabelecido. Cabe ressaltar que o prazo inicial estipulado pela CONAMA n° 307/2002 para a elaboração e publicação do plano vencia em junho de 2003, ou seja, neste contexto, esse atraso aumenta para mais de uma década. Estes fatores podem ser indicados como um dos principais causadores do caos no panorama atual da gestão de RCC no DF, o qual será tratado em detalhes mais à frente.

Com o intuito de minimizar esse lapso, o Distrito Federal aprovou a Lei Distrital n° 4.704/2011, a qual dispõe sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos e dá outras providências. Esta lei estabelece em seu corpo a elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PIGRCC) e, de acordo com seu Artigo 18°:

Os resíduos da construção civil e os resíduos volumosos, após sua captação, devem ser triados, aplicando-se a eles, sempre que possível, processos de reutilização, desmontagem e reciclagem que evitem sua disposição final em aterro sanitário.

Conforme determinado pela Lei Distrital nº 4.704/2011, o Decreto nº 33.825/2012, instituiu o Comitê Gestor do PIGRCC. Através deste decreto o então governador do DF, Agnelo Queiroz, nomeou como Comitê Gestor a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal (SEMARH). A SEMARH informou que o PIGRCC do Distrito Federal já se encontra elaborado, faltando apenas entrar em vigor. A análise do panorama atual da gestão de RCC no Distrito Federal realizada abaixo baseia-se, principalmente, nos dados do PIGRCC fornecido cordialmente pela SEMARH para a realização deste estudo.

Por sua vez, o Decreto nº 33.445, de 23 de dezembro de 2011 aprova o Plano de Intervenção Técnico Político de Gestão dos Resíduos Sólidos no Distrito Federal e estabelece as ações de curto, médio e longo prazo a serem implantadas no âmbito do DF e entorno. Com a publicação desses dois Decretos e consequentes aprovações desses planos, o GDF espera potencializar a redução, reutilização e a reciclagem dos resíduos sólidos; a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis; a compostagem e a valorização energética dos rejeitos oriundos dos processos de triagem; a disposição final em aterros sanitários como último recurso; a regulação técnica e econômica dos prestadores de serviços públicos de limpeza com manejo de resíduos sólidos urbanos.

Além do mais, conforme o Relatório de Atividades de 2013 do Serviço de Limpeza Urbana (SLU), os governos de Goiás e do Distrito Federal assinaram contrato para o Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e de Goiás (Corsap). O acordo celebrado prevê a elaboração de uma política integrada para o gerenciamento dos resíduos sólidos, além de ajudar os municípios menores que não teriam condições de atender às exigências impostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Tabela 4.1 exibe a série histórica da remoção de entulho no Distrito Federal nos anos de 2002 a 2012, fornecidos pelo SLU.

Tabela 4.1 – Coleta anual de RCC pelo SLU (Relatório anual de atividades do SLU, 2012, *apud* FIGRCC, 2013).

ANO	TONELADAS DE RCC	COLETA (%)
2002	827.795	59,69
2003	834.387	59,44
2004	772.734	56,39
2005	735.804	54,20
2006	735.083	52,93
2007	824.962	55,93
2008	1.406.899	66,27
2009	1.451.683	66,02
2010	1.305.530	62,92
2011	1.192.960	59,76
¹ 2012	567.458	40,72

¹ A redução drástica observada entre os anos de 2011 e 2012 deve-se deve à exigência do Tribunal de Contas do DF (TCDF) de instalarem-se balanças rodoviárias nos Núcleos Regionais de Limpeza de Sobradinho e do Gama, como também no Aterro do Jóquei, para pesagem de todos os caminhões com resíduos de remoção (podas, resíduos volumosos e de construção civil), ao invés do controle anteriormente realizado (por viagem e tipo do caminhão).

Analisando a Tabela 4.1 a partir de 2003, prazo máximo estabelecido pela CONAMA nº 307/2002 para a concepção Planos Municipais de Gestão de RCC, percebem-se as consequências desse enorme atraso na implementação de uma política de gerenciamento integrado dos resíduos da construção civil e volumosos no Distrito Federal. Ao invés de diminuir com o passar dos anos, os volumes gerados mantiveram-se praticamente constantes até 2007 e, a partir de 2008, cresceram em quase 600.000 toneladas. Esse crescimento elevado deve-se, principalmente, ao aquecimento da economia no Distrito Federal, acompanhado de um acelerado crescimento imobiliário.

No ano de 2012, nota-se claramente uma redução na quantidade de RCC gerada. Entretanto, segundo o Relatório de Atividades de 2013 do SLU, isso se deve à exigência do Tribunal de Contas do DF (TCDF) de instalarem-se balanças rodoviárias nos Núcleos Regionais de Limpeza de Sobradinho e do Gama, como também no Aterro do Jóquei, para pesagem de todos os caminhões com resíduos de remoção (podas, resíduos volumosos e de construção civil), ao invés do controle anteriormente realizado (por viagem e tipo do caminhão). Ainda segundo esse relatório, novas balanças rodoviárias com as respectivas

impressoras de aferição de pesagem serão instaladas no Aterro Sanitário de Samambaia, em construção, como também no Núcleo Regional de Limpeza de Brazlândia (NUBRA). Para evitar engarrafamentos de veículos na entrada dos aterros, em 2012, foram priorizados caminhões com resíduos domiciliares, o que fez com que nem todos os RCC fossem pesados, explicando a redução.

Anteriormente a 2012, a metodologia para estimarem-se as quantidades de RCC geradas era baseada na quantidade e tipo dos veículos contratados para despejar o RCC, ou seja, contabilizavam-se 6 toneladas por caminhão toco e 11 toneladas por caminhão trucado. Isso devia-se à falta de balanças no Aterro do Jóquei, o que impossibilitava a pesagem dos caminhões com resíduos domiciliares ou com resíduos de remoção. Com a instalação de balanças no aterro, há expectativa de que as quantidades geradas a partir de 2013 aumentem, em relação a 2012.

Essas análises acima expõem uma das maiores dificuldades em se estabelecer uma estimativa sobre a geração e caracterização de RCC, a qual reside no fato de as informações disponíveis atualmente serem obtidas através de metodologias de pesquisa distintas. De modo geral, há a dificuldade de estabelecerem-se estimativas não apenas da geração, mas também do tratamento e da disposição final para as regiões e também em nível nacional.

Outro ponto crítico na gestão de RCC no Distrito Federal é a sua destinação final ilegal. A falta de conhecimento da população, associada à falta de fiscalização pelo poder público que coíba esse tipo de ação, possibilitam o descarte indevido em locais chamados de “bota-fora”. Neste contexto, atualmente, estima-se que 40% da quantidade de RCC, depositada no Aterro do Jóquei, é retirada de cerca de 600 pontos clandestinos de conhecimento da população e tradicionais no DF. A localização das áreas pode ser vista na Figura 4.1 abaixo.

O exame minucioso do mapa abaixo permite observar que os pontos de destinação ilegal espalhados pelo DF estão diretamente relacionados à renda média domiciliar. As regiões com renda de até três salários mínimo (representadas pela cor rosa mais clara, conforme a legenda) são as que apresentam a maior densidade de pontos de “bota-fora”, seguidas pelas regiões com renda de três a cinco salários mínimos. As regiões com renda média domiciliar acima de 30 salários mínimo apresentam apenas três pontos clandestinos, todos localizados ao final do Lago Norte.

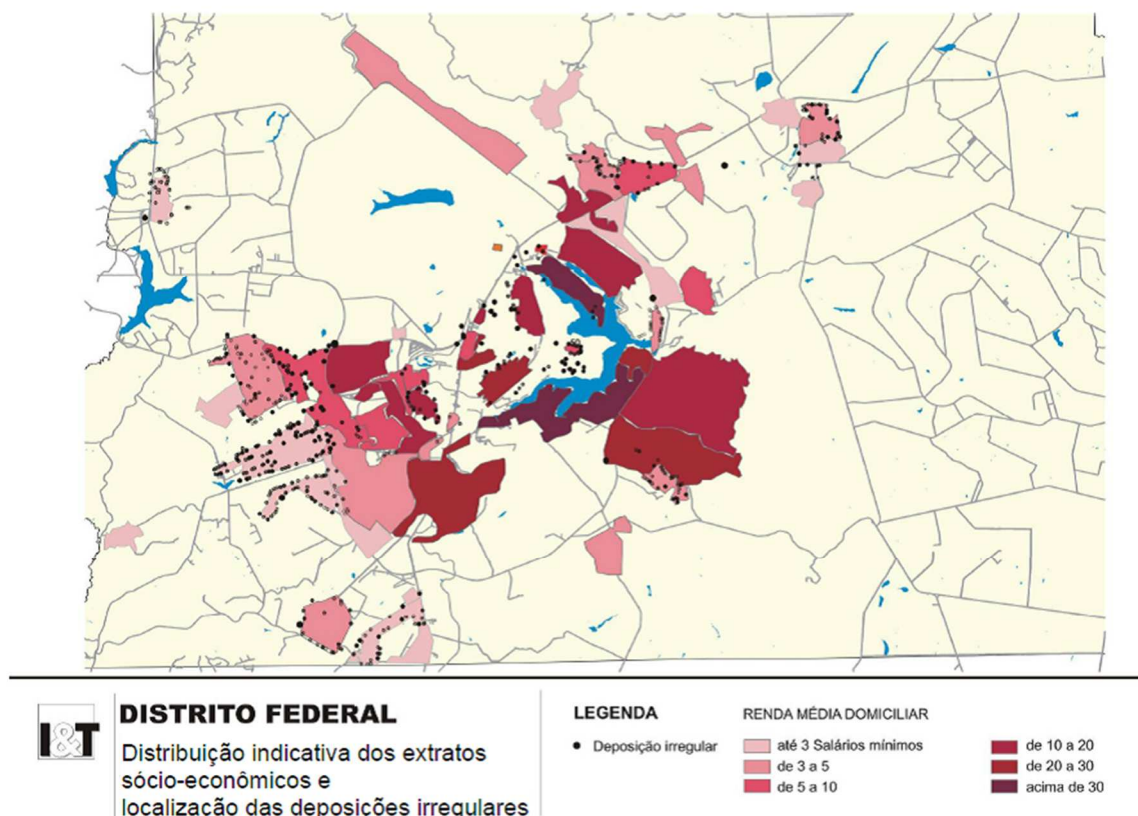


Figura 4.1 – Áreas de “bota-fora” no DF (I&T Informações Técnicas, 2008, *apud* PIGRCC, 2013).

Os resíduos são despejados à luz do dia e à vista de todos, causando danos tão intensos em alguns lugares aqui do DF que a vegetação nativa do cerrado desapareceu. Analisando a Figura 4.1, nota-se que a região Oeste do Distrito Federal apresenta a maior concentração de “bota-fora”. A cidade de Samambaia é a grande campeã de pontos clandestinos para destinação final de RCC, seguida da Ceilândia, do Recanto das Emas, de Santa Maria e Taguatinga, assim em ordem decrescente. Nas regiões Norte e Nordeste do DF, é possível observar três principais áreas utilizadas para o descarte ilegal, situadas nas cidades de Sobradinho I e II (Norte) e Planaltina (Nordeste).

Em Brasília, os pontos ilegais de descarte ocorrem, principalmente, na região dos Setores de Clube Norte e Sul. Segundo reportagem do Correio Braziliense “Entulho da construção civil invade a capital e destrói o meio ambiente” (2013), flagraram-se depósitos irregulares também no Setor Militar Urbano e Setor de Oficinas Norte. Outros pontos estão situados ao lado de cartões postais de Brasília como o Centro Cultural Banco do Brasil.

O RCC destinado aos “bota-fora” tem sua origem, principalmente, em pequenas obras e reformas, as quais geram pouco volume, coletado posteriormente por automóveis particulares ou por carroceiros. Dessa forma, a atividade de carroceiros torna-se uma importante fonte de renda para as famílias de trabalhadores das regiões com altas concentrações de “bota-fora”. Neste âmbito, a Figura 4.2 apresenta os três principais descartadores de RCC para a remoção pública realizada pelo SLU.

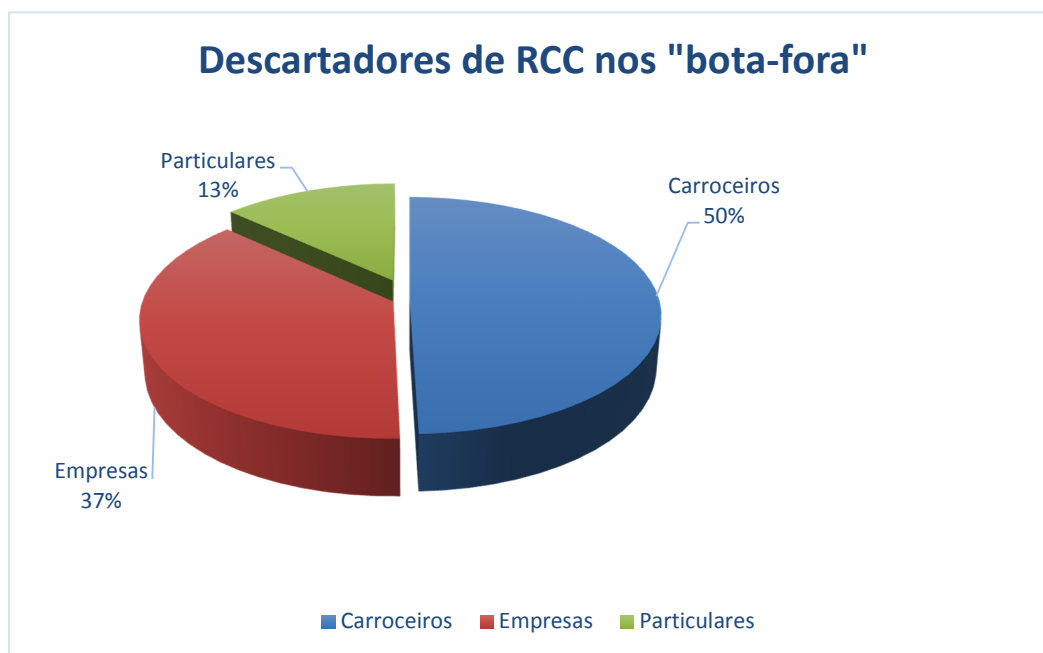


Figura 4.2 – Principais geradores de RCC nos "bota-fora" (SLU e I&T, 2008, *apud* PIGRCC, 2013).

O quadro apresentado acima pela Figura 4.2 mostra que cerca de 50% do volume deve-se à atividade de carroceiros, respaldando o impacto que os carroceiros exercem nos pontos clandestinos espalhados ao longo do DF. No entanto, cabe destacar o alto percentual (37%) de responsabilidade das empresas especializadas na coleta de RCC.

Ainda de acordo com as informações disponíveis no PIGRCC do DF, o qual ainda aguarda para ser publicado, o SLU divulgou que, das 6.500 toneladas diárias de RCC recebidas no Aterro do Jóquei, somente 1.500 procedem dos contratos de prestação de serviços do SLU. Dessa forma, as outras 5.000 t/dia derivam de empresas particulares de recolhimento de entulhos. De acordo com o SLU, cerca de 13 milhões de reais são gastos por ano para coletar o entulho dos “bota-fora”. A Tabela 4.2 apresenta os custos da coleta mecanizada e manual realizada pelo SLU, entre os anos de 2010 e 2012.

Tabela 4.2 – Gastos com a coleta de entulhos (Relatório anual de atividades do SLU, 2012, *apud* FIGRCC, 2013).

ANO	COLETA MANUAL (R\$)	COLETA MECANIZADA (R\$)	TOTAL (R\$)
2010	3.421.488,49	26.255.350,22	29.676.838,71
2011	3.516.631,16	20.872.356,02	24.388.987,18
2012	501.539,35	12.437.235,42	12.938.774,77

A Tabela 4.2 apresenta uma queda acentuada (cerca de 12 milhões de reais) nas quantidades e custos observados no ano 2012 em relação ao de 2011. Conforme explicado anteriormente na Tabela 4.1, isto se deve às novas exigências do Tribunal de Contas do DF (TCDF).

A Figura 4.3 abaixo representa uma estimativa realizada pelo SLU em parceria com Informações e Técnicas Gestão de Resíduos (I&T) da tipologia dos resíduos encontrada nesses depósitos clandestinos ao redor do Distrito Federal. Esses percentuais são obtidos através da média mensal de remoção de entulhos em depósitos clandestinos pelo SLU.

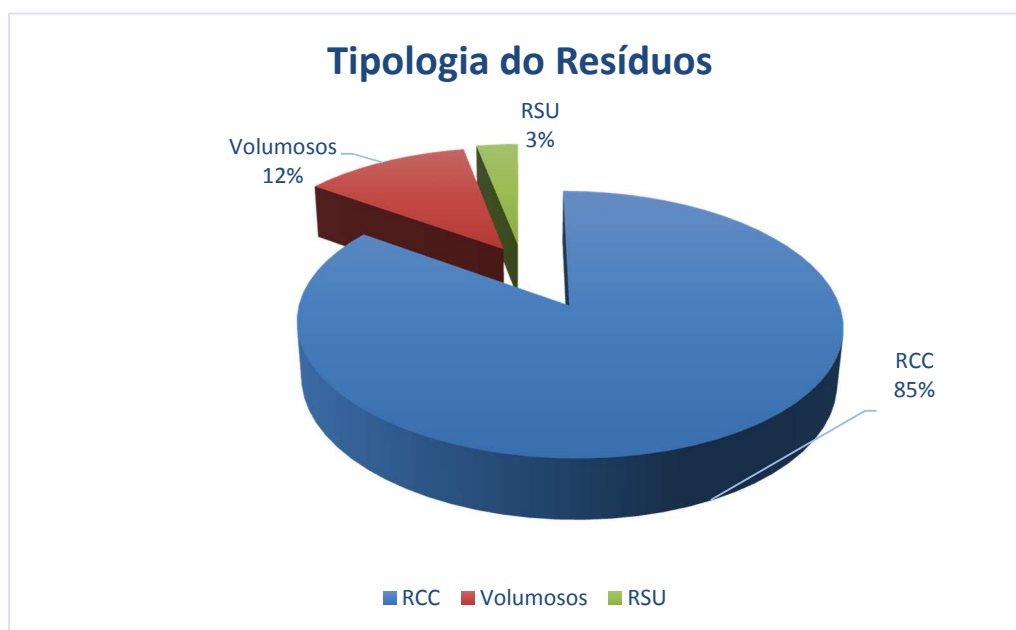


Figura 4.3 – Tipologia dos resíduos encontrada nos "bota-fora" (SLU e I&T, 2008, *apud* FIGRCC, 2013).

Através da Figura 4.3, percebe-se os impactos que a má gestão dos RCC causa: cerca de 2.600 toneladas de RCC são depositadas por dia nesses depósitos irregulares. Essa

quantidade representa 85% do volume total coletado, o que evidencia mais uma vez os enormes impactos que as atividades da Indústria da Construção Civil causam na geração de resíduos sólidos.

Em relação ao Plano de Intervenção Técnico Político de Gestão dos Resíduos Sólidos no Distrito Federal, este engloba ações para reestruturar infraestrutura de coleta, tratamento e destinação final nos seguintes campos de ação: Aterro Oeste; Centros de Triagem; Áreas de Transbordo, Triagem e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição; Programa de Coleta Seletiva; Ecopontos; Postos de Entrega Voluntária; Unidades de Tratamento de Resíduos; Remediação do Aterro da Estrutural e Polo de Reciclagem.

Conforme o Relatório de Atividades de 2013 do SLU, as etapas de Encerramento e recuperação do Aterro do Jóquei, Implantação de Ecopontos, Construção de áreas de transbordo e triagem, dentre outras, não obtiveram o financiamento necessário para a execução, muito embora os trâmites processuais tenham sido todos cumpridos. A Tabela 4.3 abaixo apresenta os valores dos financiamentos requeridos para implementação de cada uma das ações citadas.

Tabela 4.3 – Financiamento necessário, autorizado e liquidado (Relatório de Atividades de 2013 do SLU).

AÇÃO/TÍTULO	DOTAÇÃO INICIAL (R\$)	AUTORIZADO (R\$)	LIQUIDADO (R\$)
Encerramento e recuperação do Aterro do Jóquei	10.000	0	0
Implantação de Ecopontos	1.870.666	0	0
Construção de áreas de transbordo e triagem	7.000.000	0	0

Segundo esse relatório, houve um contingenciamento e posterior cancelamento de recursos orçamentários por parte da Secretaria de Planejamento. O estabelecimento de teto orçamentário, insuficiente para atender o valor previsto nos projetos, a indefinição sobre as áreas para instalação de equipamentos públicos, os diversos questionamentos sobre as planilhas orçamentárias nos projetos básicos das licitações pelos Órgãos de controle externo e interno, bem como os recursos interpostos pelas empresas participantes dos certames

licitatórios são entraves para um melhor desenvolvimento dos projetos propostos pela direção técnica do SLU.

Os dados e análises realizadas acima acerca do panorama da gestão no DF, demonstram o alto custo envolvido e o impacto devido à ausência de áreas de descarte adequadas. Em virtude desse quadro, espera-se que o Plano Integrado de Resíduos Sólidos do Distrito Federal preencha de maneira eficaz a lacuna existente em estratégias que disciplinem a gestão desses resíduos.

As metas devem priorizar a redução das quantidades de resíduo geradas, além de incentivar práticas de reutilização e reciclagem destes, promovendo, assim, o adequado gerenciamento, a ampliação dos serviços de processamento e a reciclagem dos RCC. Como consequência, espera-se reduzir os gastos públicos na correção de deposições irregulares e promover medidas que não se ancorem exclusivamente no aterramento para a recuperação de áreas degradadas.

Para atingir com sucesso estes objetivos, é necessário, entre outras medidas, oferecer treinamentos aos gestores do DF e aos geradores particulares, além de implementar um sistema de divulgação das experiências de sucesso.

5 PLANO INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E RESÍDUOS VOLUMOSOS – PIGRCC

Esta seção apresenta de maneira detalhada os pontos de destaque do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Volumosos do Distrito Federal desenvolvido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. O PIGRCC do DF foi elaborado em dezembro de 2013 e aguarda pela sua publicação. Mais uma vez, destaca-se a solicitude da SEMARH em fornecer o PIGRCC, mesmo que não publicado, para o estudo aqui desenvolvido.

O PIGRCC tem como principais objetivos:

- Destinação adequada dos grandes volumes;
- Preservação e controle do aterro sanitário;
- Destinação facilitada de pequenos volumes;
- Melhoria da limpeza urbana;
- Preservação ambiental;
- Melhoria da paisagem urbana;
- Incentivo a parcerias;
- Incentivo à presença de novos agentes de limpeza e fiscalização;
- Incentivo à redução na fonte;
- Redução de custos públicos.

Em virtude disso, o PIGRCC deve ser implementado com o intuito de atender os dois principais quadros de geração citados no Capítulo 4 (Panorama Atual dos Resíduos da Construção Civil no Distrito Federal). Em consequência, divide a gestão de RCC da seguinte maneira:

- Programa Distrital de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – pequenos geradores (volume menor que um metro cúbico);
- Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – demais geradores (volume maior que um metro cúbico).

O Programa Distrital de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil é um serviço público que visa tratar do recebimento de pequenos volumes (até 1 m³). Assim, seu objetivo principal é atender os habitantes locais, pequenos geradores, no recebimento de pequenos volumes de RCC.

Em relação à gestão privada, o PIGRCC define que os grandes geradores (maiores que 1 m³) são responsáveis pelo gerenciamento dos seus resíduos, desde a geração até a disposição final. Portanto, essa categoria de gerador deve elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, de acordo com a determinação da Resolução CONAMA 307/2002 e suas alterações.

A Figura 5.1 abaixo apresenta um esquema das responsabilidades de cada gerador.

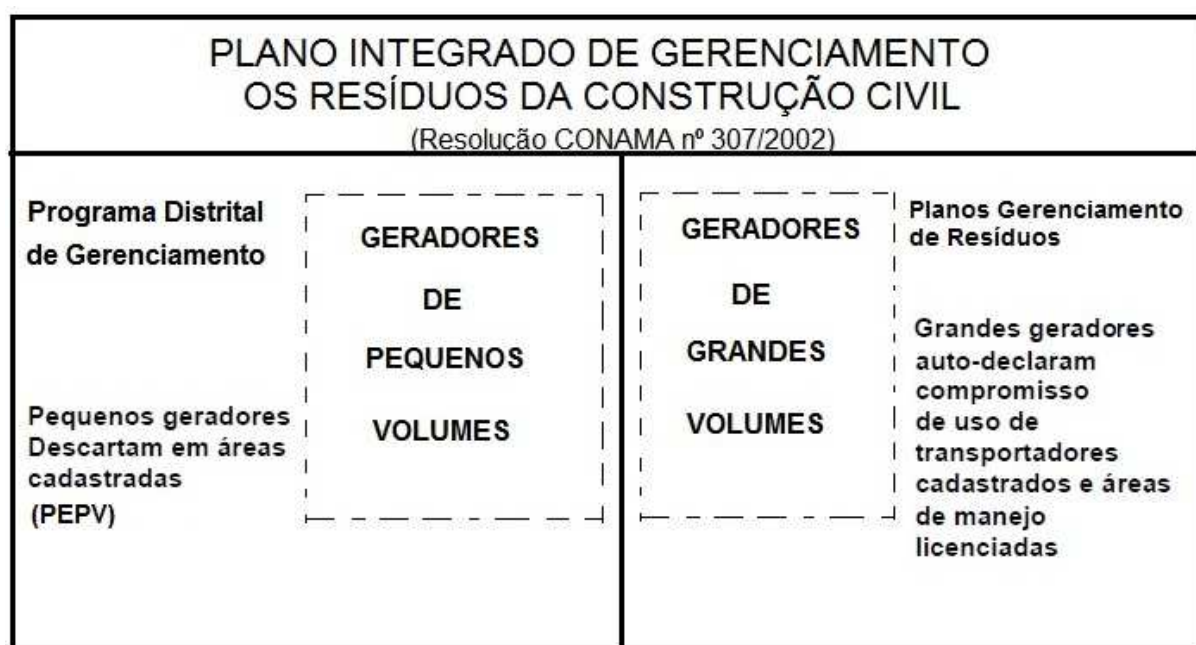


Figura 5.1 – Responsabilidades de pequenos e grandes geradores de RCC (I&T Informações Técnicas, 2008, *apud* PIGRCC, 2013).

A Figura 5.1 apresenta as estratégias nas quais o gerenciamento deve ser executado. O sistema para geradores de pequenos volumes deve ser subsidiado pelo Poder Público e consiste em Pontos de Entrega para Pequenos Volumes (PEPV), também conhecidos como Ecopontos. Já o sistema para geradores de grandes volumes deve ser financiado pelo setor privado e baseia-se em Áreas de Transbordo, Triagem e Reciclagem (ATTR) e nas Áreas para Aterros de Inertes (ATI). Conforme citado anteriormente, as construções dos PEPV e das

ATTR e ATI não obtiveram o financiamento necessário para a execução, muito embora os trâmites processuais tenham sido todos cumpridos.

5.1 PONTOS DE ENTREGA PARA PEQUENOS VOLUMES (PEPV)

Conforme o PIGRCC, está prevista a disponibilização, pelo SLU, de 100 PEPV ou Ecopontos, em parceria com a Coordenadoria das Cidades, sendo 30 implantados até o final de 2014, e os 70 restantes no ano de 2015. Entretanto, até a elaboração do Relatório de Atividades de 2013 a verba necessária para a construção desses pontos não havia sido liberada. Além de serem utilizados para a triagem de resíduos recebidos, o objetivo desses Ecopontos é oferecer pontos de entrega voluntária nas mais diferentes localidades do DF, substituindo, assim, os 600 pontos irregulares existentes atualmente na região. A distribuição dos PEPV pode ser observada na Figura 5.2 abaixo.

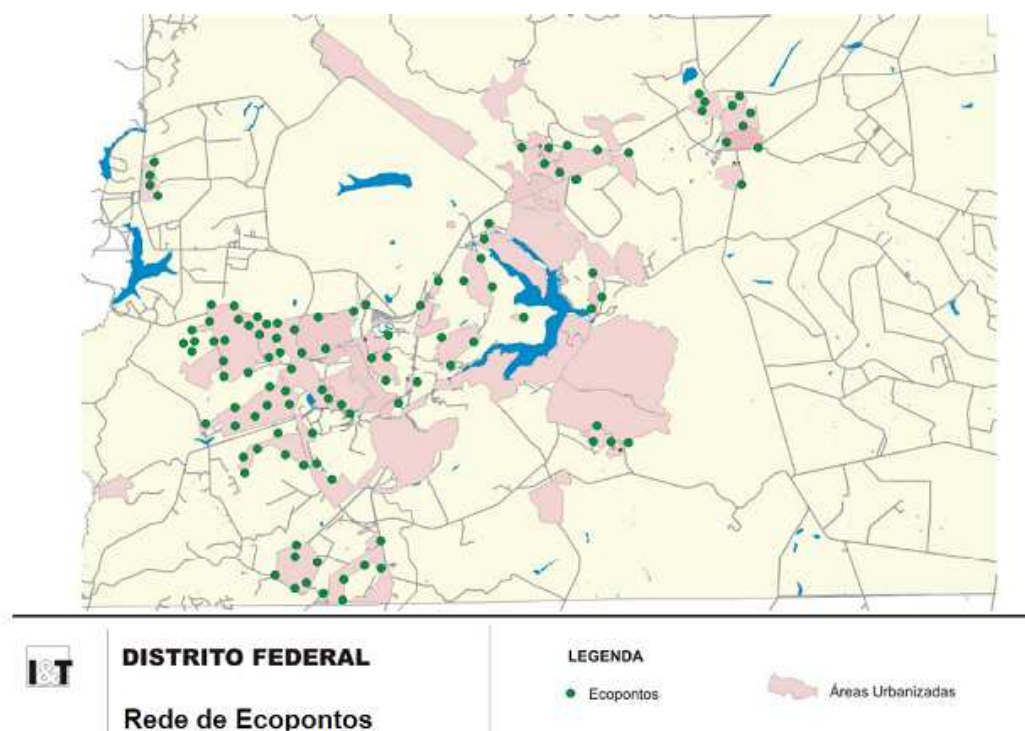


Figura 5.2 – Localização das áreas para PEPV (I&T Informações Técnicas, 2008, *apud* PIGRCC, 2013).

Pela Figura 5.2, é possível observar que a distribuição geográfica dos Ecopontos baseia-se nas áreas de maior concentração de “bota-fora”, apresentada na Figura 4.1. Em

virtude disso, os PEPV localizam-se, principalmente, na região Oeste do Distrito Federal, nas cidades de Samambaia, Ceilândia, Recanto das Emas, Santa Maria e Taguatinga. Nas regiões Norte e Nordeste, eles se concentram em Sobradinho, Sobradinho II e Planaltina. Em Brasília, notam-se alguns Ecopontos, também localizados de acordo com as áreas de descarte ilegal observadas na Figura 4.1.

Segundo o PIGRCC, as áreas dos PEPV devem ser cercadas e dotadas de uma guarita com vigia. Caçambas estacionárias de 5 m³ receberão até 1 m³ de entulho e resíduos volumosos por entrega. Foram adotados três modelos distintos de PEPV, Ecopontos, com intuito de atender não apenas a demanda, mas também as características dos resíduos de cada região. As Figuras 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam cada uma das tipologias adotadas.

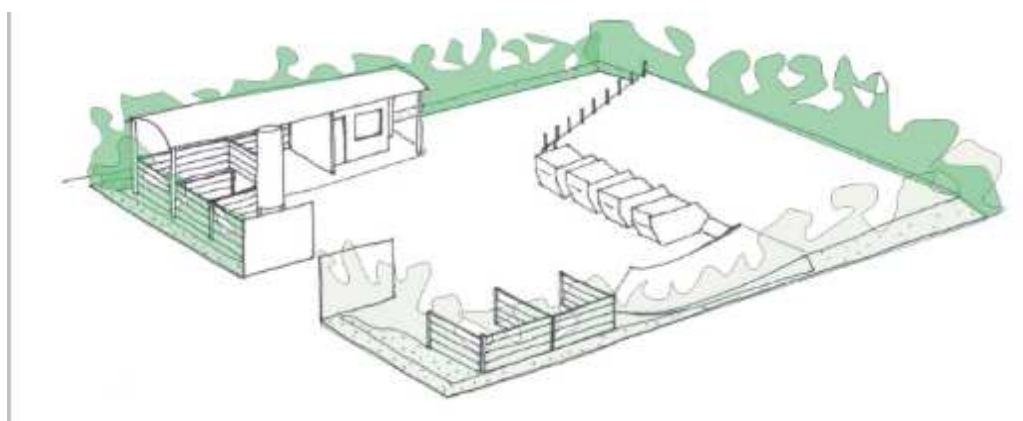


Figura 5.3 – Tipologia 1, 600 m² (PIGRCC, 2013).

Conforme a Figura 5.3 acima, a Tipologia 1 ocupa um espaço de 600 m². O ecoponto apresenta quatro caçambas estacionárias para a destinação de resíduos densos, no entanto, seis caçambas podem ser utilizadas devido à previsão de grandes demandas. O descarte de podas será realizado no espaço platô, enquanto os resíduos volumosos serão destinados em baias. Serão adotadas duas baias para eventual apoio à coleta seletiva, além de um escritório com banheiro.



Figura 5.4 – Tipologia 2, 800 m² (PIGRCC, 2013).

Conforme a Figura 5.4 acima, a Tipologia 2 ocupa um espaço de 800 m² e deve ser implantada nos Distritos Regionais. O ecoponto apresenta quatro caçambas estacionárias para a destinação de resíduos densos, no entanto, seis caçambas podem ser utilizadas devido à previsão de grandes demandas. O descarte de podas será realizado no espaço platô, enquanto os resíduos volumosos serão destinados em baias. Serão adotadas duas baias para eventual apoio à coleta seletiva, além de um escritório com banheiro e uma sala para educação ambiental.

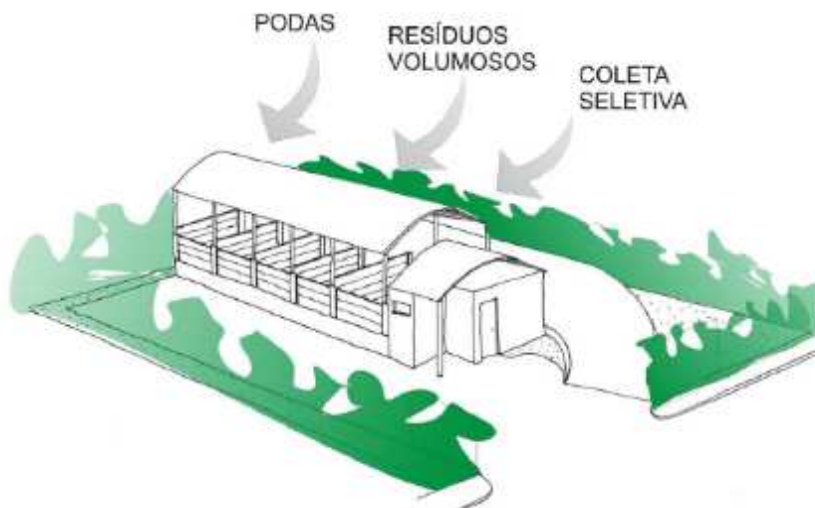


Figura 5.5 – Tipologia 3, 400 m² (PIGRCC, 2013).

Conforme a Figura 5.5 acima, a Tipologia 3 ocupa um espaço de 400 m² e deve ser implantada, prioritariamente, no Plano Piloto e demais regiões com baixa densidade de destinação final ilegal de RCC classe A. O ecoponto apresenta baias cobertas para o descarte

de resíduos volumosos, podas e eventual apoio à coleta seletiva. Assim como as outras duas tipologias, possui um escritório com banheiro.

O fluxograma de operação dos ecopontos segue a lógica descrita na Figura 5.6 abaixo.

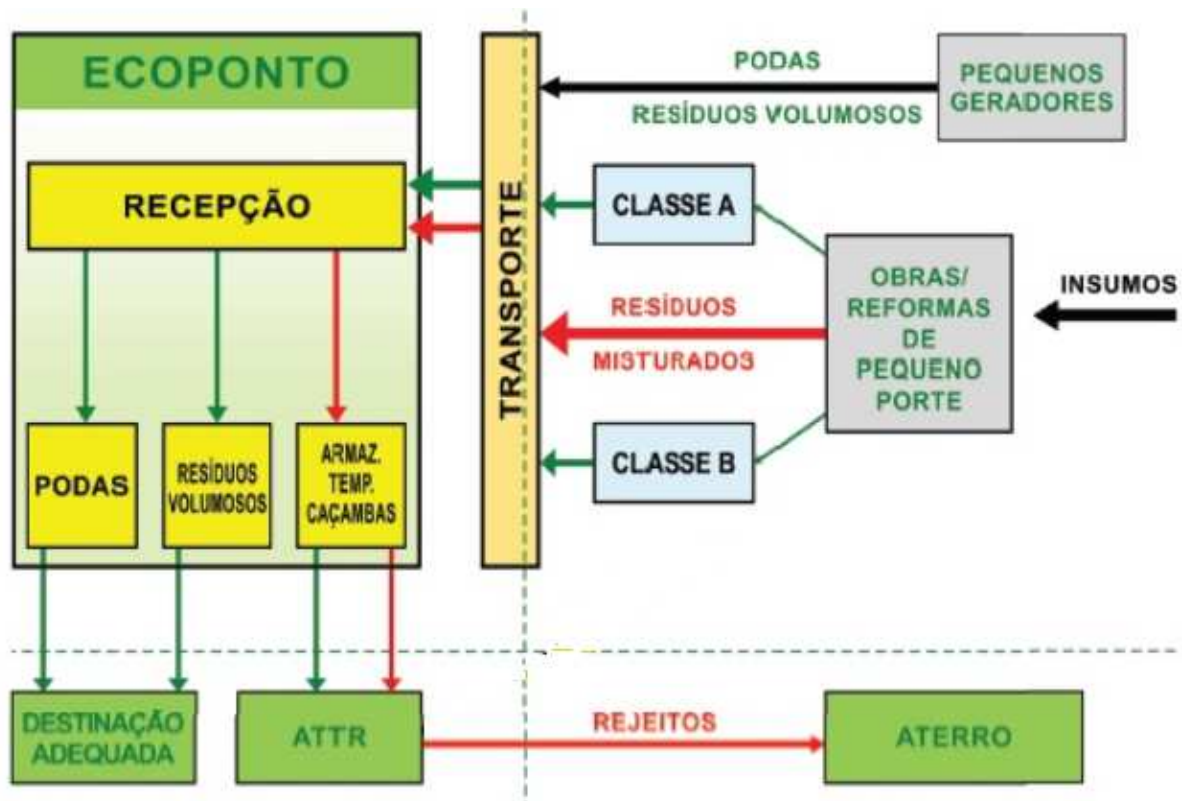


Figura 5.6 – Fluxograma de operação dos ecopontos (PIGRCC, 2013).

De acordo com PIGRCC, fica a cargo do SLU a função de coletar os resíduos destinados aos ecopontos e, assim, realizar a correta destinação dos mesmos. A destinação baseia-se na Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações, seguindo a lógica da Tabela 5.1 abaixo.

Tabela 5.1 – Alternativas de destinação dos RCC (PIGRCC, 2013).

TIPO DE RCC	ALTERNATIVA DE DESTINAÇÃO
Classe A	<ul style="list-style-type: none">• Áreas de Transbordo, Triagem e Reciclagem – ATTR;• Após a triagem e reciclagem, recomposição topográfica ou aterro de inertes;• Comercialização por empresas privadas.
Classe B	<ul style="list-style-type: none">• Cooperativas de reciclagem do DF;• Comercialização da madeira triada.
Classe C	<ul style="list-style-type: none">• Armazenamento, transportados e destinados conforme normas técnicas específicas.
Classe D	<ul style="list-style-type: none">• Encaminhamento a empresas que tratam dos resíduos perigosos para tratamento e disposição final.

5.2 ÁREAS DE TRANSBORDO, TRIAGEM E RECICLAGEM (ATTR)

Segundo o PIGRCC, a implantação de ATTR visa atender a disposição de grandes volumes – volumes maiores que 1 m³ – de responsabilidade privada e encaminhados pelo SLU. Nessas áreas serão realizadas a triagem e posterior reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil. Cada ATTR deverá seguir as normas técnicas vigentes na implementação de suas instalações e equipamentos. Além do mais, essas áreas deverão ser protegidas com cercas vivas e dotadas de guaritas, disponibilizando todos os equipamentos necessários à higiene e segurança do trabalho, assim como os de proteção ao meio ambiente. A Figura 5.7 abaixo apresenta o esquema que as ATTR deverão atender.

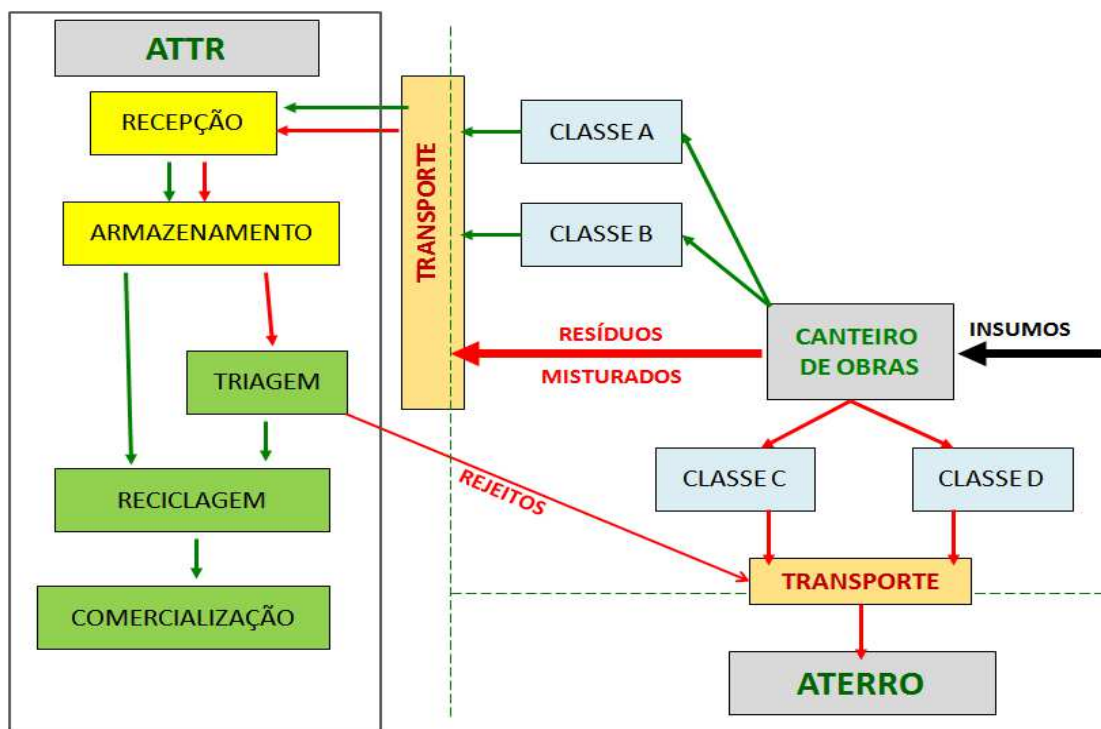


Figura 5.7 – Modelo de ATTR (PIGRCC, 2013).

A análise do modelo de ATTR acima possibilita entender a logística dessas futuras áreas. Como cita o PIGRCC, elas deverão ser preparadas com a definição de um pátio de trabalho contíguo, que permita a operação do equipamento e a transformação do resíduo classe A, triado, em produtos (resíduo classe A processado, por peneiramento ou trituração, mas com granulometria uniforme). Deve ser previsto um espaço para estoque de 6 meses de recebimento de RCC.

Os resíduos coletados pelo SLU tanto nos PEPV, quanto nas áreas de deposição irregulares que ainda existam, deverão ser encaminhados às ATTR, assim como os resíduos coletados pelas empresas transportadoras e os gerados nos canteiros de obras (grandes geradores).

De acordo com o PIGRCC, foram estabelecidas sete áreas de influência apresentadas na Figura 5.8, baseando-se nas concentrações espaciais dos “bota-fora”. Cada uma dessas áreas visa atender um conjunto de localidades, procurando evitar um deslocamento maior do que 20km entre a ATTR e os atuais pontos de destinação ilegal. Ainda conforme o plano, já foram pré-estabelecidas seis áreas públicas para a implantação das ATTR, e vistorias de técnicos e de diversos órgãos do Governo do Distrito Federal já foram realizadas nessas áreas.

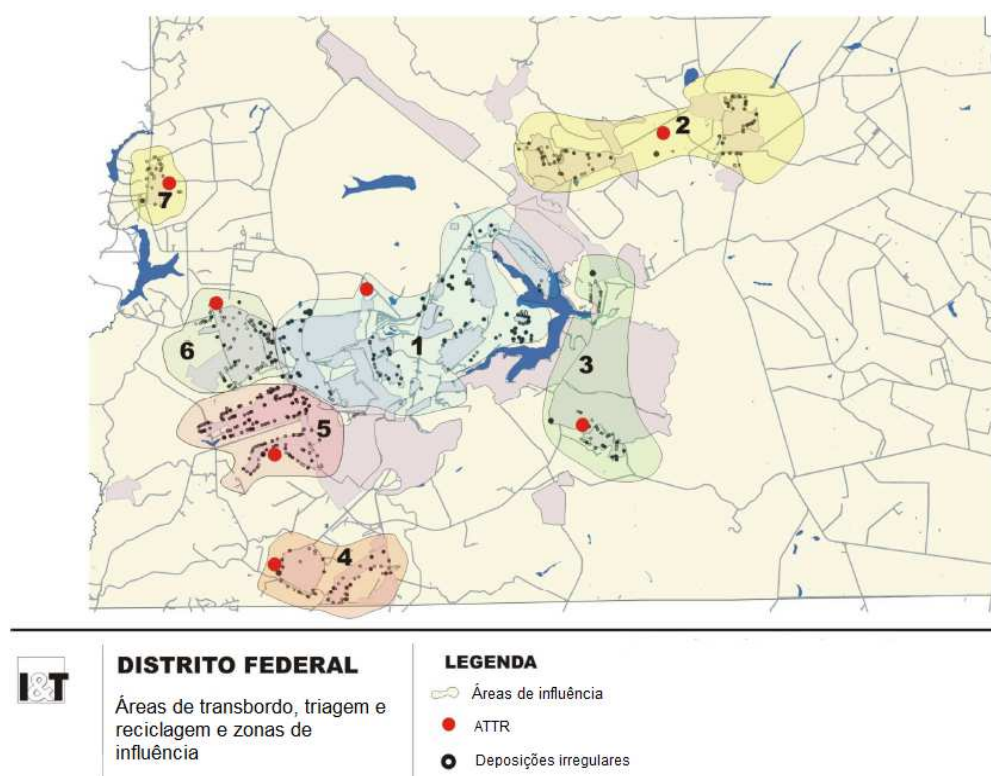


Figura 5.8 – Localização das áreas de influência (I&T Informações Técnicas, 2008, apud FIGRCC, 2013).

Conforme a Figura 5.8, cada região de influência possui uma área interna de cerca de 4.000 m². Essas regiões referem-se a cada Região Administrativa de acordo com a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Áreas de influência e respectivas Regiões Administrativas.

ÁREA	REGIÕES ADMINISTRATIVAS
1	Águas Claras, Brasília, Candangolândia, Cruzeiro, Estrutura, Guará I e II, Lago Norte, SIA, Sudoeste/Octogonal, Taguatinga, Varjão e Vicente Pires.
2	Planaltina, Sobradinho I e II.
3	Lago Sul, Paranoá, São Sebastião.
4	Gama e Santa Maria.
5	Núcleo Bandeirante, Recanto das Emas, Riacho Fundo I e II e Samambaia.
6	Ceilândia e Taguatinga.
7	Brazlândia.

As ATTR deverão apresentar a capacidade mínima de processar 50 toneladas de RCC por hora, processando cerca de 1,2 milhão de tonelada de RCC anualmente. O PIGRCC apresenta o estudo de viabilidade econômica da implantação das ATTR no DF realizado pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA). De acordo com este, mantendo-se a taxa interna de retorno em 8,0% e variando-se as quantidades totais processadas por ano e os valores pagos por tonelada de material processado, o tempo de retorno do investimento variou entre 2 e 4 anos.

Este estudo apresenta, então, que uma ATTR tem o potencial de sustentabilidade econômica, muito embora seu principal objetivo seja a preservação ambiental. Espera-se que neste período simulado, as empresas recicladoras de RCC já tenham um mercado mais amplo para a recepção de resíduos e venda do agregado reciclado, uma vez que o PIGRCC estipula o uso de um percentual mínimo de agregados reciclados nas obras públicas.

5.3 ÁREAS PARA ATERRO DE INERTES (ATI)

De acordo com Resolução CONAMA n° 307/2002 e suas revisões, são considerados resíduos inertes os RCC Classe A, os quais apresentam um grande potencial de serem reciclados. Conforme o PIGRCC, estão previstas três áreas para ATI, com dimensões variando entre 8 e 10 mil m². A primeira área selecionada, e já em operação, fica compreendida entre as cidades de Santa Maria e do Gama. As outras duas localizar-se-ão nas regiões Norte/Nordeste e Oeste do Distrito Federal.

O PIGRCC estipula que as ATI serão equipamentos exclusivamente públicos, os quais, mediante remuneração apropriada, poderão receber resíduos privados para estocagem provisória ou deposição final ambientalmente adequada. No entanto, o intuito principal dessas áreas é armazenar o material originado da reciclagem dos RCC Classe A até a sua reentrada no mercado como produtos a serem comercializados.

Para obter-se sucesso no gerenciamento dos resíduos da construção proposto pelo PIGRCC, a implantação tanto das PEPV, quanto das ATTR e ATI, necessita-se de um acompanhamento ambiental eficiente. Dessa forma, será criado o Programa de Informação Ambiental com o intuito de promover o reconhecimento das áreas de descarte perante os principais geradores de resíduos, além de expor as ações voltadas à redução, reciclagem e

reutilização dos RCC. Este programa será coordenado pela SEMARH e capaz de mobilizar os diversos agentes sociais envolvidos.

Segundo o PIGRCC, as principais ações a serem desenvolvidas neste programa são:

- Informação massiva junto aos pequenos geradores e coletores sobre as opções (Ecopontos e Disque Coleta) para correta disposição de resíduos nas diversas localidades do Distrito Federal;
- Informação ao solicitante de alvará de construção;
- Guia de orientação aos profissionais do ramo da construção civil;
- Informação no sítio eletrônico do Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Distrito Federal – SINDUSCON – DF;
- Cartazes informativos nas lojas de materiais de construção;
- Informação dirigida às instituições públicas e privadas com potencial multiplicador (escolas, igrejas, clubes, associações e outras);
- Informação concentrada junto aos grandes agentes coletores e geradores, incluindo o contato com novas alternativas para redução e valorização de resíduos;
- Orientação aos operadores das Áreas de Transbordo, Triagem e Reciclagem;
- Realização de atividades de caráter técnico para disseminação de informações relacionadas à utilização de agregados reciclados na construção civil.

5.4 SISTEMAS DE CONTROLE DE MOVIMENTAÇÃO DE RCC

A Lei Distrital nº 4.704/2011 estabelece que os resíduos da construção civil devem ter um sistema de controle de movimentação padronizado. A lei vai além e define em seu Artigo 3º, Inciso VI, o Controle de Transporte de Resíduos (CTR), documento emitido pelo transportador de resíduos, em formato padronizado pelo Poder Executivo, que declara gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino. Dessa forma, conforme o PIGRCC, espera-se que o CTR auxilie para aumentar as ações de fiscalização e controle, bem como para quantificar, classificar e gerar, tanto dados estatísticos, quanto indicadores que permitam identificar as áreas prioritárias com relação à demanda por serviços públicos relacionados aos RCC.

Com o objetivo de obter maior controle no recebimento dos RCC nos PEPV e ATTR, a lei em questão assim trata dos grandes geradores em seu Artigo 10º, Parágrafo 5º, Inciso III:

Especificar, quando contratantes de serviços de transporte, triagem e destinação de resíduos, em seus Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, os agentes responsáveis por essas etapas, definidos entre os agentes licenciados pelo Poder Executivo, e manter, no local da obra, comprovação da destinação dos resíduos por meio do CTR.

O referido artigo define no Parágrafo 8º que os formulários CTR preenchidos com dados discordantes daqueles expressos no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil apresentado ao órgão licenciador não serão considerados válidos para efeito de fiscalização.

De acordo com o PIGRCC os modelos padrões dos formulários CTR devem ser definidos pelo SLU do Distrito Federal e, para essa finalidade, poderá ser utilizado o modelo de formulário padronizado que consta no Manual para Implantação do Sistema de Gestão de Resíduos de Construção Civil em Consórcios Públicos, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, em 2010, tendo como base o Anexo A da ABNT NBR 15.112/2004. O modelo para o CTR encontra-se no Anexo A deste trabalho.

Além do mais, segundo o PIGRCC, gerador, transportador e destinatário são corresponsáveis e deverão comprovar a destinação em locais adequados (PEPV, ATTR ou ATI) ou apresentar documentos que comprovem a contratação com transportadoras cadastradas, caso contrário, poderão ser multados pelo Poder Público.

O PIGRCC delega ao SLU a função de elaborar Relatório Mensal Consolidado de Movimentação de Resíduos da Construção e Demolição, a partir dos relatórios mensais recebidos dos transportadores para posterior encaminhamento ao Comitê Gestor do PIGRCC, além de manter arquivadas as CTR pelo período de cinco anos.

Atualmente, não existe um sistema de controle apropriado que promova um monitoramento remoto eficiente, com rastreabilidade e informatizado. Em virtude disso, o PIGRCC apresenta duas possibilidades para superar esse entrave:

1. Utilização de chips, que serão instalados nos veículos e caçambas (para maiores volumes) e nas carroças e animais (que transportam volumes menores), lembrando que, para a eficácia e bom funcionamento desta técnica, é necessária a instalação e operação de uma central para controle e monitoramento das atividades dos transportadores e coletores.

2. Utilização de celulares adaptados, com aplicativos desenvolvidos especificamente para o monitoramento das rotas de transporte, os quais serão acionados pelos próprios condutores, por meio de mecanismos simplificados. Os aparelhos serão distribuídos a todos os

transportadores dos resíduos (motoristas e carroceiros). Além disso, as caçambas e os veículos de tração animal serão identificados com numeração visível, para facilitar a averiguação, em caso de disposição irregular.

Para integralizar a CTR a um rastreamento por chip ou celular, faz-se necessária a elaboração de uma central de controle e monitoramento das informações pelo SLU. Assim sendo, esse sistema de informações deve integrar-se com o Sistema Distrital de Informações sobre a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos.

5.5 AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO

As ações de fiscalização pelo poder público são fundamentais para a eficácia do PIGRCC, atuando de modo a coibir o descarte indevido em pontos clandestinos e fiscalizar todos os agentes geradores. Assim, em um primeiro momento, essas ações devem permitir a adequação gradual do atual panorama na gestão dos RCC ao PIGRCC. Após essa fase, devem assegurar o total cumprimento do PIGRCC.

Segundo Plano Integrado de Gestão dos RCC, as principais ações de fiscalização contidas no Programa de Fiscalização são:

- Fiscalizar a adequação de todos os agentes coletores às normas do novo sistema de gestão, inclusive seu cadastro nos órgãos competentes;
- Fiscalizar a ação dos geradores, inclusive quanto ao correto uso dos equipamentos de coleta, de forma que eles não repassem aos coletores responsabilidades que não lhes competem;
- Coibir a continuidade de operação de antigos “bota-fora” e o surgimento de outras áreas para a deposição de RCC não licenciadas e incompatíveis com o novo sistema de gestão;
- Estabelecer instrumentos de registro sistemático das ações de fiscalização e controle empreendidas de maneira a tornar possível a avaliação periódica da sua eficácia e aperfeiçoamento;

- Para as obras de maior porte, as quais requerem a gestão de grandes volumes de resíduos, deve-se fiscalizar a existência e o cumprimento dos Planos de Gerenciamento de Resíduos, previstos na Resolução CONAMA nº 307/2002.

No que se refere ao manuseio dos grandes volumes de resíduos nas áreas de deposição legal estabelecidas pelo PIGRCC, a Tabela 5.3 apresenta as principais ações de fiscalização definidas pelo PIGRCC:

Tabela 5.3 – Principais ações de fiscalização das áreas de manuseio dos RCC (PIGRCC, 2013).

ÁREA	AÇÕES
Áreas de Transbordo e Triagem para resíduos da construção civil e resíduos volumosos	<ul style="list-style-type: none"> a. Controle qualitativo e quantitativo de resíduos recebidos e transferidos por meio da CTR; b. Recepção apenas de resíduos da construção civil e resíduos volumosos; c. Triagem integral dos resíduos aceitos; d. Evitar o acúmulo de material não triado; e. Destinação adequada dos resíduos e rejeitos resultantes da triagem; f. Sistema de controle de poeiras e ruídos.
Áreas de Reciclagem de resíduos da construção civil	<ul style="list-style-type: none"> a. Somente podem ser aceitos na área de reciclagem os resíduos da construção civil classe A; b. Os resíduos recebidos devem ser previamente triados, na fonte geradora e em áreas de transbordo e triagem, de modo que nela sejam reciclados apenas os resíduos de construção civil classe A; c. Os equipamentos e a instalação devem ser dotados de sistemas de controle de vibrações, ruídos e poluentes atmosféricos; d. Deve ser exigida a descrição dos resíduos rejeitados e sua destinação; a descrição e destinação dos resíduos reutilizados; a descrição e destinação dos resíduos reciclados e o controle da qualidade dos produtos gerados;

	e. Os operadores devem manter os CTR recebidos e emitidos para eventual apresentação de relatório, pelo prazo de 5 anos.
--	--

5.6 DIRETRIZES, ESTRATÉGIAS E METAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO PLANO

O PIGRCC possui seis diretrizes, cada uma com suas respectivas metas e estratégias, e vai além ao definir algumas ações para a eficácia geral do sistema, como:

- Elaboração de um programa com metas para implementação dos PEPV, bem como para os processos de triagem e reutilização dos resíduos classe A;
- Investimento no marketing para disseminar informações sobre a responsabilidade compartilhada com fabricantes e comerciantes, envolvendo também a população;
- Promoção de ações e programas que estimulem o reaproveitamento dos resíduos;
- Promover parcerias para oferta de cursos sobre transformação, reaproveitamento e criação, a partir de RCC;
- Fiscalização eficaz da correta aplicação do plano e demais legislação a respeito dos resíduos sólidos urbanos.

Abaixo, estão descritas as diretrizes que o PIGRCC estabeleceu para alcançar o sucesso do plano e, assim, inverter o quadro de gestão de RCC no Distrito Federal atualmente.

Diretriz 1:	Eliminar as áreas de depósitos irregulares de RCC no DF.
Meta 1:	Eliminar 100% da deposição irregular de RCC até o final de 2015 no DF.
Estratégia 1:	Estabelecer uma rede de monitoramento conjunta, setor público e privado, para coibir a criação de novas áreas de depósitos irregulares de RCC.
Estratégia 2:	Desenvolver e implantar um banco de dados vinculado ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), com informações sobre a geração, reciclagem, reaproveitamento e destinação de RCC no DF.
Estratégia 3:	Ampliar os programas de treinamento e capacitação das áreas de controle e fiscalização envolvidas com a gestão de RCC.

Estratégia 4:	Estabelecer indicadores de gestão de RCC, para o estabelecimento e avaliação das metas propostas.
Diretriz 2:	Implantar áreas de transbordo, triagem e de reciclagem (ATTR) e áreas para aterros de inertes (ATI) de RCC na região do DF.
Meta 2:	Oito Áreas de transbordo, triagem e reciclagem, e uma área de aterro de inertes de RCC, implantadas na região do DF até o final de 2015.
Estratégia 1:	Fazer a previsão de recursos do Orçamento do DF, especificamente voltados à elaboração de projetos e à implantação, ampliação e recuperação de áreas de transbordo, triagem e reciclagem e de áreas de aterro de inertes de RCC.
Estratégia 2:	Articular junto ao órgão licenciador visando uniformizar e agilizar os procedimentos referentes ao processo de licenciamento de áreas de manejo de RCC.
Diretriz 3:	Elaborar e manter atualizado um sistema de controle da gestão de RCC, no DF.
Meta 3:	Implantar o Sistema de Controle até o final de 2015.
Diretriz 4:	Realizar Inventário de Resíduos de Construção Civil.
Meta 4:	Diagnóstico quantitativo e qualitativo da geração, coleta e destinação dos resíduos da construção civil no DF, elaborado o até o final de 2015.
Estratégia 1:	Elaborar pesquisa padrão para o levantamento de dados quantitativos e qualitativos relacionados à gestão de RCC no DF.
Diretriz 5:	Incrementar as atividades de reutilização e reciclagem dos RCC nos empreendimentos públicos e privados no DF.
Meta 5-A:	Promover ações para que as obras públicas de pavimentação no DF utilizem, no mínimo, 10% em volume, de resíduos da construção civil reciclados como materiais nos subleitos e sub-bases. Este percentual deve

ser incrementado anualmente, conforme as porcentagens descritas a seguir: no 1º ano 10%, no 2º ano 20% e 30% nos próximos anos.

Meta 5-B: Promover ações para que o concreto não estrutural empregado em obras públicas no DF utilize, no mínimo, 1,5% em volume, de resíduos da construção civil reciclados como agregados. Este percentual deve ser incrementado anualmente, conforme as porcentagens descritas a seguir: no 1º ano 1,5%, no 2º ano 3% e 7,5% nos próximos anos.

Estratégia 1: Fomentar programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico para obtenção de tecnologias voltadas à reutilização e reciclagem de RCC, com ampla divulgação junto aos setores interessados.

Estratégia 2: Incentivar o emprego de tecnologias de reutilização e reciclagem nos empreendimentos do DF.

Diretriz 6: Fomentar medidas de redução da geração de rejeitos e resíduos de construção civil em empreendimentos no DF.

Meta 6: Programas de promoção para redução e reutilização elaborados e implantados em conjunto com o setor produtivo.

Estratégia 1: Promover, junto aos setores da construção civil e de infraestrutura, programas indutores de práticas que melhorem o desempenho socioambiental na gestão de RCC.

6 RESULTADOS – PARTE 1

6.1 FLUXOGRAMA DO ATUAL GERENCIAMENTO DE RCC NO DF

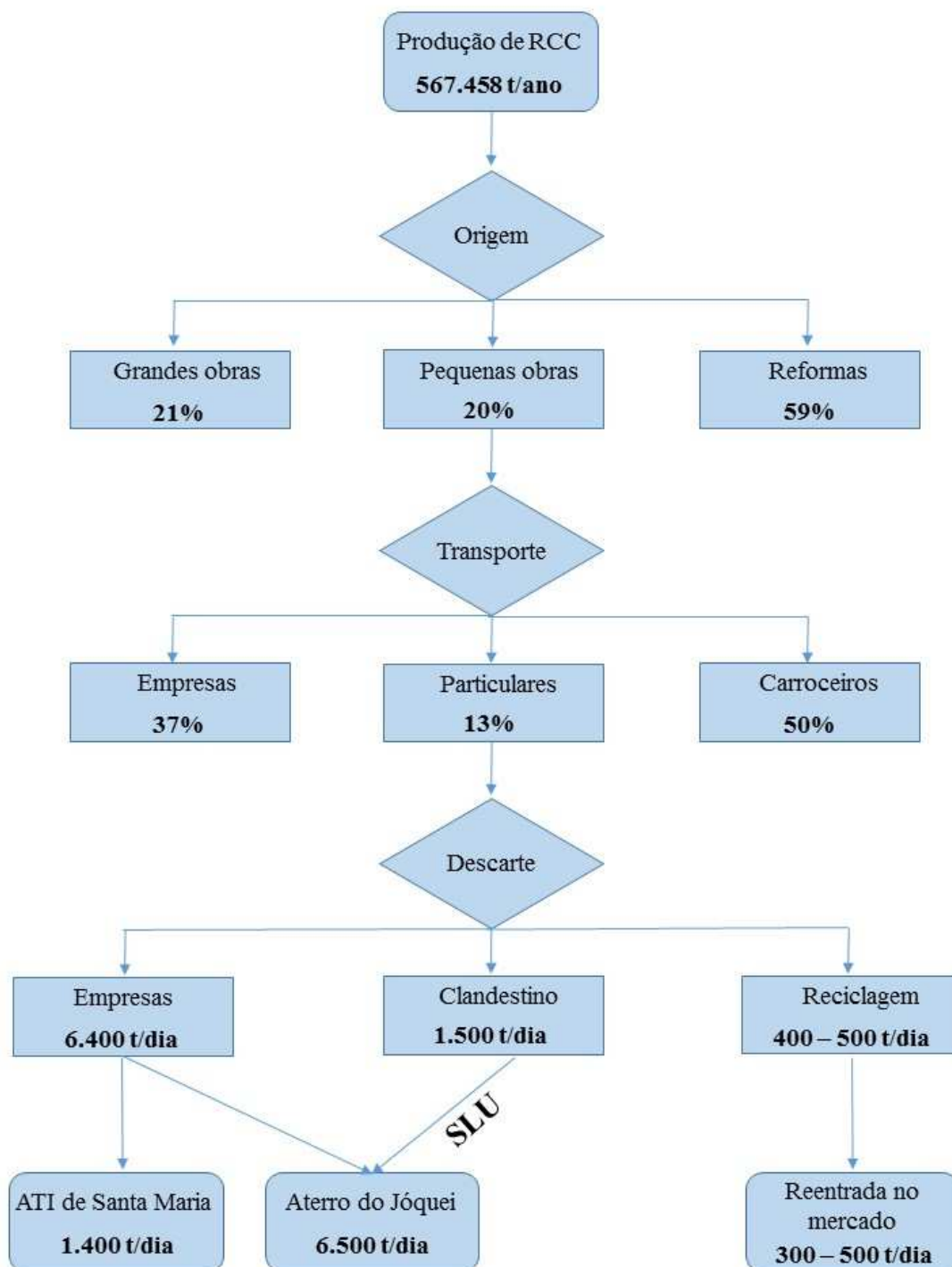


Figura 6.1 – Fluxograma do atual gerenciamento de RCC no DF.

Com o intuito de mapear e apresentar uma descrição clara e concisa do panorama atual da gestão dos resíduos da construção civil no Distrito Federal apresentado no Capítulo 4 deste trabalho, optou-se pela construção do fluxograma apresentado na figura 6.1. Essa escolha baseou-se no fato de fluxogramas possibilitarem um entendimento sistemático do funcionamento do processo, além de exporem claramente suas atividades, agentes, início e final.

Com esse fluxograma em mãos, é possível visualizar graficamente, o ciclo dos RCC no DF rapidamente, ou seja, o fluxograma exibe uma fotografia inteligível do panorama do gerenciamento desses resíduos. Espera-se que o seu uso sirva como apoio para a compreensão desse processo por completo. Dessa forma, incluíram-se os principais dados e análises apresentados nos capítulos 2, 4 e 5.

A produção de RCC de 567.458 toneladas expressa no primeiro retângulo refere-se à produção apresentada no ano de 2012 na Tabela 4.1.

A origem desses resíduos foi dividida entre os três principais geradores de RCC: grandes obras, pequenas obras e reformas. As porcentagens foram obtidas tendo como base os dados apresentados na Figura 2.19.

No que se refere ao transporte dos resíduos do canteiro de obra ao seu ponto de descarte, consideraram-se os três meios de carregamento mais utilizados aqui na região do Distrito Federal: carroceiros, particulares e empresas privadas. Suas respectivas porcentagens podem ser encontradas na Figura 4.2.

O descarte, por sua vez, baseou-se nas três práticas existentes hoje em dia no DF. Uma delas é o descarte direto realizado por empresas particulares ou terceiros no Aterro do Jóquei, popularmente conhecido como Lixão da Estrutural. Apesar de vetado pela Lei nº 12.305 de 2010, o descarte de RCC no Lixão da Estrutural ainda é a prática mais frequente, atualmente, no DF devido à falta de outras alternativas, outro exemplo da má gestão do lixo na capital do país. De acordo com informações fornecidas em visita ao lixão, o descarte diário no local é apresentado na Tabela 6.1 abaixo.

Tabela 6.1 – Quantidade de resíduos descartados no Aterro do Jóquei.

TIPO	QUANTIDADE
Resíduo orgânico apenas	2.700 t/dia
Resíduo da coleta dos “bota-fora” (RCC)	1.500 t/dia
Descarte por empresas particulares (RCC)	600 caminhões por dia

Conforme informações obtidas no lixão, são necessários cerca de 80 caminhões por dia para realizar a coleta dos “bota-fora”, ademais esta é feita manual e mecanicamente. Todos estes 80 caminhões são pesados na entrada do aterro. Em relação ao descarte por empresas particulares, a contagem do número de caminhões é feita apenas visualmente e os caminhões não são pesados ao entrarem no lixão.

Dessa forma, calculou-se a quantidade diária de RCC recebida no Lixão da Estrutural somando-se as 1.500 t/dia coletadas pelo SLU com o volume gerado pelo descarte de empresas particulares. Segundo informações obtidas no lixão, aproximadamente 600 caminhões fazem descarte de RCC por dia no local. Desses 600, a maioria transporta e, assim, descarrega duas caixas “brooks” por viagem. Sabendo que cada caixa comporta de 3 a 4 m³ e que a densidade média dos resíduos da construção civil é de 1,2 t/m³, a quantidade descartada por empresas particulares no Aterro do Jóquei é de, aproximadamente, 5.000 t/dia. Assim, a quantidade diária de RCC destinada ao lixão é de cerca de 6.500 toneladas. Os cálculos estão apresentados abaixo:

$$RCC_{empresa} = \frac{3 + 4}{2} (m^3/cx) \times 1,2 (t/m^3) \times 2 (cx/viagem) \times 600 (viagem/dia)$$

$$RCC_{empresa} \cong 5.000 t/dia$$

$$RCC_{total} = RCC_{empresa} + RCC_{bota-fora} = 5.000 + 1.500 = 6.500 t/dia$$

Em relação aos números para o descarte nos 600 pontos clandestinos distribuídos ao longo do DF, estes foram citados no Capítulo 4. Os volumes de RCC recolhidos nos “bota-fora” são encaminhados ao Aterro do Jóquei – destinação final – pelo SLU.

Conforme apresentado acima, diariamente, o aterro recebe 6.500 toneladas de RCC. Segundo o PIGRCC, dessa quantidade, apenas 1.500 toneladas são provenientes de contratos de prestação de serviços do SLU. O restante provém das empresas particulares de recolhimento de entulhos. Ainda segundo o plano, estima-se que o SLU gaste cerca de 13 milhões de reais por ano com a coleta de entulhos nos pontos ilegais de descarte. Esses números revelam o alto custo envolvido com a ausência de áreas de descarte adequadas, evidenciando a urgente necessidade de implementar-se o PIGRCC e suas estratégias que pretendem regular o gerenciamento desses resíduos. O sucesso do PIGRCC implica na economia do dispêndio público na correção de deposições irregulares, além de evitar a

degradação do meio ambiente causada pela má gestão dos RCC, promovendo também meios para que não se dependa, exclusivamente, do aterramento para a recuperação de áreas degradadas como destinação final desses resíduos.

Outra prática existente atualmente no Distrito Federal é o descarte na Área de Transbordo e Triagem de Santa Maria. Em funcionamento há aproximadamente dois anos, essa ATT – única existente no DF – situa-se na DF 483, sentido Santa Maria-Gama, e opera com 14 funcionários. De acordo com o coordenador das atividades do local, a ATT recebe entre 150 e 170 caminhões de empresas particulares diariamente. Como não há pesagem dos caminhões, o cálculo da quantidade de RCC foi realizado de maneira semelhante ao anterior:

$$RCC_{ATT} = \frac{3 + 4}{2} (m^3/cx) \times 1,2 (t/m^3) \times 2 (cx/viagem) \times \frac{150 + 170}{2} (viagem/dia)$$
$$RCC_{ATT} \cong 1.400 t/dia$$

Após a triagem dos resíduos na ATT de Santa Maria, o material orgânico encontrado, como madeiras e podas, é encaminhado ao Aterro do Jóquei, em uma média de 30 caminhões de 11 m³ por semana. O restante do material é aterrado na ATT com o auxílio de um trator de lâmina, retroescavadeira e escavadeira. A Figura 6.2 exibe a ATT em questão.



Figura 6.2 – ATT de Santa Maria.

Na Figura 6.2 acima, destacou-se com um círculo vermelho uma mesma árvore em fotos distintas para se ter uma melhor noção da altura que o aterro já atingiu. A foto do canto superior esquerdo, foi tirada em um dos pontos mais baixos do aterro a que se tem acesso, enquanto a do canto superior direito foi tirada um pouco acima do platô do aterro, assim, tem-se uma melhor noção da área e volume do aterro. Segundo o coordenador da ATT, essa altura é estimada entre 20 e 25 m, da cota mais baixa do antigo relevo à mais alta atualmente. A foto inferior da figura caracteriza algumas das pilhas de resíduos descartadas no platô sendo preparadas para integrarem-se ao aterro.

Em relação a outra maneira de descarte utilizada atualmente no Distrito Federal, há apenas uma empresa que trabalha com a reciclagem de RCC para posterior revenda no mercado. A empresa em questão, objeto de estudo deste trabalho, é a Fornecedora de Areia Bela Vista. Dessa forma, a quantidade de resíduos que a empresa recebe diariamente foi a utilizada no fluxograma acima, assim como a parcela de produtos que ela revende ao mercado.

O Distrito Federal apresenta um potencial de mercado muito favorável para o crescimento do ramo da reciclagem de resíduos da construção civil. As taxas de geração anual de RCC são altíssimas e o reuso ou reciclagem praticamente inexistem. Para aproveitar esse potencial, é necessário que esse tema seja pauta frequente da agenda do governo. Algumas medidas, como incentivo fiscal ou mesmo subsídio, fazem-se necessárias a esse tipo de empresa, uma vez que a atividade é muito onerosa e o lucro com a venda do produto da reciclagem muitas vezes não é suficiente para viabilizar o investimento.

6.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO DOS “BOTA-FORA”

A Resolução CONAMA n° 307/2002 – e nova redação CONAMA n° 448/2012 – assim definem em seu Artigo 4° Parágrafo 1°:

Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota-fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

O registro fotográfico apresentado abaixo tem o intuito de exemplificar alguns pontos de “bota-fora” e descarte irregular encontrados no Distrito Federal e, assim, caracterizar visualmente o tema percorrido ao longo deste trabalho. Além do mais, expõe um pouco da

realidade do Aterro do Jóquei, um lixão a céu aberto o qual funciona, a apenas 15 quilômetros do centro de Brasília, sem qualquer tipo de tratamento, poluindo os solos e lençóis freáticos.

A Figura 6.3 exibe o descarte de resíduos da construção civil em zona rural, causando uma possível degradação dos recursos naturais. Além do mais, o acúmulo desses resíduos cria um ambiente propício à proliferação vetores de doenças e animais, os quais podem ameaçar as comunidades locais.



Figura 6.3 – Descarte em áreas rurais.

A figura acima foi tirada na região rural localizada atrás do Setor de Expansão de Sobradinho. Nela é possível observar a devastação da vegetação local causada pela deposição irregular de RCC, uma caminhada curta pelo local revela o desrespeito ao meio ambiente. Essa destruição pode causar, entre outros problemas, a redução da drenagem das águas da chuva e a infertilização do solo, além da contaminação dos mananciais presentes na região.

A Figura 6.4 apresenta o descarte ilegal de resíduos indiretamente relacionados a construção civil, uma vez que não são originados em obras, mas sim de corpos de prova para ensaios de laboratório. A deposição é realizada em zona urbana destinada à atividade pública. Situados na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, mais precisamente no estacionamento norte do prédio, esses resíduos devem-se às atividades do Laboratório de Hidráulica e Estruturas. Ao examinar o local, é possível observar a proliferação de pequenos roedores, insetos e um acúmulo de lixo entre os corpos de prova lá descartados, trazendo, não apenas prejuízos à imagem de umas das mais renomadas universidades do Brasil, mas também favorecendo a transmissão de doenças dentro do campus Darcy Ribeiro. Além do

mais, esses resíduos causam um outro problema ao criar obstáculos no estacionamento norte da FT. Esses corpos de prova atrapalham a visão dos motoristas em suas manobras, podendo levar a pequenos incidentes, e também ocupam vagas em um campus que já enfrenta a falta destas em seus estacionamentos.

As Figuras 6.5 e 6.6 exibem o descarte ilegal de RCC em zona urbana residencial, às margens de ruas e avenidas, próximo a habitações. Os pequenos “bota-fora” dentro de cidades tornam-se locais atrativos para o descarte de outros tipos de resíduos urbanos, sejam eles secos ou orgânicos. Os resíduos orgânicos, por sua vez, instauram um mau odor nos arredores e potencializam a proliferação de vetores transmissores doenças, o que impacta negativamente a qualidade do saneamento ambiental nas regiões próximas a esses pontos de descarte.



Figura 6.4 – Descarte em zona urbana pública.



Figura 6.5 – Descarte em zona urbana residencial (Noroeste).



Figura 6.6 – Descarte em zona urbana residencial (Cidade Estrutural).

A Figura 6.5 retrata o Setor Noroeste de Brasília. Idealizado como um “bairro verde” em sua proposta inicial, o Noroeste deveria ser um modelo sustentável para o país. No entanto, o bairro, além de sofrer com problemas de infraestrutura, apresenta um ponto de descarte clandestino enorme em sua região mais alta, onde ainda não ocorreu a urbanização. A foto do lado esquerdo da Figura 6.5 apresenta uma pilha de RCC que começa a ser criada às vistas de um dos edifícios residenciais já concluído e ocupado por seus moradores. A foto do lado direito, por sua vez, exhibe o “bota-fora” citado acima. Nela é possível observar a quantidade de RCC que já se encontra ilegalmente descartada na região, tendo como plano de fundo alguns dos prédios do Noroeste.

A Figura 6.6 representa a situação atual da Cidade Estrutural no que tange o descarte de resíduos da construção: uma cidade que apresenta várias pilhas de depósito de RCC distribuídas ao longo de sua área, as quais favorecem a também deposição de resíduos de outras classes.

A Figura 6.7 apresenta a queima de RCC que ocorre nos pontos de descarte clandestino, seja ela intencional ou devido a queimadas. A combustão de alguns desses materiais favorece a produção de gases poluentes e estufa, além de acelerar a contaminação do solo e das águas, uma vez que a alguns desses resíduos possuem propriedades tóxicas as quais são liberadas com a combustão. Em particular, o PVC e determinados tipos de plásticos, quando queimados, liberam uma substância conhecida como dioxina, uma das substâncias químicas mais tóxicas conhecidas atualmente. A dioxina proveniente dessa combustão, deve-se, em partes, ao cloro contido no PVC e é classificada como cancerígena para os seres humanos, além de afetar os sistemas imunológico e reprodutivo, o crescimento e potencializar a diabetes.



Figura 6.7 – Queima de RCC em um “bota-fora”.

A Figura 6.7 acima exhibe um dos maiores pontos de “bota-fora” encontrados no Distrito Federal, localizado na Cidade Estrutural, a menos de 1km da Cidade do Automóvel. Apesar da figura não exibir os resíduos sendo queimados, as marcas das cinzas no chão são indícios da combustão ocorrida no local. Ainda na figura, nota-se uma placa com a frase: “Proibido jogar lixo e entulho”. Essa placa localiza-se na “entrada” desse ponto de descarte ilegal e demonstra o descaso nas práticas de gestão de RCC no DF, tanto do Poder Público, quanto da população. Do Poder Público uma vez que esse “bota-fora” é de conhecimento geral e descartes são realizados diariamente no local sem fiscalização alguma. Da população devido ao descaso com a mensagem de advertência expressa na placa.

A Figura 6.8 expõe o descarte em áreas de preservação ambiental como faixas de domínio contíguas às rodovias. As duas fotos da figura foram tiradas ao longo da BR-450, também conhecida como Via EPIA. A foto da esquerda foi tirada nas redondezas do Setor Noroeste, evidenciando a má gestão de RCC no bairro já retratada na Figura 6.5. A pequena pilha de RCC apresentada na foto da direita encontra-se a menos de 1km da Rodoviária Interestadual de Brasília.



Figura 6.8 – Descarte em áreas de preservação ambiental.

A Figura 6.8 acima expressa os perigos do acúmulo de RCC às margens de rodovias: devido a redução da drenagem no local causada pela deposição irregular de resíduos, o potencial de alagamentos nas vias aumenta, além do mais, chuvas e ventos podem transportar alguns desses resíduos para a pista de rolagem. Ambos casos geram um cenário mais propício a acidentes entre os veículos que trafegam na via.

A Figura 6.9 retrata o panorama atual da maneira como os RCC são depositados no Aterro do Jóquei. A foto da esquerda da figura apresenta a entrada do lixão, ou seja, mesmo muito próximo à destinação “legal” de resíduos, ocorre o descarte ilegal. Neste caso em específico, a deposição é realizada, quase exclusivamente, pela atividade de carroceiros, segundo funcionários do aterro.



Figura 6.9 – Aterro do Jόquei.

A foto da direita da Figura 6.9 exhibe o local de deposiçāo dos chamados lixos secos no Aterro do Jόquei. Estima-se pelos trabalhadores do aterro que cerca de 90% do lixo seco seja oriundo da construçāo civil. Além do mais,  possível observar, no fundo desta foto, a quantidade excessiva de resíduos da construçāo civil depositados ao longo da existência do lixão. Novas camadas de RCC são formadas diariamente, as quais são distribuídas e compactadas, de maneira rudimentar, com o auxílio de um trator de lâmina.

Dessa forma, enquanto não se resolver a questão do gerenciamento dos RCC e a deposição ambientalmente correta não predominar no DF, essas pilhas de resíduos tendem a aumentar significativamente com as 6.500 toneladas de RCC recebidas pelo aterro por dia.

A Figura 6.10 apresenta o processo de descarte dos resíduos da construção civil contidos nas caixas “brooks” transportadas pelos caminhões das empresas particulares.



Figura 6.10 – Esquema de descarte das caixas “brooks” no Aterro do Jóquei.

7 RESULTADOS – PARTE 2

7.1 ESTUDO DE CASO – FORNECEDORA DE AREIA BELA VISTA

Conforme já citado na Metodologia deste trabalho, a empresa escolhida para o estudo de caso em questão foi a Fornecedora de Areia Bela Vista. A seleção deveu-se ao fato de o Distrito Federal apresentar apenas esta empresa especializada na reciclagem resíduos da construção para posterior revenda. No entanto, a opção por esta empresa também baseou-se em aspectos como: permissão ao acesso do pesquisador à empresa; condições de segurança

para a realização da pesquisa; e autorização para a divulgação neste trabalho dos resultados obtidos.

O estudo de caso fundamentou-se em dois itens: análise do processo produtivo da empresa e realização de testes de laboratório para caracterizar o produto gerado. Em relação à análise da Fornecedora de Areia Bela Vista, foram avaliadas as aplicações do material reciclado; os métodos de separação dos RCC antes da reciclagem; a origem dos resíduos e suas formas de transporte à empresa; a capacidade de produção mensal e diária, bem como a linha de produção da empresa.

A sede da empresa situa-se em Sobradinho, no Setor Habitacional Grande Colorado, entre o Condomínio Mansões Colorado e o Condomínio Vivendas Friburgo, ao lado da Paróquia Nossa Senhora das Graças do Grande Colorado. A Figura 7.1 abaixo apresenta o exato local da empresa no mapa do Distrito Federal.

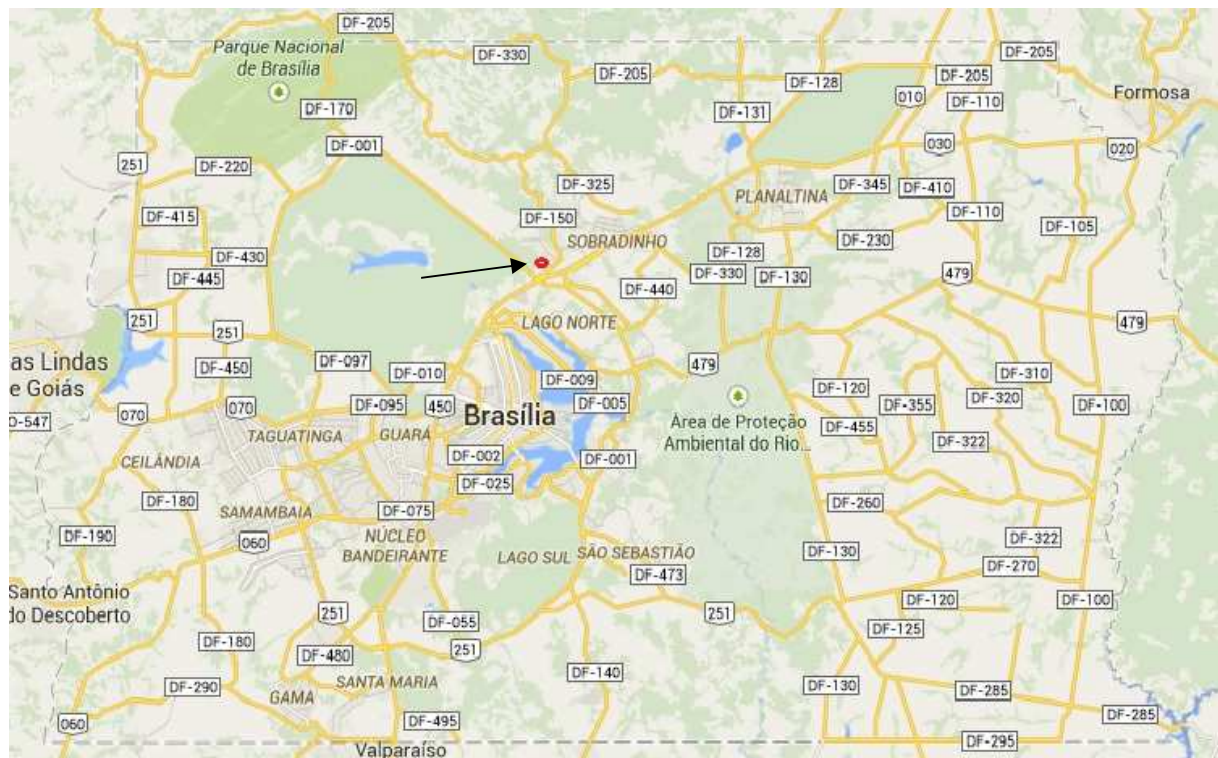


Figura 7.1 – Localização da Fornecedora de Areia Bela Vista (Google Maps).

A Fornecedora de Areia Bela Vista é representada pelo círculo vermelho na figura acima. Uma análise conjunta das Figuras 5.8 e 7.1 permite inferir que a empresa encontra-se dentro da Área 2 de Influência estabelecida pelo PIGRCC. Além do mais, conforme apresentado na Figura 5.2, a recicladora localiza-se nas proximidades de oito áreas pré-definidas pelo PIGRCC para a futura instalação dos ecopontos.

A Figura 7.2 exibe uma vista aérea obtida do Google Maps das instalações da empresa.



Figura 7.2 – Vista aérea da Fornecedora de Areia Bela Vista. (Google Maps).

Com o auxílio da ferramenta “medir distância” disponibilizada pelo Google Maps, estimou-se a área total da sede da empresa em mais de 256.000 m². Na figura acima, o círculo vermelho demarca a área de produção (reciclagem), enquanto o retângulo destaca a área destinada ao escritório da empresa.

7.1.1 Análise do Processo Produtivo da Empresa

7.1.1.1 Origem e Transporte dos Resíduos

Os resíduos sólidos da construção civil recebidos para a reciclagem não são, exclusivamente, oriundos da região na qual a empresa localiza-se, uma vez que a Fornecedora de Areia Bela Vista trabalha com empresas parceiras, as quais possuem empreendimentos espalhados pelo Distrito Federal. Algumas das empresas que destinam uma parte dos resíduos Classe A gerados em suas obras à recicladora são: Via Engenharia, Villela e Carvalho, Real

Engenharia, Rossi, dentre outras. A Figura 7.3 mostra uma das pilhas dos RCC recebidos na recicladora.



Figura 7.3 – Pilha de RCC na Areia Bela Vista.

O transporte dos resíduos, como os apresentados na Figura 7.3, por sua vez, é de responsabilidade das empresas parceiras. Assim, ele é realizado, na maior parte dos casos, por empresas especializadas no transporte de caçambas de entulho, direto da obra à Areia Bela Vista. Como forma de controlar a atividade de transporte, as empresas, ao enviarem os resíduos, geram um manifesto em três vias:

- 1ª Via: para controle da obra;
- 2ª Via: para controle da empresa transportadora;
- 3ª Via: para controle da destinação final (Areia Bela Vista).

Ao receber esse manifesto, os funcionários do escritório devem conferir os resíduos e assinar as demais vias, atestando ter recebido o material, o qual é então levado para a área de reciclagem.

7.1.1.2 Separação do Material

Os resíduos devem ser separados na própria obra, previamente ao transporte. Dessa forma, há empresas que optam em separar por caçambas, enquanto outras contratam empresas para instruir e auxiliar essa separação. A separação dos resíduos é realizada de acordo com suas classes (Classe A, B, C ou D), conforme a Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas correções.

Estando os resíduos separados, somente os resíduos classe A são enviados à Areia Bela Vista. Caso o material chegue à recicladora sem estar separado, ele é reenviado à obra de origem. Isso em virtude da empresa não se interessar em receber material que não esteja separado, uma vez que precisaria dispor de funcionários para realizarem a separação e ainda arcar com o ônus de enviar os resíduos que não forem Classe A para o Aterro do Jóquei. Dessa forma, essa operação diminuiria a margem de lucro dentro da qual a empresa trabalha.

Ainda em relação aos resíduos Classe A, a empresa também recebe para reciclagem materiais naturais originados de escavações ou terraplanagem, como as pedras naturais extraídas do solo do Noroeste. Esse material é processado separadamente dos outros resíduos de maneira a produzir uma areia 100% natural.

7.1.1.3 Linha de Produção

O fluxograma da linha de produção utilizado na reciclagem dos resíduos inclui, simplificada, as seguintes operações dispostas em sequência a seguir na Figura 7.4.

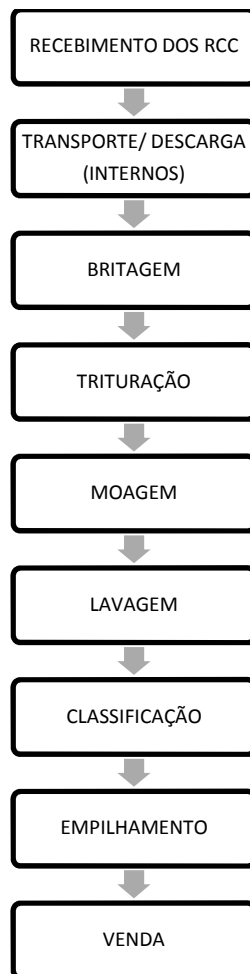


Figura 7.4 – Fluxograma simplificado da linha de produção.

Atualmente a empresa apresenta em sua linha de produção apenas uma planta – conjunto das máquinas responsáveis pela reciclagem. Dessa forma, os produtos principais comercializados pela empresa (areia e brita) não são produzidos simultaneamente. Ora a planta opera para produzir areia, ora para fabricar brita. A Figura 7.5 exibe a planta em operação hoje em dia.



Figura 7.5 – Planta de reciclagem da Fornecedora de Areia Bela Vista.

Toda a produção mensal da Areia Bela Vista, atualmente, é derivada desta planta apresentada na Figura 7.5 acima. Nessa planta, o resíduo classe A é direcionado para um britador de mandíbulas. Após a britagem, uma correia leva o material britado até uma peneira vibratória, que separa o material grosso do fino.

A capacidade de produção e, assim, venda da empresa varia de 10 a 15 mil toneladas de agregado reciclado por mês e o recebimento diário de RCC Classe A gira em torno de 400 a 500 toneladas por dia.

Assim como a maioria das atividades industriais, o processo de reciclagem também gera seus próprios resíduos, os quais ficam empilhados nas instalações da empresa, conforme a Figura 7.6 abaixo.



Figura 7.6 – Resíduos da reciclagem.

Conforme a figura acima, nota-se a grande quantidade de resíduos armazenados na empresa no dia da visita. Estes apresentam um grande potencial de reaproveitamento, mas não podem ser retrabalhados enquanto a única planta existente estiver em operação. Dessa forma, representam um não aproveitamento de lucros potenciais para a Areia Bela Vista com a venda do material reciclado desses resíduos, além de ocuparem uma parcela de espaço considerável nas instalações da empresa.

Para contornar esse impasse, uma nova planta está sendo construída com o intuito principal de reciclar esses resíduos e, assim, obter uma brita lavada com qualidade superior a produzida atualmente pela empresa, aumentando assim as vendas mensais de material reciclado, e, conseqüentemente, a receita da recicladora. A Figura 7.7 apresenta a nova planta sob construção.



Figura 7.7 – Nova planta em construção na empresa.

Essa nova planta também servirá para que a empresa possa produzir seus dois principais produtos ao mesmo tempo, otimizando, assim, seu processo produtivo. Inicialmente, a planta mais antiga servirá para reciclar os RCC em agregados miúdos, ao passo que a mais recente trabalhará na linha de produção de agregados graúdos.

7.1.1.4 Aplicações dos Materiais Produzidos na Areia Bela Vista

Os produtos finais resultantes da reciclagem dos resíduos variam de acordo com as necessidades do mercado, dessa forma, as características do agregado a ser produzido também variam de acordo com tais demandas. No entanto, mesmo os resíduos recebidos sendo muito heterogêneos em sua composição, o produto final da reciclagem realizada é uniforme para cada tipo de agregado requisitado.

O material reciclado pela Areia Bela Vista ainda apresenta a limitação de não poder ser utilizado para fins estruturais. Análises são realizadas eventualmente para verificar se o material produzido encontra-se em conformidade com as suas futuras aplicações. Os principais produtos comercializados pela empresa e suas potenciais aplicações estão listados adiante conforme a Tabela 7.1. As proposições para uso do agregado reciclado encontradas na Tabela 7.1 basearam-se nas práticas exercidas atualmente no Brasil, e não necessariamente aplicam-se aos materiais comercializados pela recicladora estudada. Portanto, é necessário caracterizar os materiais previamente ao seu emprego, qualquer que seja este.

A utilização em pavimentação, como pode ser observado através da Tabela 7.1, é uma das maneiras mais simples de utilização dos entulhos da construção civil reciclados, seja na camada de base ou sub-base. Para tanto, empregam-se britas ou misturas do agregado reciclado com o solo natural. Esse tipo de utilização permite a utilização de todos os componentes do entulho (materiais cerâmicos, concretos, argamassas, areias, dentre outros), além de apresentar um custo mais baixo de reciclagem.

Outras duas aplicações frequentes são a confecção de argamassas (areia) e o uso como agregados para concretos não estruturais (brita e areia). Essas duas utilizações também possibilitam o reaproveitamento de todos os componentes minerais do entulho. A reciclagem para o emprego em concretos não estruturais consome menos energia no processo de moagem quando comparada com a realizada para a fabricação de argamassa, uma vez que uma parte do material permanece com uma granulometria mais graúda.

A Tabela 7.1 ainda traz outras potenciais aplicações para os produtos dos entulhos reciclados na Fornecedor de Areia Bela Vista, tais como: cascalhamento de estradas; preenchimento de vazios de construções; solo para aterros em terraplanagem; cortinas de prédios; drenagens; calçamentos; e muros de gabião.

Tabela 7.1 – Aplicações dos materiais reciclados pela Areia Bela Vista.

PRODUTO	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Areia fina e média	Dimensão máxima característica igual a 4,8mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassas de assentamento de alvenarias e contrapisos; • Preenchimento de vazios em construções; • Solo para aterros em terraplanagem.
Areia grossa	Dimensão máxima característica de 6,3mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricação de peças de concreto, como pisos intertravados e manilhas de esgoto; • Solo para aterros em terraplanagem; • Cortinas de prédios; • Preenchimento de vazios em construções.
Brita 0, 1 e 2	Dimensão máxima característica de 50mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Concretos não estruturais; • Drenagens; • Cascalhamento de estradas; • Base, sub-base em obras de pavimentação.
Pedra marroada	Granulometria variável, contendo dimensões de 100mm a 400mm, e um peso médio, por “grão” de 10kg.	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento; • Drenagens; • Muros de gabião.

7.2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este programa experimental foi desenvolvido com o intuito de caracterizar os agregados resultantes da reciclagem realizada pela Fornecedora de Areia Bela Vista e, dessa forma, avaliar a qualidade desse material quando comparado com agregados naturais. De acordo com Mehta (1994), as características dos agregados importantes de serem analisadas incluem composição granulométrica, massa específica, porosidade, forma e textura superficial das partículas, resistência à compressão, absorção de água, módulo de elasticidade e tipos de substâncias deletérias presentes. Essas características derivam da composição mineralógica da matriz, dos tipos de operação e equipamento usados para a produção do agregado, dentre outros fatores.

Para tanto, conforme estabelecido na Metodologia desta pesquisa, realizaram-se os seguintes experimentos no Laboratório de Materiais da Construção Civil da UnB:

- NBR 9776/1987 – Agregados: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman;
- NBR NM 248/2003 – Agregados: Determinação da Composição Granulométrica.

Primeiramente, foi necessário coletar em campo os materiais necessários para a realização dos ensaios. Em seguida, prosseguiu-se com a caracterização dos agregados obtidos.

7.2.1 – Organograma das etapas do ensaio

A Figura 7.8 apresenta o resumo de todas as atividades constantes no programa experimental.

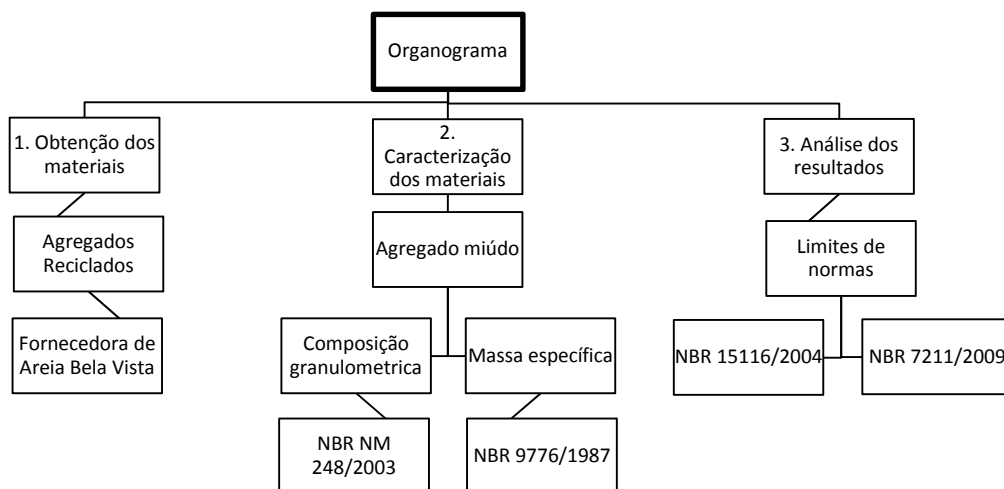


Figura – 7.8 – Organograma das etapas dos ensaios.

7.2.2 Coleta do Material

A amostra de campo coletada foi uma porção representativa do lote de RCC reciclado pela Areia Bela Vista nas condições estabelecidas pela NBR NM 26/2009. Assim sendo, compôs-se por amostras parciais em número suficiente para a realização dos ensaios de laboratório. As amostras de ensaio utilizadas no laboratório foram obtidas por redução das amostras de campo, segundo a NBR NM 27/2000. Cabe ressaltar que a qualidade da amostragem é tão importante para o sucesso dos experimentos quanto a própria realização do ensaio. Dessa forma, tomaram-se devidamente as precauções na obtenção de amostras representativas, seja quanto a sua natureza ou suas características.

Conforme a NBR NM 26/2009 sugere, os agregados oriundos de depósitos comerciais e obras devem ser coletados no local de origem, no caso deste estudo a empresa Areia Bela Vista. Como não havia equipamento mecânico disponível para formar uma pilha de amostragem única, em cada uma das três pilhas de material oriundas de diferentes britagens, definiu-se que a coleta realizada em três regiões distintas das pilhas (base, meio e topo) é suficiente para correta realização dos ensaios, conforme a Tabela 1 da NBR NM 26/2009. A Figura 7.9 abaixo mostra a coleta que foi realizada.



Figura 7.9 – Coleta da areia reciclada.

O material em questão na Figura 7.9 acima é a areia fina comercializada pela Areia Bela Vista, e a coleta representada foi a realizada no meio da pilha. A quantidade, em massa, do material coletado foi estipulada em, aproximadamente, 10 kg, os quais foram suficientes para a realização de todos os ensaios propostos na metodologia deste estudo. Para reduzir as amostras às quantidades pretendidas por cada ensaio realizado, utilizou-se o Método “A” – Separador Mecânico, conforme a NBR NM 27/2000. A Figura 7.10 abaixo exhibe o Método “A” utilizado no laboratório para separar e reduzir as amostras.



Figura 7.10 – Separação da amostra pelo Método “A” da NBR NM 27/2001.

Quanto aos recipientes para a remessa do material, estes foram sacos de amostras de solos do tipo plástico 24X36X20cm, fornecidos pela Areia Bela Vista, devidamente limpos e livres de quaisquer possíveis contaminações passíveis de afetar os resultados dos ensaios. A Figura 7.11 exhibe os sacos com as amostras coletadas devidamente identificadas.



Figura 7.11 – Sacos com as amostras coletadas.

Em relação às quantidades coletadas de cada amostra apresentada na Figura 7.10, abaixo são apresentadas as massas de cada uma na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Quantidades das amostras.

MATERIAL	QUANTIDADE (kg)
Areia fina	11,23
Areia média	8,19
Areia grossa	9,63

Conforme citado anteriormente, as massas das amostras deveriam ser de aproximadamente 10 kg para que os experimentos pudessem ser realizados com êxito. Como não se dispunha de balança ou quaisquer outros instrumentos que aferissem as quantidades, em quilograma, estas não foram muito precisas. No entanto, todos os ensaios propostos na Metodologia deste trabalho foram conduzidos com sucesso.

7.2.3 Determinação da Composição Granulométrica

A classificação dos agregados conforme a dimensão das partículas apresenta uma terminologia específica. O termo *agregado miúdo* é utilizado para descrever partículas que passam pela malha com abertura de 9,5 mm e que passam, quase totalmente, na peneira 4,8mm, enquanto o termo *agregado graúdo* refere-se a partículas maiores do que 4,8 mm (retidas na peneira N° 4). A composição granulométrica mede a distribuição das partículas dos materiais granulares entre certas dimensões, assim, classifica os grãos constituintes de

uma certa amostra em diferentes faixas de tamanho. É expressa em termos de porcentagens retidas acumuladas em cada uma das aberturas da série de peneiras utilizadas nos ensaios.

Este ensaio foi realizado separadamente para cada tipo de areia coletado. A composição granulométrica dos agregados foi determinada conforme a NBR NM 248/2003, utilizando as peneiras definidas pela NBR NM ISSO 3310/2001 para caracterização correta dos agregados miúdos. Após o encaixe das peneiras, o material foi despejado sobre o conjunto de peneiras e a separação foi feita com o uso de agitador mecânico, de acordo com a Figura 7.12, por dez minutos.



Figura 7.12 – Peneiras e agitador mecânico utilizados.

Com os dados das pesagens da massa de material retido em cada peneira, foram traçadas as curvas granulométricas de cada areia. Para cada tipo de areia, realizaram-se dois ensaios, como determina a NBR NM 248/2003. As curvas foram, então, confrontadas com os limites estabelecidos pela NBR 7211/2009 para uso de agregados miúdos em concreto com o único intuito de estabelecer um parâmetro de comparação para as distribuições obtidas, uma vez que os agregados reciclados da Areia Bela Vista não são utilizados para fins estruturais.

Através do experimento para se determinar a curva de composição granulométrica são também definidos a dimensão máxima (diâmetro máximo) e o módulo de finura do agregado. A dimensão máxima do agregado é, convencionalmente, designada pela abertura nominal da peneira, em mm, na qual fica retida uma porcentagem acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% da massa inicial da amostra.

O módulo de finura, por sua vez, é um parâmetro empírico utilizado como um índice de finura do agregado. É calculado através da soma das porcentagens retidas acumuladas de agregado nas peneiras da série normal dividida por 100. Quanto maior o módulo de finura, mais graúdo é o agregado.

7.2.3.1 Areia Fina

O ensaio de composição granulométrica do lote coletado de areia fina comercializada pela Areia Bela Vista foi realizado conforme estabelecido no item 5 da NBR NM 248/2003. Após a coleta e separação do material de acordo com a NBR NM 27/2001, secaram-se as amostras em estufa a 105°C por 24 horas, deixando com que estas esfriassem à temperatura ambiente. Com as peneiras de 6,3 mm a 0,075 mm montadas em ordem crescente da base para o topo, previamente limpas, pesadas e devidamente encaixadas, colocou-se 500 g da amostra m_1 sobre a peneira superior do conjunto. A massa mínima por amostra (m_1 e m_2) para esse ensaio, conforme a Tabela 2 da NBR NM 248/2003, é de 300 g. A Figura 7.13 exhibe os passos descritos acima.



Figura 7.13 – Secagem e pesagem da areia fina.

Em seguida, promoveu-se a agitação mecânica do conjunto de peneiras durante 10 minutos, conforme a Figura 7.12, julgando este ser um tempo razoável para permitir a separação e classificação dos diferentes tamanhos de grão das amostras. Concluída a vibração da amostra, procedeu-se a verificação da massa de cada peneira. Conforme o item 5.2.9 da NBR NM 248/2003, o somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% de massa distribuída sobre as peneiras (500 g para a areia fina). Por fim, repetiram-se todos os passos

acima para a amostra m₂. A Figura 7.14 abaixo exhibe as peneiras após a destacarem-se as peneiras para pesagem.



Figura 7.14 – Material retido em cada peneira (areia fina).

Os resultados do ensaio de composição granulométrica para areia fina são apresentados na Tabela 7.3 a seguir, e devem conter as seguintes informações, de acordo com a NBR NM 248/2003:

- A porcentagem média retida em cada peneira;
- A porcentagem média retida acumulada em cada peneira;
- A dimensão máxima e o módulo de finura.

Tabela 7.3 – Composição granulométrica da areia fina.

Pen. (mm)	AMOSTRA m ₁			AMOSTRA m ₂			MÉDIA	
	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acum.	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acum.	% Retida	% Ret. Acum.
6,3 ¹	0,00	0,0	0	0,00	0,0	0	0,0	0
4,8	0,33	0,1	0	0,00	0,0	0	0,0	0
2,4	0,50	0,1	0	0,25	0,1	0	0,1	0
1,2	21,78	4,4	5	20,12	4,0	4	4,2	4
0,6	35,66	7,1	12	31,99	6,4	10	6,8	11
0,3	89,64	17,9	30	68,45	13,7	24	15,8	27
0,15	202,53	40,5	70	243,65	48,7	73	44,6	71
0,075 ¹	115,53	23,1	93	97,34	19,5	92	21,3	93
Fundo ¹	33,59	6,7	100	38,08	7,6	100	7,2	100
TOTAL	499,56	100	-	499,88	100,0	-	100,0	-
Módulo de Finura (%)					1,14			
Dimensão Máxima Característica (mm)					1,2			

¹ Essas peneiras não fazem parte da série normal e, assim, não são consideradas no cálculo do Módulo de Finura.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 7.3, traçou-se a curva granulométrica da areia fina comercializada pela Areia Bela Vista a partir da média entre as duas amostras (m₁ e m₂). A Figura 7.15 apresenta essa curva, a qual representa a porcentagem retida acumulada em cada uma das peneiras.

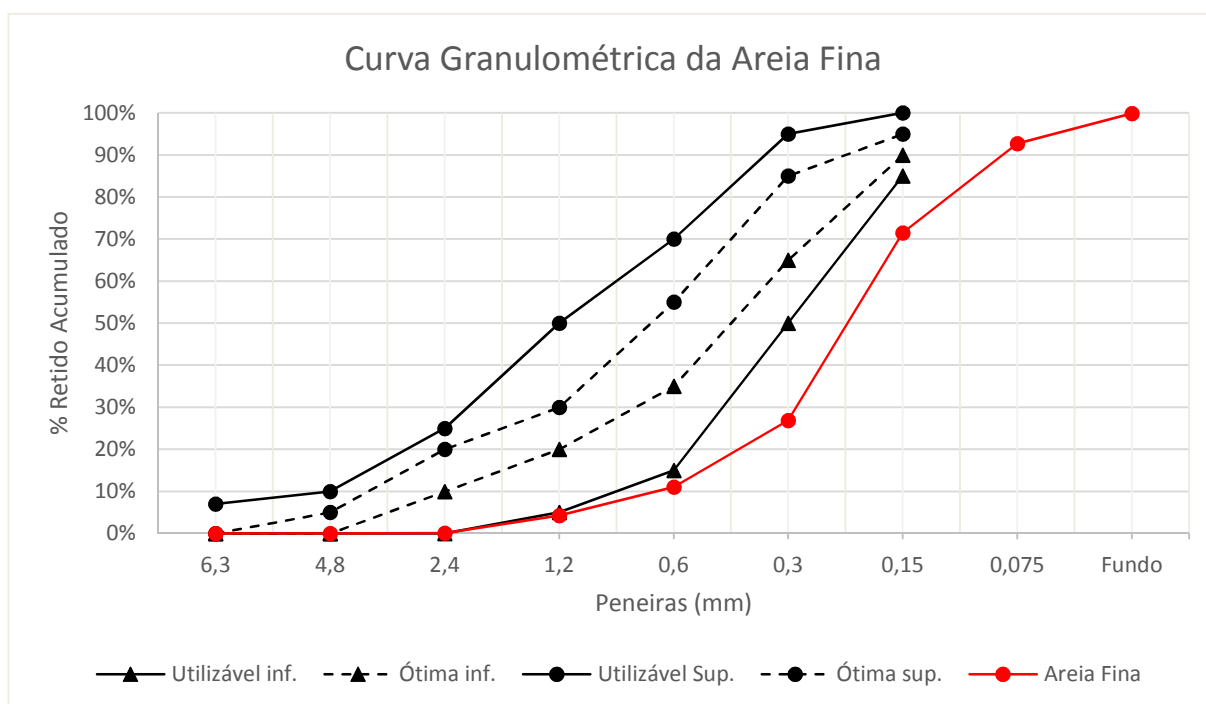


Figura 7.15 – Curva granulométrica da areia fina.

Segundo Mehta (1994), o conhecimento da composição granulométrica do agregado, tanto gráudo quanto miúdo, é de fundamental importância para o estabelecimento da dosagem dos concretos e argamassas, influenciando na quantidade de água a ser adicionada ao concreto, que se relaciona com a resistência e a trabalhabilidade do concreto. Conforme a Figura 7.15 acima, a distribuição granulométrica para a areia fina comercializada pela recicladora não atende aos limites inferiores estabelecidos na Tabela 2 da NBR 7211/2009, o que corrobora com a não conformidade do material para aplicações em concretos estruturais.

A NBR 15116/2004 é a norma que regula a utilização de agregados reciclados em obras de pavimentação e no preparo de concreto sem função estrutural. No que diz respeito à pavimentação, a norma regula o uso em camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário. A Tabela 1 desta norma traz os requisitos gerais para agregado reciclado destinado à pavimentação. Em relação à composição granulométrica, o agregado miúdo deve ser não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$. O coeficiente de uniformidade é calculado pela expressão abaixo:

$$C_u = \frac{D_{60\%}}{D_{10\%}} \quad (\text{Equação 7.1 – Coeficiente de uniformidade})$$

onde,

$D_{60\%}$: Diâmetro das peneiras que permitem passar 60% do agregado (mm);

$D_{10\%}$: Diâmetro das peneiras que permitem passar 10% da areia (mm).

Obtendo-se da Figura 7.14 os valores desses diâmetros, é possível calcular o coeficiente de uniformidade da areia fina em análise.

$$C_u = \frac{D_{60\%}}{D_{10\%}} = \frac{0,26}{0,08} = 3,25 < 10$$

Portanto, de acordo com a NBR 15116/2004, a areia fina desse lote não pode ser empregada para fins de pavimentação, mesmo atendendo ao próximo requisito da Tabela 1 desta norma, o qual exige uma dimensão máxima característica menor ou igual a 63 mm.

Em relação aos concretos não estruturais, a NBR 15116/2004 sugere o uso como enchimentos, contrapiso, blocos de vedação, dentre outros. Conforme a Tabela 3 dessa norma, para que o agregado reciclado possa ser utilizado na fabricação de concreto sem função

estrutural, é necessário que o teor de material passante na peneira de abertura 0,075 mm seja menor que 15% para os Agregados de Resíduo de Concreto (ARC), e menor que 20% para os Agregado de Resíduo Misto (ARM).

Apesar de não ter disso realizado o ensaio de determinação de finos que passam pela peneira de abertura 0,075 mm, normatizado pela NBR NM 46/2003, estimou-se, através da quantidade passante na peneira de abertura 0,075 mm no ensaio de composição granulométrica, que o teor de finos da areia fina reciclada dificilmente será maior que os valores definidos nesta tabela, uma vez que a porcentagem passante foi de 7,2%, ou seja, menos da metade do menor valor fixado pela norma.

No entanto, ressaltando que a curva granulométrica obtida não está dentro dos limites impostos pela NBR 7211/2009, conforme já mencionado, conclui-se que, em se tratando de composição granulométrica, esse lote de areia fina reciclado em análise não se adequa para a produção de concretos sem função estrutural.

Para contornar esses percalços, em concreto sem função estrutural e em obras de pavimentação, a NBR 15116/2004 admite o emprego de agregado reciclado classe A, substituindo parcial ou totalmente os agregados convencionais.

7.2.3.2 Areia Média

O ensaio de composição granulométrica do lote coletado de areia média comercializada pela Areia Bela Vista foi realizado de maneira idêntica ao ensaio da areia fina. Como a massa mínima por amostra (m_1 e m_2) para esse ensaio, conforme a Tabela 2 da NBR NM 248/2003, também é de 300 g, utilizou-se a mesma massa do ensaio anterior, 500 g. Seguiu-se, então, com os mesmos passos descritos no item 7.2.3.1 acima. A Figura 7.16 exhibe as peneiras após a destacarem-se as peneiras para pesagem, enquanto o resultado da composição granulométrica encontra-se na Tabela 7.4.



Figura 7.16 – Material retido em cada peneira (areia média).

Tabela 7.4 – Composição granulométrica da areia média.

Pen. (mm)	AMOSTRA m ₁			AMOSTRA m ₂			MÉDIA	
	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acum.	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acum.	% Retida	% Ret. Acum.
6,3 ¹	0,49	0,1	0	1,16	0,2	0	0,2	0
4,8	5,5	1,1	1	3,10	0,6	1	0,9	1
2,4	14,10	2,8	4	17,73	3,5	4	3,2	4
1,2	15,26	3,1	7	18,35	3,7	8	3,4	8
0,6	9,22	1,8	9	11,22	2,2	10	2,0	10
0,3	117,62	23,5	32	101,15	20,2	31	21,9	31
0,15	231,62	46,3	79	250,80	50,2	81	48,2	80
0,075 ¹	95,10	19,0	98	85,05	17,0	98	18,0	98
Fundo ¹	11,00	2,2	100	11,33	2,3	100	2,2	100
TOTAL	499,96	100	-	499,89	100	-	100	-
Módulo de Finura (%)					1,34			
Dimensão Máxima Característica (mm)					2,4			

¹ Essas peneiras não fazem parte da série normal e, assim, não são consideradas no cálculo do Módulo de Finura.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 7.4, traçou-se a curva granulométrica da areia média comercializada pela Areia Bela Vista a partir da média entre as duas amostras (m_1 e m_2). A Figura 7.17 apresenta essa curva, a qual representa a porcentagem retida acumulada em cada uma das peneiras.

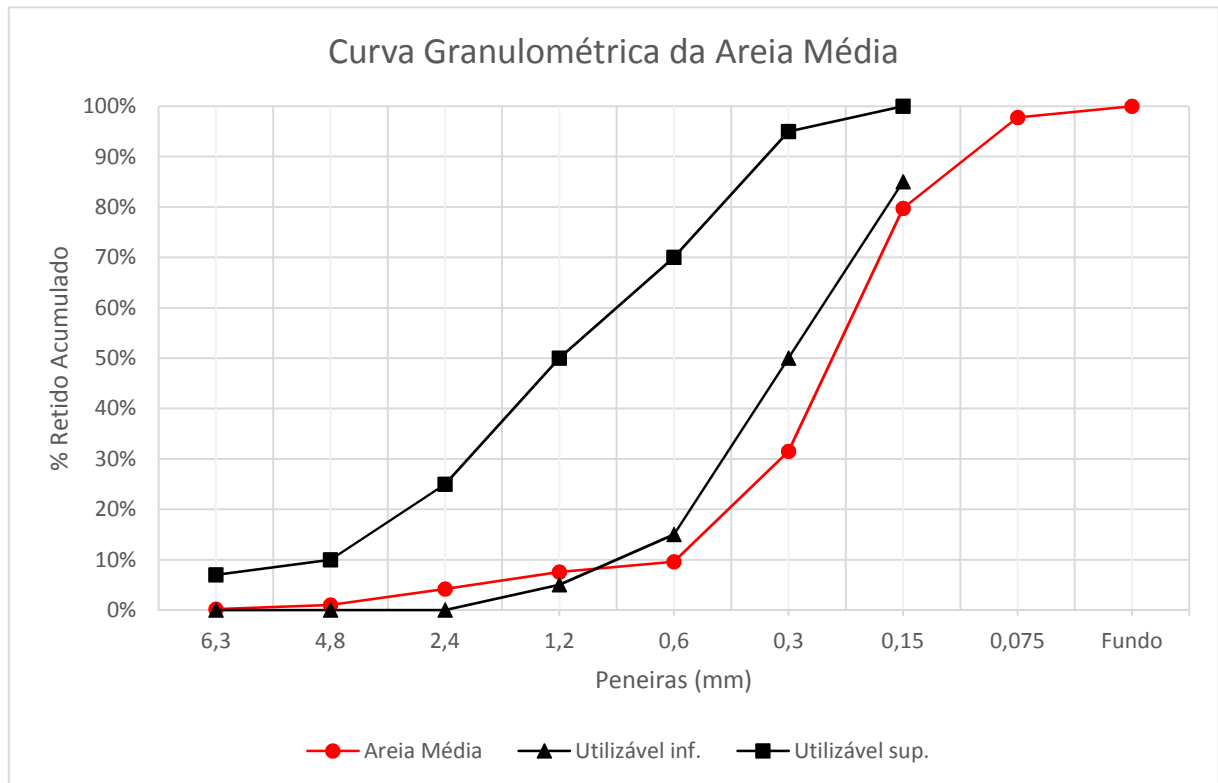


Figura 7.17 – Curva granulométrica da areia média.

Conforme a Figura 7.16 acima, a distribuição granulométrica para a areia média comercializada pela recicladora atende os limites inferiores estabelecidos na Tabela 2 da NBR 7211/2009 apenas para as peneiras de 6,3, 4,8, 2,4 e 1,2mm, o que corrobora com a não conformidade do material para aplicações em concretos estruturais.

Obtendo-se desta figura os valores dos diâmetros $D_{60\%}$ e $D_{10\%}$, estimou-se o coeficiente de uniformidade da areia média em análise, para avaliar sua adequação em usos em pavimentação, conforme a NBR 15116/2004. Dessa forma:

$$C_u = \frac{D_{60\%}}{D_{10\%}} = \frac{0,27}{0,11} = 2,45 < 10$$

Portanto, de acordo com a NBR 15116/2004, a areia média desse lote não pode ser empregada para fins de pavimentação, mesmo atendendo ao próximo quesito da Tabela 1 desta norma, o qual exige uma dimensão máxima característica menor ou igual a 63mm.

Também avaliou-se o uso desse agregado em concretos não estruturais, conforme a Tabela 3 da NBR 15116/2004 sugere o uso como enchimentos, contrapiso, blocos de vedação, dentre outros. Dessa forma, mesmo não realizando o ensaio de determinação de finos que passam pela peneira de abertura 0,075 mm, normatizado pela NBR NM 46/2003, estimou-se, através da quantidade passante na peneira de abertura 0,075 mm no ensaio de composição granulométrica, que o teor de finos da areia média reciclada dificilmente será maior que os valores definidos nesta tabela, uma vez que a porcentagem passante foi de 2,2%, ou seja, menos de seis vezes do menor valor fixado pela norma.

No entanto, ressaltando que a curva granulométrica obtida não está dentro dos limites impostos pela NBR 7211/2009, conforme já mencionado, conclui-se que, em se tratando de composição granulométrica, esse lote de areia média reciclado em análise não se adequa para a produção de concretos sem função estrutural.

De novo, com o intuito de contornar esses obstáculos, em concreto sem função estrutural e em obras de pavimentação, a NBR 15116/2004 admite o emprego de agregado reciclado classe A, substituindo parcial ou totalmente os agregados convencionais.

7.2.3.3 Areia Grossa

O ensaio de composição granulométrica do lote coletado de areia grossa comercializada pela Areia Bela Vista foi realizado de maneira semelhante aos ensaios tratados nos dois itens anteriores. No entanto, a massa mínima por amostra (m_1 e m_2) para esse ensaio, conforme a Tabela 2 da NBR NM 248/2003, é de 1 kg, massa então utilizada nos experimentos. Salvo essa diferença nas quantidades, seguiu-se, então, com os mesmos passos descritos nos itens 7.2.3.1 e 7.2.3.2. A Figura 7.18 exhibe as peneiras após a destacarem-se as peneiras para pesagem, enquanto o resultado da composição granulométrica encontra-se na Tabela 7.5.



Figura 7.18 – Material retido em cada peneira (areia grossa).

Tabela 7.5 – Composição granulométrica da areia grossa.

Pen. (mm)	AMOSTRA m ₁			AMOSTRA m ₂			MÉDIA	
	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acum.	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acum.	% Retida	% Ret. Acum.
6,3 ¹	56,24	5,6	6	57,81	5,8	6	5,7	6
4,8	128,88	12,9	19	102,10	10,2	16	11,5	17
2,4	206,00	20,6	39	212,53	21,3	37	20,9	38
1,2	163,51	16,4	55	160,52	16,1	53	16,2	54
0,6	34,76	3,5	59	33,18	3,3	57	3,4	58
0,3	72,41	7,2	66	59,66	6,0	63	6,6	64
0,15	190,26	19,0	85	226,74	22,7	85	20,9	85
0,075 ¹	114,50	11,5	97	111,89	11,2	96	11,3	97
Fundo ¹	33,24	3,3	100	33,99	3,4	100	3,4	100
TOTAL	999,80	100	-	998,42	100	-	100	-
Módulo de Finura (%)					3,7			
Dimensão Máxima Característica (mm)					9,5			

¹ Essas peneiras não fazem parte da série normal e, assim, não são consideradas no cálculo do Módulo de Finura.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 7.5, traçou-se a curva granulométrica da areia grossa comercializada pela Areia Bela Vista a partir da média entre as duas amostras (m_1 e m_2). A Figura 7.19 apresenta essa curva, a qual representa a porcentagem retida acumulada em cada uma das peneiras.

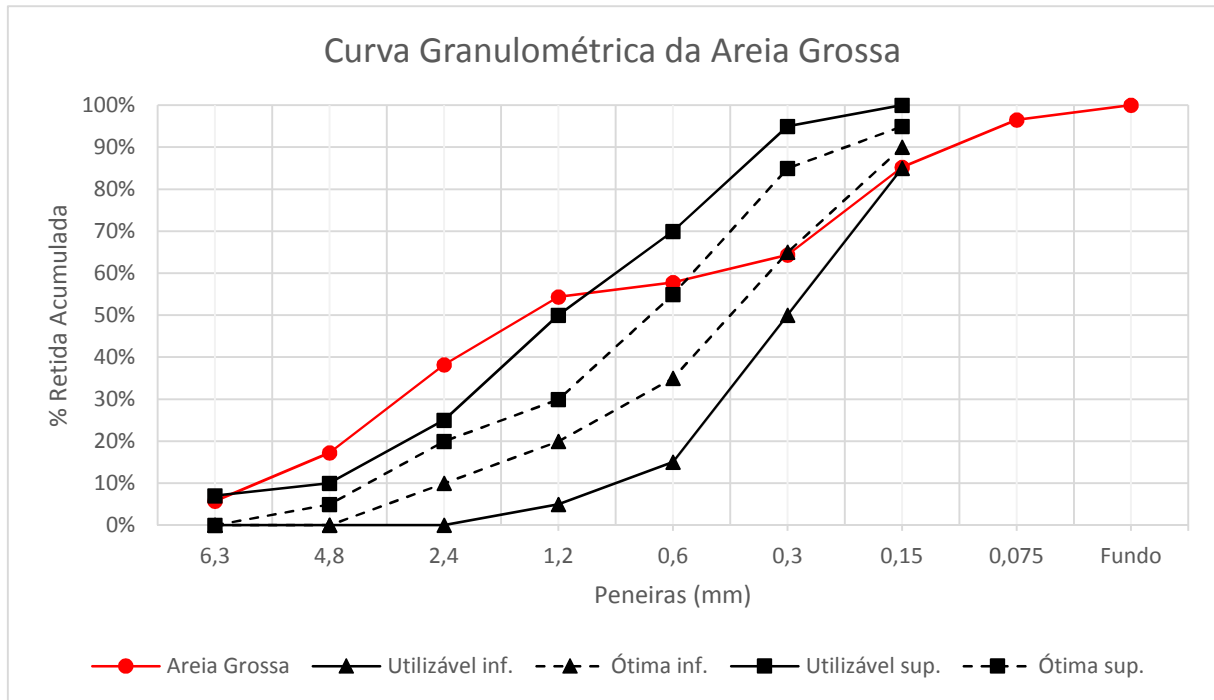


Figura 7.19 – Curva granulométrica da areia grossa.

A partir da análise da Figura 7.19 acima, nota-se que a distribuição granulométrica para a areia grossa comercializada pela recicladora não atende agora aos limites superiores estabelecidos na Tabela 2 da NBR 7211/2009 para as peneiras de 4,8, 2,4 e 1,2 mm, o que corrobora com a não conformidade do material para aplicações em concretos estruturais.

Obtendo-se desta figura os valores dos diâmetros $D_{60\%}$ e $D_{10\%}$, estimou-se o coeficiente de uniformidade da areia média em análise, para avaliar sua adequação em usos em pavimentação, conforme a NBR 15116/2004. Dessa forma:

$$C_u = \frac{D_{60\%}}{D_{10\%}} = \frac{2,3}{0,12} = 19,17 > 10$$

Dessa forma, de acordo com a NBR 15116/2004, a areia grossa desse lote tem grande potencial de ser empregada para fins de pavimentação, uma vez que atende os dois primeiros

quesitos da Tabela 1 desta norma, os quais exigem um coeficiente de uniformidade maior do que 10 e uma dimensão máxima característica menor ou igual a 63 mm. Assim, para garantir a conformidade com a norma, seria necessário verificar se o índice de forma, o teor de material passante na peneira 0,42 mm e os teores máximos de contaminantes desse lote de areia grossa encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

Para averiguar a conformidade da composição granulométrica da areia grossa reciclada com o uso em camadas de revestimento em pavimentação, comparou-se a curva obtida na Figura 7.19 com os limites impostos pelas normas DNIT 031/2006-ES e DNER-ES 386/1999. A DNIT 031/2006-ES fixa valores inferiores e superiores de material passante em determinadas peneiras para fabricação de Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ) faixa C. Como algumas peneiras empregadas nos ensaios de granulometria para pavimentação diferem das estipuladas pela NBR NM 248/2003. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 7.6 e Figura 7.20 a seguir.

Tabela 7.6 – Comparação da granulometria da areia grossa com a DNIT 031/2006 – ES.

PENEIRA	% PASSANTE		
	Limite Inferior	Areia Grossa Reciclada	Limite Superior
19,1	100	100	100
12,7	80	100	100
9,5	70	100	90
4,8	44	83	72
2	22	52	50
0,42	8	40	26
0,18	4	18	16
0,075	2	3	10

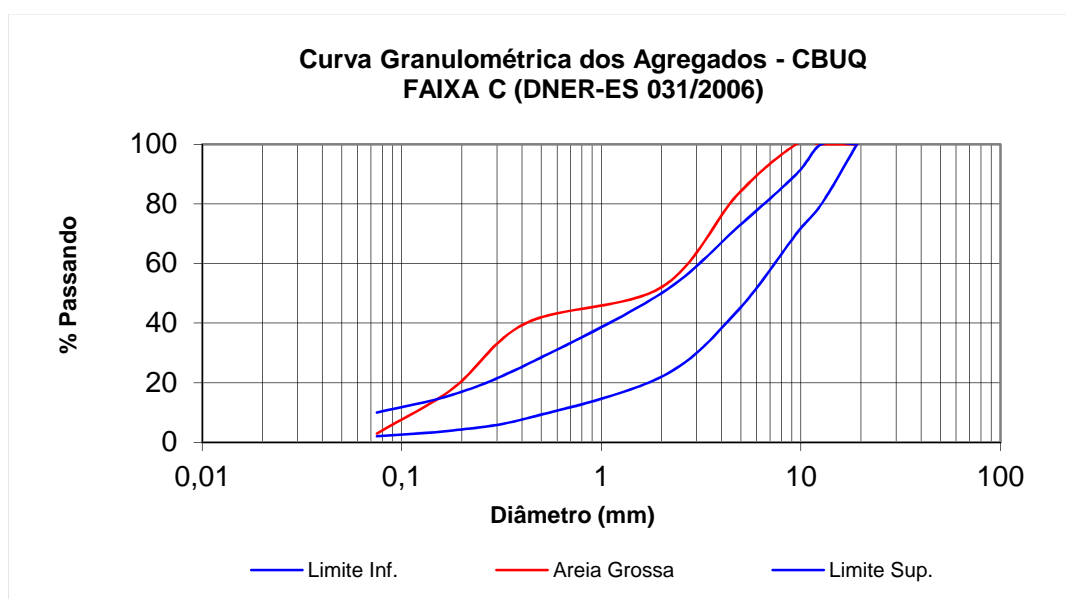


Figura 7.20 – Comparação da curva granulométrica da areia grossa com a DNIT 031/2006 – ES.

A análise tanto da Tabela 7.6, quanto da Figura 7.20, permite verificar que a areia grossa reciclada encontra-se ligeiramente fora dos limites para a maioria das peneiras, estando dentro desses para as peneiras de 19,1, 12,7 e 0,075mm. Apesar disso, nota-se que a curva granulométrica da areia grossa em análise está próxima aos limites superiores estabelecidos pela DNIT 031/2006 – ES para o uso em CBUQ Faixa C. Assim, uma correção da composição granulométrica é requerida para o emprego desses agregados em camadas de revestimento em CBUQ Faixa C, conforme a norma vigente.

A DNER-ES 386/1999, por sua vez, fixa valores inferiores e superiores de material passante em determinadas peneiras para fabricação de Areia Asfalto Usinada à Quente (CBUQ) Faixa C. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 7.7 e Figura 7.21 a seguir.

Tabela 7.7 – Comparação da granulometria da areia grossa com a DNER-ES 386/1999.

PENEIRA	% PASSANTE		
	Limite Inferior	Areia Grossa Reciclada	Limite Superior
19,1	100	100	100
12,7	100	100	100
9,5	100	100	100
4,8	85	83	100
2	25	52	100
0,42	0	40	62
0,18	0	18	12
0,075	5	3	9

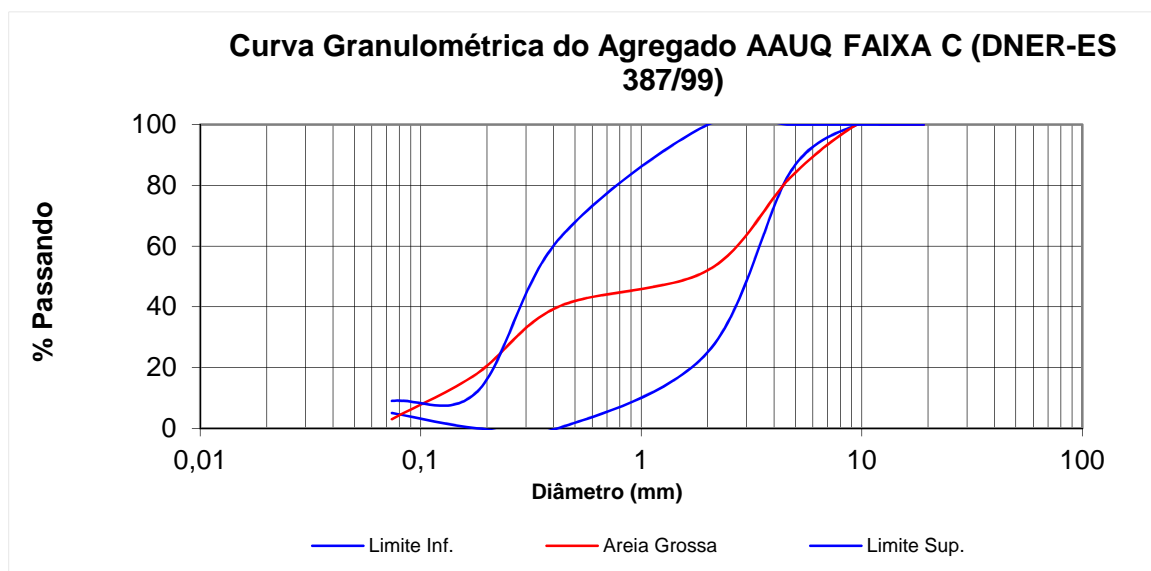


Figura 7.21 – Comparação da curva granulométrica da areia grossa com a DNER-ES 386/1999.

Em relação ao uso da areia grossa reciclada como agregado para fabricação de revestimento asfáltico do tipo AAUQ Faixa C, a Tabela 7.7 e a Figura 7.21 possibilitam afirmar que a areia encontra-se ligeiramente fora dos limites estabelecidos pela DNER-ES 386/1999. Neste caso, a granulometria da areia diferiu ligeiramente com os limites das peneiras 4,8, 0,18 e 0,075 mm.

Não foram encontrados dados suficientes das composições granulométricas de agregados mais usais para as camadas de base, sub-base ou reforço de subleito.

Também avaliou-se o uso desse agregado em concretos não estruturais, conforme a Tabela 3 da NBR 15116/2004 sugere o uso como enchimentos, contrapiso, blocos de vedação, dentre outros. Dessa forma, mesmo não realizando o ensaio de determinação de finos que passam pela peneira de abertura 0,075 mm, normatizado pela NBR NM 46/2003, estimou-se, através da quantidade passante na peneira de abertura 0,075 mm no ensaio de composição granulométrica, que o teor de finos da areia grossa reciclada dificilmente será maior que os valores definidos nesta tabela, uma vez que a porcentagem passante foi de 3,4%, ou seja, menos de quatro vezes do menor valor fixado pela norma.

No entanto, ressaltando que a curva granulométrica obtida não está dentro dos limites impostos pela NBR 7211/2009, conforme já mencionado, conclui-se que, em se tratando de composição granulométrica, esse lote de areia grossa reciclado em análise não se adequa para a produção de concretos sem função estrutural.

De novo, com o intuito de contornar esses obstáculos, em concreto sem função estrutural, a NBR 15116/2004 admite o emprego de agregado reciclado classe A, substituindo parcial ou totalmente os agregados convencionais.

7.2.4 Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos

A massa específica das areias coletadas para objeto de estudo deste trabalho foi obtida conforme a NBR 9776/1987, norma mais utilizada em laboratórios atualmente para este fim, apesar de sua substituição pela NBR NM 52/2009. Mehta (1994) define *massa específica* como a massa do material por unidade de volume, incluindo os poros permeáveis das partículas.

Conforme estipulado no Item 6 da NBR 9776/1987, a execução do ensaio procedeu-se da seguinte maneira para os três tipos de areia reciclada (fina, média e grossa):

Primeiramente, colocou-se água no frasco Chapman até a marca de 200 cm³, deixando a água repousar para que suas partículas aderidas à parede do frasco pudessem escorrer totalmente (Figura 7.22 a). Em seguida, introduziram-se, de maneira cautelosa, 500 g do agregado miúdo seco no frasco, o qual deve ser devidamente agitado para eliminação das bolhas de ar (Figura 7.22 b/c). Por fim, estipulou-se o volume, em cm³, ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo através da leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco (Figura 7.22 d). É importante salientar que as faces internas do frasco devem estar

completamente secas e sem grãos aderentes, além de realizar as medições na parte inferior do menisco formado. A seguir, a Figura 7.22 apresenta a sequência descrita.

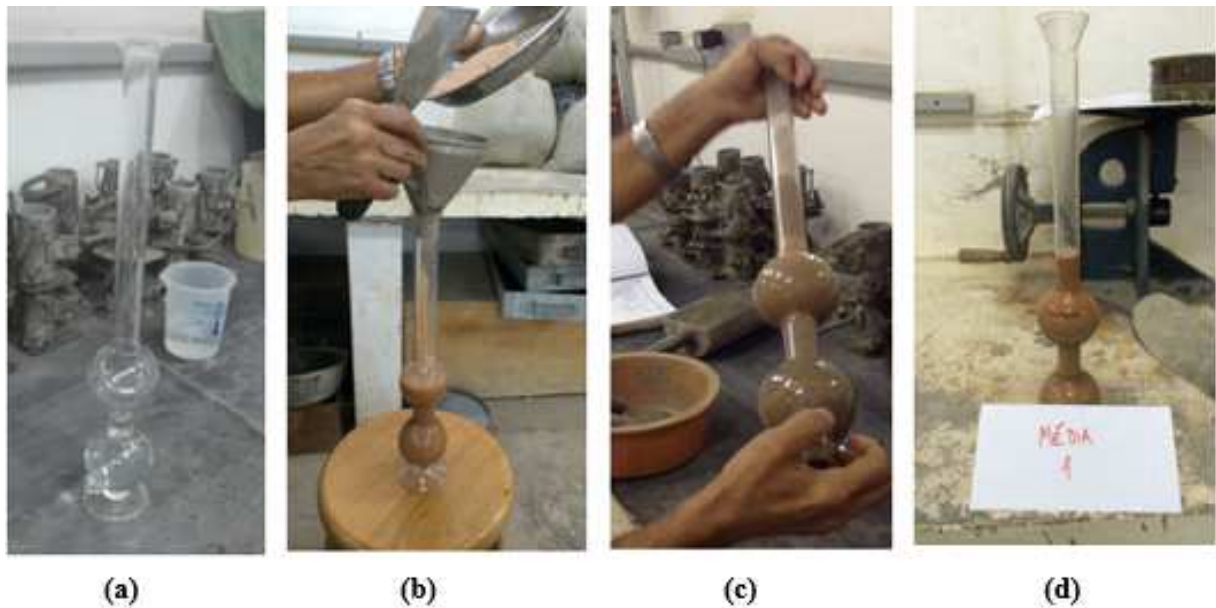


Figura 7.22 – (a) Água em repouso no frasco Chapman, (b) Introdução dos agregados no frasco, (c) Agitação (d) Repouso do conjunto água-agregado miúdo.

Com os resultados das leituras realizadas, a massa específica dos agregados foi então calculada através da expressão:

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad (\text{Equação 7.2 – Massa específica pelo frasco Chapman})$$

onde,

γ : Massa específica do agregado miúdo, expressa em g/cm^3 ;

L: Leitura do frasco, a qual representa o volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo.

Conforme estipula a NBR 9776/1987, duas determinações consecutivas foram realizadas com amostras do mesmo agregado, as quais não podem diferir entre si de mais de $0,05 \text{ g/cm}^3$. O resultado deve, então, ser expresso pela média das duas medições, com três algarismos significativos.

7.2.4.1 Areia Fina

Seguindo os passos descritos no item 7.2.4 acima, os dados obtidos estão expressos na Tabela 7.8 abaixo.

Tabela 7.8 – Leituras do frasco Chapman para a areia fina.

	1ª DETERMINAÇÃO	2ª DETERMINAÇÃO	MÉDIA
Massa (g)	500	500	500
L (cm ³)	389	390	389,5
γ (g/cm ³)	2,65	2,63	2,64

Dessa forma, calculou-se a massa específica do agregado mediante a expressão 7.2.

$$\gamma = \frac{500}{389,5 - 200} = 2,64 \text{ g/cm}^3$$

7.2.4.2 Areia Média

Seguindo os passos descritos no item 7.2.4, os dados obtidos estão expressos na Tabela 7.9 abaixo.

Tabela 7.9 – Leituras do frasco Chapman para a areia média.

	1ª DETERMINAÇÃO	2ª DETERMINAÇÃO	MÉDIA
Massa (g)	500	500	500
L (cm ³)	389	389	389
γ (g/cm ³)	2,65	2,65	2,65

Dessa forma, calculou-se a massa específica do agregado mediante a expressão 7.2.

$$\gamma = \frac{500}{389 - 200} = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

7.2.4.3 Areia Grossa

Seguindo os passos descritos no item 7.2.4, os dados obtidos estão expressos na Tabela 7.10 abaixo.

Tabela 7.10 – Leituras do frasco Chapman para a areia grossa.

	1ª DETERMINAÇÃO	2ª DETERMINAÇÃO	MÉDIA
Massa (g)	500	500	500
L (cm ³)	390	390	390
γ (g/cm ³)	2,63	2,63	2,63

Dessa forma, calculou-se a massa específica do agregado mediante a expressão 7.2.

$$\gamma = \frac{500}{390 - 200} = 2,63 \text{ g/cm}^3$$

7.2.4.4 Análise dos Dados

Diferentemente da análise referente ao ensaio de determinação da composição granulométrica, escolheu-se avaliar os resultados obtidos no ensaio de determinação da massa específica para cada tipo de areia simultaneamente, uma vez que o desvio padrão entre eles é de apenas 0,01 g/cm³.

A NBR 15116/2004, norma que trata dos requisitos à utilização de agregados reciclados em pavimentação ou em concretos sem função estrutural, não trata da massa específica dos agregados, ou seja, não estabelece limites mínimos ou máximos para seus valores. Em consequência, infere-se que a massa específica não é um parâmetro de aprovação ou reprovação dos agregados no que diz respeito ao seu uso em pavimentação ou em concretos sem função estrutural.

A determinação da massa específica de agregados é um fator importante na dosagem de concretos, tenha ele função estrutural ou não, já que ela é utilizada nos procedimentos de proporcionamento do concreto. Segundo Mehta (1994), para fins de dosagem do concreto, é suficiente a determinação da massa específica dos agregados, não sendo necessária a determinação da massa específica real destes. Isso porque é importante conhecer o volume ocupado pelas partículas do agregado, incluindo os poros existentes dentro das partículas.

Conforme Leite (2001) *apud* Carrijo (2005), a massa específica de agregados miúdos reciclados é ligeiramente menor em relação aos naturais. Dessa forma, caso os concretos sejam dosados em massa, o volume de material reciclado correspondente à massa de agregado natural seria maior, resultando em uma distorção entre os volumes de concreto convencional e reciclado produzidos a partir de um mesmo traço unitário. Por esse motivo, Carrijo (2005) sugere uma compensação da massa de material reciclado quando este for utilizado nas misturas de concreto.

Segundo Carrijo (2005), a pasta aderida ao agregado natural é uma das grandes causas da alta porosidade encontrada em agregados reciclados, e, à medida em que a porosidade dos agregados aumenta, a massa específica destes diminui.

Um dos entraves à análise dos dados obtidos para as massas específicas das areias recicladas fornecidas pela Areia Bela Vista foi a falta de valores bibliográficos disponíveis para comparação, ou seja, dificultando a contraposição dos agregados reciclados com os naturais. Mehta (1994) indica que, para muitas rochas comumente utilizadas como fonte de agregados, a massa específica varia de 2,60 a 2,70 g/cm³.

Souza e Soares (2013), calcularam a massa específica para o agregado miúdo disponível no LEM/UnB. O agregado era do tipo areia de leito de rio e sua massa específica foi de 2,63 g/cm³, calculada pelos mesmos métodos utilizados para elaboração deste trabalho.

A partir dos dados apresentados acima para valores médios de massa específica para agregados miúdos naturais, é possível afirmar que as massas específicas das areias recicladas analisadas no item 7.2.4 deste trabalho encontram-se em conformidade com as de agregados naturais. Em relação ao trabalho de Souza e Soares (2013), a massa específica da areia fina reciclada é 0,01 g/cm³ maior do que a da natural, enquanto a da areia média reciclada é 0,02g/cm³ maior. A areia grossa reciclada apresenta a mesma massa específica do que a da areia natural analisada por Souza e Soares (2013).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa motivou-se, principalmente, em virtude do quadro insustentável de geração e gestão de resíduos sólidos da construção civil. O volume dos resíduos provenientes das atividades da construção civil é expressivo e cada vez maior. Se não tratado adequadamente, continuará a impactar o meio ambiente urbano, o qual se torna um local propício à proliferação de vetores de doenças. Sua deposição indiscriminada em locais inapropriados cria verdadeiras ilhas de entulho, entope sistemas de drenagem urbana, causa o assoreamento de córregos e rios, obstrói vias e logradouros públicos, dentre outros efeitos colaterais.

A partir da investigação do panorama da gestão dos resíduos sólidos da construção civil, verificou-se que, atualmente, o Distrito Federal não se encontra dentro das normas estabelecidas pela Resolução CONAMA n°307/2002 e sua nova redação definida pela Resolução n° 448/2012. O prazo máximo estabelecido pela nova redação para a implantação de um plano de gestão integrada dos resíduos da construção civil encerrou-se 18 de julho de 2013. Dessa forma, o DF está quase um ano e meio atrasado em relação ao prazo estipulado.

Cabe ressaltar que o prazo inicial estipulado pela CONAMA n° 307/2002 para a elaboração e publicação do plano vencia em junho de 2003, ou seja, neste contexto, esse atraso aumenta para mais de uma década. Estes fatores podem ser indicados como um dos principais causadores do caos no panorama atual da gestão de RCC no DF apresentado neste trabalho.

O levantamento de dados sobre a geração e caracterização dos entulhos da construção civil foi um dos entraves às pesquisas propostas para a realização deste trabalho. Isso porque as informações disponíveis atualmente são obtidas, muitas vezes, através de metodologias de pesquisa distintas. De modo geral, há uma grande dificuldade em estabelecerem-se estimativas não apenas da geração de RCC, mas também do seu tratamento e da sua disposição final, não apenas para o DF, mas também em nível nacional.

Mesmo com os obstáculos descritos acima, os dados necessários à construção do fluxograma do atual gerenciamento de RCC no DF foram todos obtidos. Dessa forma, mapeou-se, de maneira concisa e de simples visualização, as quantidades de entulho da construção geradas, bem como as contribuições de seus principais atores, formas de transporte e descarte. Com isso, espera-se que o fluxograma fruto deste trabalho sirva como uma ferramenta de suporte a futuros trabalhos.

O estudo detalhado e descritivo do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos no Distrito Federal, bem como do Relatório Anual de Atividades de 2013 do Serviço de Limpeza Urbana, proporcionou um entendimento mais claro da maneira como o Poder Público do Distrito Federal pretende enfrentar o péssimo quadro em que o DF encontra-se no que tange às políticas de gerenciamento de RCC. Além do mais, tanto o plano, quanto o relatório, apresentam vários estudos já realizados nesse contexto que não são encontrados com facilidade, como os mapas dos pontos de descarte clandestino e das áreas destinadas aos pontos de entrega para pequenos volumes e os volumes gerados nos últimos anos.

O registro fotográfico de alguns pontos de descarte ilegal de resíduos da construção espalhados pelo DF obteve êxito ao conseguir contrastar esses pontos com algumas das proibições definidas pela Resolução CONAMA n° 307/2002, e nova redação CONAMA n° 448/2012, em seu Artigo 4° Parágrafo 1°. Além do mais, esse registro serviu para dar cores ao panorama da gestão de RCC no DF percorrido ao longo desta pesquisa.

A partir da análise realizada ao longo deste trabalho, conclui-se que as metas em quaisquer planos de gerenciamento de entulhos da construção civil devem priorizar a redução das quantidades de resíduos geradas, além de incentivar práticas de reutilização e reciclagem destes, promovendo, assim, o adequado gerenciamento, a ampliação dos serviços de processamento e a reciclagem dos RCC. Dessa forma, é indiscutível e urgente a necessidade de se implementarem sistemas de gestão de resíduos sólidos preventivos, modernos e eficazes. Como consequência, torna-se possível reduzir os gastos públicos na correção de deposições irregulares e promover medidas que não se ancorem exclusivamente no aterramento para a recuperação de áreas degradadas.

Entretanto, aparentemente, este assunto tem despertado maiores interesses no meio acadêmico do que na prática. Portanto, a geração de RCC ainda mantém-se em níveis alarmantes no Brasil devido, principalmente, à falta de ação do Poder Público, o qual deveria tomar medidas que reforçassem a fiscalização e a aplicação das leis vigentes, multar os infratores, e realizar campanhas de conscientização ambiental para a população em geral.

Em relação ao estudo de caso com a Fornecedora de Areia Bela Vista, esperava-se obter uma análise mais aprofundada do processo produtivo da empresa, no sentido de caracterizar, detalhadamente, cada uma das etapas associadas à reciclagem de RCC na empresa. Isso ocorreu em consequência da dificuldade em conciliarem-se os horários

concorridos do proprietário da recicladora com os disponíveis para a realização desta pesquisa.

Enquanto a origem e transporte dos resíduos e a separação do material foram avaliados como pretendia-se, a linha de produção e as aplicações dos produtos da reciclagem (mercado da empresa) foram debatidos de maneira mais simplista à planejada. No entanto, em relação aos objetivos e metodologia da pesquisa, consideraram-se satisfatórios a abordagem dada e os resultados alcançados.

Os ensaios propostos para caracterização dos agregados reciclados – determinação da composição granulométrica e da massa específica – permitiram analisar a viabilidade do uso de agregados reciclados produzidos no Distrito Federal. Pretendia-se avaliar as características de agregados graúdos e miúdos, entretanto, não havia agregados graúdos reciclados na empresa durante as visitas realizadas a esta.

Com os ensaios de massa específica, verificou-se que os agregados miúdos produzidos pela recicladora apresentam uma massa específica muito próxima, com um desvio padrão de $0,01 \text{ g/cm}^3$, seja a areia fina, média ou grossa. As massas específicas encontradas para as areias recicladas encontram-se em conformidade com os dados obtidos para massas específicas de agregados naturais.

Dessa forma, conclui-se que a massa específica não é um fator crítico na produção de agregados miúdos reciclados. Cabe salientar, que a comparação dos valores obtidos nesta pesquisa com outros encontrados na literatura é uma tarefa bastante delicada, dada a baixa disponibilidade de dados confiáveis a cerca da massa específica de agregados naturais.

Com os ensaios de granulometria, observou-se uma composição granulométrica muito similar entre as areias recicladas fina e média ensaiadas, porém divergindo na dimensão máxima característica (1,2mm para a areia fina e 2,4mm para a areia média), e no módulo de finura (1,14% para a areia fina e 1,34% para a areia média). Ambas areias foram comparadas com os limites estabelecidos pelas normass vigentes, com o intuito de verificar suas possíveis aplicações.

De acordo com a NBR 15116/2004, nenhuma das duas pode ser empregada para fins de pavimentação, sendo ambas reprovadas por terem coeficientes de uniformidades inferiores a 10. Em relação aos limites da NBR 7211/2009, constatou-se que as areias recilcadas fina e média também foram reprovadas para a produção de concretos sem função estrutural.

O ensaio de composição granulométrica da areia reciclada grossa apresentou resultados distintos, no entanto. Com dimensão máxima característica 9,5 mm e módulo de finura 3,7%, a areia grossa atendeu aos limites estabelecidos pela NBR 15116/2004 para fins de uso em camadas de pavimentação. Dessa forma, para garantir a conformidade com a norma, seria necessário verificar se o índice de forma, o teor de material passante na peneira 0,42 mm e os teores máximos de contaminantes desse lote de areia grossa encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

Analizou-se, então, o material de acordo com as normas DNIT 031/2006-ES e DNER-ES 386/1999, que estabelecem os limites de granulometria para agregados na fabricação de CBUQ e AAUQ, respectivamente. A granulometria do material divergiu, ligeiramente, de alguns desses limites. Apesar disso, não se pode esquecer do recorrido a respeito das aproximações que se fizeram necessárias para analisar o material reciclado com essas duas normas. Não foram encontrados dados suficientes das composições granulométricas de agregados mais usais para as camadas de base, sub-base ou reforço de subleito para comparação com a areia grossa reciclada.

A curva granulométrica obtida para areia grossa não está dentro dos limites impostos pela NBR 7211/2009, assim, conclui-se que, em se tratando de composição granulométrica, esse lote de areia reciclado em análise não se adequa para a produção de concretos sem função estrutural.

Por fim, os resultados dos ensaios de composição granulométrica realizados apresentaram um comportamento fora do esperado, já que apenas a areia grossa foi aprovada por uma das normas que limitam o uso de agregados reciclados em pavimentação e concretos sem função estrutural. Uma das formas de contornar esses percalços, em concreto sem função estrutural e em obras de pavimentação, seria substituir, parcialmente, os agregados reciclados classe A por agregados naturais, conforme admite a NBR 15116/2004.

8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para futuras pesquisas o estudo das outras características não ensaiadas neste trabalho, e que são requisitos da NBR 15116/2004. Essa análise permitiria avaliar a adequação do agregado a obras de pavimentação e à produção dos concretos não estruturais. Ainda, sugere-se estudar os efeitos das substituições parciais dos agregados reciclados por porcentagens de agregados naturais nas características principais dos agregados.

Outra sugestão seria realizar uma análise do viés econômico da produção e emprego de agregados reciclados, tecendo, assim, uma avaliação dos impactos dos custos oriundos do mercado de agregados reciclados. Isso porque, atualmente, um dos principais obstáculos no uso dos materiais obtidos da reciclagem dos resíduos da construção civil é o custo da britagem, graduação, controle de pó e separação dos constituintes indesejáveis. Não obstante, em locais onde agregados de boa qualidade são escassos ou quando o custo de deposição do entulho é incluído na análise econômica, a reciclagem dos materiais Classe A e posterior utilização dos produtos finais deste passa a ser uma fonte economicamente viável de agregados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**, 2010 (Disponível em: www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2010.pdf. Acesso em: 25 de maio de 2013).

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**, 2012 (Disponível em: www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf. Acesso em: 25 de maio de 2013).

AGÊNCIA BRASIL DE NOTÍCIAS. **Construção civil é o setor com mais empregos e melhores salários**. Revista eletrônica: Pequenas Empresas & Grandes Negócios, 30 de Abril de 2010. (Disponível em: www.revistapegn.globo.com. Acesso em: 15/06/2013).

ANGULO, S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2000.

ARAÚJO, S. M. V. G.; JURAS, I.A.G.M. **Comentários à Leis dos Resíduos Sólidos**. São Paulo: Pillares, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776/1987. **Agregados**: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Março de 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26. **Agregados**: Amostragem. Outubro de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27. **Agregados**: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Maio de 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52. **Agregado miúdo**: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Outubro de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53. **Agregado gráudo:** Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Outubro de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248. **Agregados:** Determinação da Composição Granulométrica. Julho de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos sólidos:** Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15112. **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes:** Áreas de Transbordo e Triagem de RCD. Junho de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113. **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes:** Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114. **Resíduos sólidos da construção civil:** Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil:** Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Junho de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil:** Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Junho de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211. **Agregados para concreto – Especificação.** 29 de Maio de 2009.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos.** São Carlos: EESS/USP, 1999. 120p.

BOURSCHEID, J. A.; SOUZA, R. L. **Resíduos de Construção e Demolição como material alternativo.** Florianópolis, SC, 2010, 84p.

BRASIL. **Decreto nº 7.404/2011, de 23 de dezembro de 2010.** (Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm. Acesso em: 25 de maio de 2013).

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial.** PSS, USP, São Paulo, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 307, de 05 de julho de 2002.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos.** Novembro/2012. (Disponível em: www.cbicdados.com.br. Acesso em: 29 de maio de 2013).

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB Brasil e Construção Civil.** Maio/2013. (Disponível em: www.cbicdados.com.br. Acesso em: 29 de maio de 2013).

CARNEIRO, A. P.; CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção:** Projeto entulho bom. EDUFBA, Caixa Econômica Federal, Salvador, 312 p, 1ª edição, 2001.

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

CHRISTOFIDIS, D. Notas de aula, Disciplina: **Sistemas Hidráulicos de Saneamento,** Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 2013.

CORREIO BRAZILIENSE. Bernardes, Adriana. **Entulho da construção civil invade a capital e destrói o meio ambiente.** 28 de março de 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ES 987/1999. **Pavimentação:** areia asfalto à quente com asfalto polímero. 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRASTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 031/2006 – ES. **Pavimentos flexíveis:** concreto asfáltico – especificação de serviço. 2006.

ERPEN, M. L. **Resíduos Sólidos de Construção e Demolição.** Estudo de Caso: Gurupi – TO. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2009.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2000, 113p.

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

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: ABES, 2001.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.** Série de Publicações Temáticas do CREA-PR. S.D.

MCBEAN, E. A.; ROVERS, F. A.; FARQUHAR, G. J. **Solid Waste Landfill Engineering and Design.** Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, 1995, 521p.

MEHTA, POVINDAR KUMAR. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** P. Kumar Mehta, Paulo J. M. Monteiro. São Paulo: Pini, 1994, 573p.

NETO, J. C. M. **Gestão dos Resíduos Sólidos de Construção e Demolição.** São Carlos: RIMA, 2005, 162p.

NURENE. Núcleo Regional Nordeste. **Resíduos Sólidos:** gerenciamento e reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD). Guia do profissional em treinamento: níveis 1 e 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Salvador, 2008, 76p.

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

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil.** Como implantar um Sistema de Manejo e Gestão dos Resíduos da Construção Civil nos Municípios. Brasília: Caixa Econômica Federal; Ministério das Cidades, Ministério do Meio Ambiente, 2005. v. 1, 198p.

SEMARH. **Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC).** Brasília, DF, Dezembro de 2013, 35p.

SLU. **Relatório de Atividades – Exercício 2013.** Brasília, DF, 2013, 15p.

SOUSA, A. A. C.; SOARES, G. G. **Utilização de agregados reciclados de RCC:** produção de concretos C10 e C15. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 90p.

ROCHA, E. G. A. **Os Resíduos Sólidos de Construção e Demolição:** gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil (2006), E.DM – 002/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155p.

SOUZA, U. E. L. de et. al. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios:** uma abordagem progressiva. Ambiente Construído, v.4, nº 4, p.33-46, 2004.

TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of Solid Waste Management.** 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos,** 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ANEXO A

Anexo A – CTR (NBR 15.112/2004 *apud* PIGRCC, 2013).

CTR - CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS (NBR 15.112/2004) (3 vias : gerador, transportador e destinatário) (informações mínimas essenciais – podem estar incluídas nos formulários próprios dos transportadores)			
1. IDENTIFICAÇÃO DO TRANSPORTADOR			
Nome ou Razão Social:		tel:	
Endereço:		Cadastro Municipal:	
Nome do condutor:		Placa do veículo:	
2. IDENTIFICAÇÃO DO GERADOR			
Nome ou Razão Social:		tel:	
Endereço:		CPF ou CNPJ:	
2.1 ENDEREÇO DA RETIRADA			
Rua/Av.:	Bairro:	Município:	
3. IDENTIFICAÇÃO da Área Receptora de grandes volumes			
Nome ou Razão Social:	Nº da Licença Funcionamento:		
Endereço:	tel:		
4. CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO			
Volume transportado	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	m ³	
	Concreto / Argamassa / Alvenaria Volumosos (móveis e outros) Volumosos (podas)	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	Solo Madeira Outros (especificar)
		<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>
5. RESPONSABILIDADES			
Visto do condutor do veículo: _____		Visto do gerador ou responsável pelo serviço: _____	
Visto e carimbo da Área Receptora de Grandes Volumes: _____			
Data: / /		Horário: : h	
6. ORIENTAÇÃO AO USUÁRIO (DE ACORDO COM A LEI MUNICIPAL Nº __ DE __ DE __ E AS SANÇÕES NELA PREVISTAS)			
a) o gerador só pode dispor no equipamento de coleta resíduos da construção civil e resíduos volumosos (penalidade Ref. II); b) o transportador é proibido de coletar e transportar equipamentos com resíduos domiciliares, industriais e outros (penalidade Ref. VI); c) o gerador só pode dispor resíduos até o limite superior original do equipamento (penalidade Ref. III); d) o transportador é proibido de deslocar equipamentos com excesso de volume (penalidade Ref. VII); e) o transportador é obrigado a usar dispositivo de cobertura de carga dos resíduos (penalidade Ref. XII); f) as caçambas devem ser estacionadas prioritariamente no interior do imóvel; g) o posicionamento das caçambas em via pública é responsabilidade do transportador – sua posição não pode ser alterada pelo gerador (penalidade Ref. XI); h) as caçambas estacionárias podem ser utilizadas pelo prazo máximo de [5 (cinco) dias], ou [48 (quarenta e oito) horas], em vias especiais; i) ao gerador é proibido contratar transportador não cadastrado pela administração municipal (penalidade Ref. IV) j) o gerador tem o direito de receber do transportador documento de comprovação da correta destinação dos resíduos coletados (penalidade Ref. XIII, ao transportador)			