

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

**OS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO: GERENCIAMENTO, QUANTIFICAÇÃO E  
CARACTERIZAÇÃO. UM ESTUDO DE CASO NO  
DISTRITO FEDERAL**

**EIDER GOMES DE AZEVEDO ROCHA**

**ORIENTADOR: ROSA MARIA SPOSTO  
CO-ORIENTADOR: RAQUEL NAVES BLUMENSCHINE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: E.DM – 002A/06  
BRASÍLIA/DF: MARÇO / 2006**

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

**OS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO:  
GERENCIAMENTO, QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO.  
UM ESTUDO DE CASO NO DISTRITO FEDERAL**

**EIDER GOMES DE AZEVEDO ROCHA**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO  
DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO  
CIVIL.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof.<sup>a</sup> Rosa Maria Spoto, D.Sc. (UnB)  
(Orientador)**

---

**Prof.<sup>a</sup> Raquel Naves Blumenschein, D.Sc. (UnB)  
(Co-orientador)**

---

**Prof.<sup>o</sup> Antônio Alberto Nepomuceno, Dr. Ing. (UnB)  
(Examinador Interno)**

---

**Prof.<sup>a</sup> Rejane Maria Candiota Tubino, D.Sc. (UFG)  
(Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF, 10 de Março de 2006.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

ROCHA, EIDER GOMES DE AZEVEDO.	
Os Resíduos Sólidos de Construção e Demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal [Distrito Federal] 2006.	
xix, 155p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2006).	
Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.	
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1.Resíduos	2.Resíduos sólidos
3.Entulho	4. Reciclagem
5.Gerenciamento de resíduos	
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

ROCHA, E. G. A. (2006). 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 – 002A/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Eider Gomes de Azevedo Rocha.

TÍTULO: Os Resíduos Sólidos de Construção e Demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal.

GRAU: Mestre

ANO: 2006

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

---

Eider Gomes de Azevedo Rocha  
SQN 409, bloco O, apto. 102. Asa Norte.  
70857-150. Brasília – DF – Brasil.

## ***DEDICATÓRIA***

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais e irmãos,  
pelo incentivo, conforto e confiança que  
possibilitaram completar esta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela companhia diária, trazendo-me paciência e paz nos momentos de apreensão, bem como pelo incentivo e encorajamento nos momentos de dúvida, permitindo que seguisse firme nesta empreitada.

A meus pais, Rocha e Resilda, e aos meus irmãos, Emerson e Enio, que sempre se mostraram solidários, inspirando-me a seguir na caminhada, por meio de palavras de incentivo e encorajamento.

A minha noiva, Any, e aos seus familiares, pelo apoio que transferiram e pelas palavras de carinho, que muitas vezes me fizeram esquecer a distância que nos separava.

À minha orientadora e amiga, professora Rosa Maria Sposto, pela oportunidade do tema, confiança e ensinamentos transmitidos, indo muito além do papel de educadora, como também à co-orientadora, professora Raquel Naves Blumenschein.

A meus amigos, Nielsen Alves, Francisco Gabriel, Helder Pontes, Elisandra Medeiros, Suzana Delabianca e em especial, João Uchoa, Diêgo Almeida, Joel Donizete, Juan Restrepo, Enio Amorim, entre muitos outros, que sempre se mostraram presentes, auxiliando-me em diversos aspectos, compartilhando alegrias e conquistas.

A todos aqueles que não permitiram que a distância me fizesse esquecer minhas raízes e de tudo o que sou capaz, como meus amigos de infância, em especial Albert Érick, Rodrigo e Erivaldo Lima, Alisson, Iuri Pereira e Adroaldo Lacerda.

A todos que possibilitaram e contribuíram para minha formação profissional, em especial Roberto Medeiros, Antônio Carlos, Glauco Queiros e Djanilda Fontora.

Aos laboratoristas do LEN, à profª. Edi Guimarães, às empresas construtoras que consentiram que os estudos fossem desenvolvidos em seus canteiros, sem esquecer dos engenheiros residentes, pela colaboração e acessibilidade aos dados técnicos.

Por fim, ao CNPq, pelo apoio financeiro durante a pós-graduação.

## **RESUMO**

### **OS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: GERENCIAMENTO, QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO. UM ESTUDO DE CASO NO DISTRITO FEDERAL**

**Autor:** Eider Gomes de Azevedo Rocha

**Orientador:** Rosa Maria Spoto

**Co-orientador:** Raquel Naves Blumenschein

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, Março de 2006.**

O resíduo sólido de construção e demolição (RSCD) produzido nos centros urbanos é um grave problema para as administrações municipais atualmente. A disposição adequada deste resíduo é tarefa difícil e complexa, visto o aumento de sua produção, o crescente adensamento dos centros urbanos e a escassez de espaços para sua destinação final que, muitas vezes, implica no distanciamento destes em relação aos centros das cidades e consequente elevação dos custos com transporte. Os impactos causados pelo RSCD têm gerado problemas gravíssimos à gestão urbana, de onde se pode destacar, dentre outros: assoreamento de rios e vales, degradação da fauna e flora e prejuízos aos cofres públicos. Tais impactos costumam ainda ser agravados em função das atuais políticas de gerenciamento de resíduos, que consistem basicamente de ações não preventivas, repetitivas e custosas. O objetivo deste trabalho é avaliar o atual estágio da gestão dos RSCD, quantificando-os e caracterizando-os (em termos de massa e volume) por meio de ensaios físicos e microestrutural, de modo a determinar a composição, granulometria, massa unitária e minerais presentes nas amostras deste resíduo, coletadas em canteiros de obras de Brasília. Os resultados obtidas dos ensaios laboratoriais revelaram que a massa unitária e a composição das amostras de RSCD são fortemente condicionadas pela etapa construtiva predominante, não ocorrendo o mesmo para a granulometria e elementos minerais presentes. Quanto à gestão dos RSCD, pôde-se concluir que muitas melhorias necessitam ser implantadas tanto no gerenciamento dos entulhos produzidos nos canteiros de obras quanto no sistema de coleta, transporte e armazenamento realizado no Distrito Federal como um todo, destacando a ineficiência destas ações e a falta de integração entre entidades públicas e privadas envolvidas com o tema.

## **ABSTRACT**

### **THE CONSTRUCTION AND DEMOLITION SOLID WASTES: ADMINISTRATION, QUANTIFICATION AND CARACTERIZATION. A CASE STUDY IN DISTRITO FEDERAL**

**Author:** Eider Gomes de Azevedo Rocha

**Supervisor:** Rosa Maria Sposto

**Co-supervisor:** Raquel Naves Blumenschein

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, March of 2006.**

The construction and demolition solid waste (CDSW) produced in the urban centers has been a serious problem for the municipalities . The adequate disposal of this kind of waste is a difficult task especially due to the increasing of its production, the growth of urban centers and the lack of spaces for final disposal. These aspects have contributed for the increased distances between the city's centers and final disposal areas, which erase transportation costs. The impacts caused by CDSW have generated serious problems to the urban management: obstruction of rivers and valleys, degradation of the fauna and flora and damage to the public budget, among others. The lack of an adequate CDSW management politics makes the impacts even stronger. . The goal of this work is to evaluate the actual situation of management of the CDSW in the Distrito Federal, presenting data of quantity (mass and volume) and characterization, for composition, granulometry, unitary mass and difratometry of samples of solid waste deriving from the construction sites in Brasília. The results of the laboratory analysis have demonstrated that the unitary mass and the composition of the CDSW samples are conditioned by construction stages, which do not affect the granulometria and present mineral elements. Regarding the RSCD management , it could be concluded that many improvements need to be introduced in the management of the wastes produced in the construction sites as well as in the collection, transport and storage system realized in Distrito Federal, detaching the inefficiency of these actions and the integration of public and private organism.

# SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 – OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS .....	5
1.1.1 – Objetivo geral .....	5
1.1.2 – Objetivos específicos.....	6
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 – O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL .....	7
2.2 – RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RSCD: CONCEITOS, LEGISLAÇÃO E NORMAS .....	11
2.2.1 – Conceitos .....	11
2.2.2 – Legislação e normas .....	16
2.3 – GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RSCD NO MUNDO, NO BRASIL E EM ALGUMAS CIDADES .....	19
2.4 – GERENCIAMENTO, PERDAS E RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	22
2.4.1 – Gerenciamento.....	22
2.4.2 – Perdas .....	27
2.4.3 – Reciclagem .....	30
2.5 – PRÁTICAS E POLÍTICAS DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RSCD NO BRASIL .....	38
<b>3 – PROGRAMA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>43</b>
3.1 – EMPRESAS CONSTRUTORAS.....	43
3.1.1 – Seleção das empresas construtoras e dos canteiros de obras.....	43
3.1.2 - Realização de visitas técnicas aos canteiros de obras .....	46
3.1.3 – Coleta das amostras de entulho .....	47
3.1.4 – Realização dos ensaios laboratoriais .....	51
3.2 – MUNICIPALIDADE .....	67

<b>4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS SOBRE A ATUAL GESTÃO DE RSCD NO DISTRITO FEDERAL.....</b>	<b>69</b>
4.1 - GESTÃO DOS RSCD NOS CANTEIROS DE OBRAS .....	69
4.2 - QUANTIDADE DE RSCD GERADA NOS CANTEIROS DE OBRAS.....	75
4.3 – PARTICIPAÇÃO DAS CLASSES DE RSCD NA QUANTIDADE TOTAL DE ENTULHO GERADA NOS CANTEIROS DE OBRAS.....	81
4.4 – GESTÃO DOS RSCD EM BRASÍLIA E NO DISTRITO FEDERAL .....	83
4.5 – QUANTIDADE DE RSCD GERADA EM BRASÍLIA E NO DISTRITO FEDERAL .....	92
<b>5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE RSCD.....</b>	<b>100</b>
5.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROESTRUTURAL DAS AMOSTRAS DE RSCD.....	100
5.1.1 – Massa unitária.....	100
5.1.2 – Composição granulométrica.....	103
5.1.3 – Componentes das amostras.....	112
5.1.4 – Difratometria .....	121
<b>6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>133</b>
6.1 – CONCLUSÕES .....	133
6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	140
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>142</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>146</b>
<b>APENDICE A – LEIS, RESOLUÇÕES E NORMAS REFERENTES À GESTÃO DE RSU E RSCD.....</b>	<b>147</b>
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS CONSTRUTORAS – BRASÍLIA/DF.....</b>	<b>149</b>
<b>APÊNDICE C – TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS VALORES DE MASSA UNITÁRIA.....</b>	<b>153</b>

<b>APÊNDICE D – ÍNDICES FÍSICOS: COEFICIENTE DE NÃO UNIFORMIDADE E DE CURVATURA.....</b>	<b>154</b>
<b>APÊNDICE E – TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS VALORES DE GERAÇÃO DE RSCD .....</b>	<b>155</b>

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Estimativa de geração de RSCD em diversos países (Adaptado de JOHN, 2000).....	20
Tabela 2.2 – Contribuições das atividades de construção na quantidade de RSCD gerada (Adaptado de ÂNGULO, 2000). .....	20
Tabela 2.3 – Estimativa de geração de RSCD em diversas cidades (Adaptado de NETO, 2005).....	21
Tabela 2.4 – Os impactos das atividades da cadeia produtiva da indústria da construção .....	23
Tabela 2.5 – Perdas de materiais na construção civil (Adaptado de ÂNGULO, 2000). .....	29
Tabela 2.6 – Estimativa de perdas de alguns materiais na construção civil em termos percentuais (Adaptado de NETO, 2005). .....	30
Tabela 3.1 – Amostradores recomendados para cada tipo de resíduo (Fonte: NBR 10.007/2004).....	48
Tabela 3.2 – Recomendações sobre a forma de amostragem segundo o tipo de resíduo (Fonte: NBR 10.007/2004).....	48
Tabela 3.3 – Número mínimo de amostras parciais e quantidade total da amostra de campo (Fonte: NBR 7.216/1987). .....	48
Tabela 3.4 - Dimensões do recipiente paralelepípedico de realização do ensaio de massa unitária (NBR 7.251/1982).....	55
Tabela 4.1 – Caracterização das empresas construtoras.....	69
Tabela 4.2 – Caracterização dos canteiros de obras.....	70
Tabela 4.3 – Quantidade mensal de RSCD gerada por canteiro de obras.....	76
Tabela 4.4 – Quantidade total e média de geração de RSCD por canteiro de obras .....	77
Tabela 4.5 – Quantidade total e média de geração de RSCD por etapa construtiva. ....	77
Tabela 4.6 – Média de geração de entulho em diferentes etapas construtivas (adaptado de Nóbrega, 2002). .....	80
Tabela 4.7 – Localização e quantidade de áreas de transbordo do projeto Limpeza à Galope que estão em funcionamento (Fonte: GLOEM-SEMARH - 2005).....	88

Tabela 4.8 - Localização e quantidade de áreas de transbordo do projeto Limpeza à Galope que estão em processo de análise (Fonte: GLOEM-SEMARH - 2005).....	88
Tabela 4.9 – Gastos com a limpeza urbana no DF no ano de 2004. ....	91
Tabela 4.10 – Gastos com a gestão dos RSCD no DF no ano de 2004.....	92
Tabela 4.11 – Áreas de construção licenciadas no ano de 2004 (Secretaria de Planejamento do DF – 2005).....	94
Tabela 4.12 – Taxa de geração de RSCD em obras do DF (Fonte: empresas construtoras). .....	95
Tabela 4.13 – Quantidade de resíduos conforme a procedência (BELACAP, 2005). ...	95
Tabela 4.14 – Quantidade de lixo de remoção coletada no ano de 2002 em todo o DF – Toneladas (BELACAP, 2005).....	97
Tabela 4.15 – Quantidade de lixo de remoção coletada no ano de 2003 em todo o DF – Toneladas (BELACAP, 2005).....	98
Tabela 4.16 – Quantidade de lixo de remoção coletada no ano de 2004 em todo o DF – Toneladas (BELACAP, 2005).....	99
Tabela 5.1 – Valores de massa unitária das amostras de RSCD ensaiadas.....	101
Tabela 5.2 – Valores de massa unitária das amostras de RSCD ensaiadas por etapa construtiva.....	102
Tabela 5.3 – Porcentagens de RSCD retidas nas peneiras do ensaio de granulometria. ....	104
Tabela 5.4 – Componentes presentes nas amostras de RSCD (Termos percentuais em relação à massa).....	113
Tabela C. 1 – Coeficiente de não uniformidade e coeficiente de curvatura das amostras de RSCD.....	154

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.1- Modelo de produção linear (Adaptado de JOHN, 2000).....	2
Figura 2.1– Participação do macro-setor da construção civil no PIB do Brasil (Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001). ....	8
Figura 2.2 – Encadeamento dos principais setores da economia brasileira (Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001). ....	8
Figura 2.3 – Participação percentual dos setores ligados ao <i>construbusiness</i> em relação ao PIB (Adaptado de NETO, 2005). .....	9
Figura 2.4 – Pessoal ocupado no setor da construção civil (milhões de pessoas - Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001). ....	10
Figura 2.5 – Déficit habitacional no Brasil (milhões de unidades habitacionais - Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001). ....	10
Figura 2.6 – Critérios de classificação dos resíduos (Adaptado da NBR 10.004/2004). 13	
Figura 2.7 – Classificação dos resíduos sólidos em função da origem (Adaptado de Neto, 2005). ....	15
Figura 3.1 – Fluxograma do programa experimental. ....	44
Figura 3.2 – Distribuição espacial dos canteiros de obras em Brasília. ....	45
Figura 3.3 – Corte longitudinal de uma caçamba, com indicação das alturas de recolhimento das amostras parciais. ....	49
Figura 3.4 – Planta baixa de uma caçamba com indicação dos sete pontos de recolhimento das amostras parciais. ....	50
Figura 4.1 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-1/CO-1.....	81
Figura 4.2 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-1/CO-2.....	81
Figura 4.3 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-2/CO-1.....	82
Figura 4.4 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-2/CO-2.....	82
Figura 4.5 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-4/CO-2.....	82
Figura 4.6 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-7/CO-1.....	82
Figura 5.1 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-1/CO-1. ...	105

Figura 5.2 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-1/CO-2. ...	105
Figura 5.3 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-2/CO-1. ...	106
Figura 5.4 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-2/CO-2. ...	106
Figura 5.5 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-1. ...	107
Figura 5.6 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-2. ...	107
Figura 5.7 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-3. ...	108
Figura 5.8 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-5/CO-1. ...	108
Figura 5.9 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-7/CO-1. ...	109
Figura 5.10 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-8/CO-1. .	109
Figura 5.11 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-9/CO-1. .	110
Figura 5.12 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-10/CO-1.	110
Figura 5.13 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-11/CO-1.	111
Figura 5.14 – Componentes presentes na amostra EC-1/CO-1 de RSCD.....	114
Figura 5.15 – Componentes presentes na amostra EC-1/CO-2 de RSCD.....	114
Figura 5.16 – Componentes presentes na amostra EC-2/CO-1 de RSCD.....	115
Figura 5.17 – Componentes presentes na amostra EC-2/CO-2 de RSCD.....	115
Figura 5.18 – Componentes presentes na amostra EC-4/CO-1 de RSCD.....	115
Figura 5.19 – Componentes presentes na amostra EC-4/CO-2 de RSCD.....	116
Figura 5.20 – Componentes presentes na amostra EC-4/CO-3 de RSCD.....	116
Figura 5.21 – Componentes presentes na amostra EC-5/CO-1 de RSCD.....	116
Figura 5.22 – Componentes presentes na amostra EC-7/CO-1 de RSCD.....	117
Figura 5.23 – Componentes presentes na amostra EC-8/CO-1 de RSCD.....	117
Figura 5.24 – Componentes presentes na amostra EC-9/CO-1 de RSCD.....	117
Figura 5.25 – Componentes presentes na amostra EC-10/CO-1 de RSCD.....	118
Figura 5.26 – Componentes presentes na amostra EC-11/CO-1 de RSCD.....	118
Figura 5.27 – Participação dos materiais componentes em função da etapa construtiva.	
.....	120
Figura 5.28 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-1/CO-1.....	122
Figura 5.29 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-1/CO-2.....	122
Figura 5.30 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-2/CO-1.....	123
Figura 5.31 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-2/CO-2 (A). ..	123
Figura 5.32 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-2/CO-2 (B).....	124
Figura 5.33 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-1.....	124
Figura 5.34 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-2.....	125

Figura 5.35 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-3 (A) .....	125
Figura 5.36 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-3 (B).....	126
Figura 5.37 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-5/CO-1.....	126
Figura 5.38 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-7/CO-1.....	127
Figura 5.39 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-8/CO-1.....	127
Figura 5.40 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-9/CO-1.....	128
Figura 5.41 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-10/CO-1 (A) .....	128
Figura 5.42 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-10/CO-1 (B).....	129
Figura 5.43 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-11/CO-1 (A) .....	129
Figura 5.44 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-11/CO-1 (B).....	130
Figura 6.1 – Porcentagem de geração de RSCD por etapa construtiva.....	134
Figura 6.2 – Participação das classes de RSCD (em termos de volume).....	136
Figura 6.3 – Participação média dos componentes (em termos de volume).....	136

## **LISTA DE FOTOGRAFIAS**

Fotografia 2.1 – Disposição clandestina de entulho em Águas Claras. (Fonte: Paulo Gonçalves).....	23
Fotografia 2.2 – Disposição clandestina de entulho em Taguatinga (Fonte: Paulo Gonçalves). ....	24
Fotografia 2.3 – Disposição de entulho em logradouro (Fonte: Fernando Campos). ....	24
Fotografia 2.4 – Moinho-argamasseira da marca ANVI (Fonte: catálogo da ANVI)....	34
Fotografia 2.5 – Vista geral da Usina de reciclagem em Pampulha – BH (Fonte: Jornal Ambiente Brasil, Dez/2005). ....	36
Fotografia 3.1 – Coleta de amostra parcial dentro da caçamba.....	50
Fotografia 3.2 – Tambores de coleta de RSCD dispostos em um canteiro de obras.....	51
Fotografia 3.3 – Detalhe dos tambores de coleta com amostra de RSCD.....	53
Fotografia 3.4 – Detalhe da homogeneização da amostra. ....	53
Fotografia 3.5 – Detalhe da amostra depois de quarteada. ....	54
Fotografia 3.6 – Detalhe da estufa usada para secagem da amostra de RSCD. ....	55
Fotografia 3.7 – Detalhe do lançamento da amostra de RSCD dentro do recipiente paralelepípedico.....	56
Fotografia 3.8 – Detalhe do lançamento e acomodação da amostra de RSCD dentro do recipiente paralelepípedico. ....	57
Fotografia 3.9 – Detalhe do recipiente paralelepípedico cheio, pronto para pesagem... ..	57
Fotografia 3.10 – Peneirador mecânico da marca SOILTEST.....	58
Fotografia 3.11 – Peneirador mecânico da marca GILSON.....	59
Fotografia 3.12 – Processo de catação dos componentes das amostras. ....	62
Fotografia 3.13 – Componentes retidos em peneiras de diferentes aberturas. ....	62
Fotografia 3.14 – Detalhe dos componentes retidos em uma das peneiras. ....	63
Fotografia 3.15 – Detalhe de elemento formado por componentes cerâmico e argamassado. ....	64
Fotografia 3.16 – Componentes do grupo “finos” separados em bandejas metálicas conforme a dimensão dos grãos.....	65
Fotografia 3.17 – Pilhas de componentes (partículas de dimensão igual ou superior a 4,8 mm).....	65

Fotografia 4.1 – Baias de armazenamento temporário de RSCD no canteiro EC-7/CO-1.	72
Fotografia 4.2 – Área de armazenamento temporário de RSCD no canteiro EC-1/CO-1.	72
Fotografia 4.3 – Detalhe da gaiola metálica usada para coleta e transporte de RSCD no canteiro EC-1/CO-1.....	73
Fotografia 4.4 – Detalhe do transporte e da disposição do entulho no canteiro EC-1/CO-1.....	74
Fotografia 4.5 – Uso de tubo coleto no canteiro EC-11/CO-1.....	75
Fotografia 4.6 – Localização do aterro controlado do Jóquei Clube (Fonte: Diêgo Almeida).....	84
Fotografia 4.7 – Contorno do aterro controlado do Jóquei Clube (Fonte: Suzana Dellabianca).....	85
Fotografia 4.8 – Vista geral da mini-usina de beneficiamento de RSCD dentro do aterro do Jóquei Clube. ....	86
Fotografia 4.9 – Vista geral da área reservada à disposição do RSCD dentro do aterro do Jóquei Clube. ....	86
Fotografia 4.10 – Disposição de entulho junto à área reservada aos RSCD dentro do aterro do Jóquei Clube.....	87
Fotografia 4.11 – Disposição clandestina de entulho na região administrativa de Águas Claras (Fonte: Paulo Gonçalves). ....	89
Fotografia 4.12 – Disposição clandestina de entulho na região administrativa do Lago Sul (Fonte: Paulo Gonçalves). ....	89
Fotografia 4.13 – Disposição clandestina de entulho na região administrativa de Ceilândia (Fonte: Paulo Gonçalves). ....	90
Fotografia 4.14 - Disposição clandestina de entulho na região administrativa de Taguatinga (Fonte: Paulo Gonçalves). ....	90
Fotografia 4.15 – Entrada do aterro controlado do Jóquei Clube.....	93
Fotografia 4.16 – Vista parcial do aterro controlado do Jóquei Clube.....	93
Fotografia 6.1 – Componentes da amostra de RSCD coletada em EC-1/CO-2. ....	138
Fotografia 6.2 – Componentes do grupo “finos” da amostra de RSCD coletada em EC-8/CO-1. ....	138
Fotografia 6.3 – Componentes da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-2. ....	139

## **LISTA DE ABREVIACÕES, NOMENCLATURAS e SIMBOLOGIAS**

Ascole	- Associação das Empresas Coletoras de Entulhos de Obras
CBIC	- Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CC	- Coeficiente de Curvatura
CIB	- International Concil for Researches and Inovation and Construction
CMMAD	- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNU	- Coeficiente de Não Uniformidade
CNUMAD	- Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CPIC	- Cadeia Produtiva da Indústria da Construção
FIBRA	- Federação das Indústrias do Distrito Federal
GLOEM	- Gerência de Licenciamento e Operações Minerais
GTZ	- Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITQC	- Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil
PBQP-H	- Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitate
PEL	- Programa Entulho Limplo
PGIRCC	- Programa de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil
PGM	- Programa de Gestão de Materiais
PGRCC	- Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIGRCC	- Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIGRS	- Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PMGRCC	- Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNSB	- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RSCD	- Resíduo Sólido de Construção e Demolição
RSU	- Resíduo Sólido Urbano
Sebrae	- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEMARH	- Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SENAI	- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Sinduscon	- Sindicato das Indústrias da Construção Civil

## **1 – INTRODUÇÃO**

Os resíduos sólidos produzidos nos centros urbanos no Brasil têm se tornado, ao longo do tempo, um grave problema para as administrações municipais.

Coletar, transportar e dispor adequadamente estes resíduos tem sido tarefa difícil e cada vez mais complexa, visto o gradual aumento de sua produção, o crescente adensamento dos centros urbanos e a escassez de espaços para sua destinação final, o que, muitas vezes, implica no distanciamento destes em relação aos centros das cidades e a consequente elevação dos custos com transporte.

Em meio à gama de resíduos produzidos pelos mais variados tipos de atividades, sejam industriais, comerciais, domésticas, destacamos aqueles produzidos pela construção civil, ao longo de toda a sua cadeia produtiva.

Segundo Blumenschein (2004), o impacto causado pela cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC) sobre o meio ambiente ocorre ao longo de todos os seus estágios e atividades: na ocupação de terras; na extração de matéria-prima e no seu processamento e na produção de elementos e componentes; no transporte dessa matéria-prima e de seus componentes; no processo construtivo e no produto final *per si*, ao longo de sua vida útil, durante as fases de uso e manutenção, até sua demolição e descarte. Ao longo de toda esta cadeia, recursos naturais são explorados, muitas vezes de forma criminal, energia é consumida indiscriminadamente e resíduos são gerados de forma excessiva e dispostos irregularmente.

Neste contexto, a engenharia civil é empregada como ferramenta de transformação do ambiente natural em ambiente construído. Por muito tempo, esta transformação se deu mediante um modelo de produção linear (Figura 1.1), baseado em um desenvolvimento desbravador, onde a defesa do meio ambiente era tida como antidesenvolvimentista (JOHN, 2000).

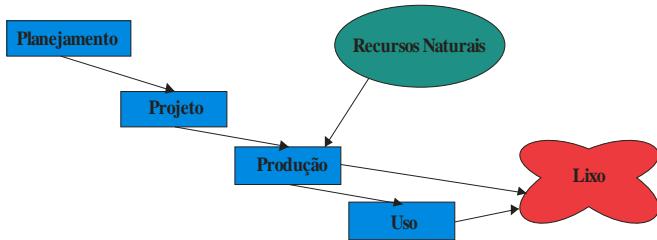


Figura 1.1- Modelo de produção linear (Adaptado de JOHN, 2000).

Os impactos causados pelos resíduos sólidos oriundos da indústria da construção civil, em especial aqueles gerados nos canteiros de obras (levando em conta sua disposição e tratamento irregular), têm causado problemas graves à gestão urbana, onde se pode destacar, dentre outros, o esgotamento prematuro de áreas de disposição, a degradação da flora e fauna, e consequentemente, prejuízos aos cofres públicos.

Pinto (1999) estima que a massa de resíduos produzida pela construção civil brasileira varia entre 41% e 70% da massa total de resíduos sólidos gerada pelos grandes centros urbanos. Isto vem apoiar as afirmações de que a quantidade de resíduos sólidos de construção e demolição (RSCD) ocupa em torno de 50% do volume total de resíduos sólidos produzidos pela municipalidade.

Segundo Vázquez (2001), a quantidade de RSCD gerada na União Européia está entre 221 e 334 milhões de toneladas por ano, o que significa de 607 a 918 kg/habitante/ano, frente a uma média de 390 kg/habitante/ano de resíduos domésticos. Segundo Carneiro *et al.* (2001), no Brasil se produz, em média, 68 milhões de toneladas de entulho por ano.

Somando-se a estes, podem ser citados os números divulgados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada no ano 2000. De acordo com esta publicação, foram geradas cerca de 161.827 toneladas por dia de lixo urbano no ano de 2000, em todo o país. Deste montante, 47,1% foi disposto em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e 30,5% em lixões<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Num 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 decomposição 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.

Estes dados demonstram a dimensão do problema que as administrações públicas enfrentam para gerir todo o resíduo produzido dentro de seus limites territoriais. Ainda, apesar da indicação acerca da forma de disposição de resíduos, é discutível que a porcentagem apontada para a disposição em aterros controlados e sanitários seja real. É comum vê-se em reportagens jornalísticas, em reportagens de revistas conceituadas e mesmo em congressos e seminários, dados que apontam para a disposição em massa de resíduos sólidos urbanos (RSU) em locais clandestinos ou mesmo em lixões, ou ainda, a disposição em locais cujas condições de operação e estrutura não o enquadram em um aterro sanitário ou controlado, propriamente dito.

De acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2004), a quantidade de resíduos produzida na cidade de Brasília no ano de 2002 foi de 1.178.106 toneladas (sendo que deste total, 828.286 toneladas foram encaminhadas para o aterro controlado do Jóquei Clube). As despesas com os serviços de limpeza urbana neste mesmo ano alcançaram o montante de R\$ 189.836.248,00, com uma intensa participação do setor privado nestes custos (R\$ 114.356.212,00). Ainda, com base na estimativa do volume diário de entulho gerado em Brasília, conforme apresentado na seção 5.5, acredita-se que a massa de resíduos mencionada acima não contemple os RSCD.

Atualmente, o Jóquei Clube é o único aterro controlado no DF. Apesar de operar desde 1973, somente a partir de 2001, com o gradual fechamento das áreas disponíveis para disposição do entulho, é que o aterro do Jóquei Clube passou a ser o único local autorizado para recebimento dos RSCD. Em função da quantidade RSU que vem recebendo diariamente, prevê-se o esgotamento de sua capacidade nos próximos dois anos.

Mediante as necessidades de se prover um outro local para disposição do RSU no Distrito Federal e de mudança da atual gestão de gerenciamento de resíduos sólidos, para o enquadramento nas exigências das leis (Nº. 3.234, de 2003 e Nº. 3517, de 2004) e resoluções (Resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 2002), é que o governo do DF, contando com incentivos de capital estrangeiro, vem desenvolvendo ações e projetos para a construção de um novo aterro sanitário e a adequação da atual política de gerenciamento de resíduos.

Nos dias atuais, é comum a ocorrência de quantidades cada vez maiores de lixo, e misturado a este lixo, tem-se o entulho, acumulado em ruas e logradouros, em praças e terrenos baldios, junto de vales e córregos d'água, trazendo prejuízos à saúde pública, degradação da paisagem, entupimento dos sistemas de drenagem urbana, assoreamento e obstrução de rios, dentre outras causas.

A necessidade de implantação de uma gestão integrada de resíduos sólidos, em substituição à atual gestão que envolve atividades não preventivas, repetitivas e custosas, é evidente e urgente. Dentro desta gestão integrada, atenção especial deve ser dada ao entulho de construção. Em grande parte dos centros urbanos brasileiros, este tem sido depositado junto com o resíduo domiciliar e público, em aterros e lixões, o que contraria as diretrizes estabelecidas pelo CONAMA (2002), que exige a implantação de planos integrados de gerenciamento de resíduos da construção civil, e a sua disposição em áreas de aterro específicas para RSCD (classe A).

Outro ponto de destaque, que deve estar em estreita relação com a gestão diferenciada do entulho de construção, é a adoção de medidas que priorizem a sua redução, reutilização e reciclagem, respectivamente (estas ações são conhecidas como os três R's).

Segundo Hendriks (2001), a maior eficiência nestas ações, em especial na prevenção da geração, pode ser obtida com a tomada de ações e cuidados nas diferentes fases do processo de construção, a saber:

- a) Fase inicial – incluindo as especificações e escolha do local do empreendimento;
- b) Fase de projeto – incluindo a provisão do *layout* e escolha de materiais;
- c) Fase de construção – incluindo preparação do terreno e a construção, propriamente dita;
- d) Fase de uso e manutenção;
- e) Fase de demolição e reuso.

Algo importante e que não pode ser esquecido é que as iniciativas tomadas desde então deverão ser norteadas pelos princípios de um desenvolvimento sustentável, fortemente citados pelo CIB (2000), através de sua publicação denominada Agenda 21 para a construção sustentável e pelo CMMAD (1987), através do Relatório Brundtland, segundo o

qual “*um desenvolvimento só é sustentável quando satisfaz às necessidades das gerações atuais, sem impedir a capacidade das gerações futuras de satisfazer às suas próprias*”.

Este trabalho possui como pano de fundo a situação atual do gerenciamento de RSCD e os impactos que os mesmos causam ao meio ambiente na cidade de Brasília, focando aspectos relativos à sua quantificação e caracterização.

As etapas de quantificação e caracterização do RSCD envolvem a realização de procedimentos de campo e de ensaios laboratoriais, por meio dos quais se pretende neste trabalho obter certas características técnicas, de maneira a subsidiar estudos mais detalhados sobre este material.

Este trabalho servirá para subsidiar novas pesquisas na área de reciclagem de RSCD voltadas à produção de novos componentes, como por exemplo, blocos de concreto sem função estrutural, meios-fios, pavimentação, etc. Ainda, com relação à gestão, fornecerá alguns procedimentos para coleta seletiva, por etapa construtiva, a serem aplicados nos canteiros de obras em Brasília. Por fim, no que se refere à municipalidade, fornecerá algumas sugestões para melhoramento da atual gestão de RSCD, por meio da indicação de mudanças nas suas atividades e estrutura.

## **1.1 – OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS**

### **1.1.1 – Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o estágio atual da gestão de RSCD no Distrito Federal, por meio do acompanhamento das atividades de construção de novas edificações e de atividades de reforma e ampliação de edificações existentes em Brasília, bem como por meio de levantamentos sobre as atividades de coleta, transporte, disposição e tratamento destes tipos de resíduos (no âmbito da gestão municipal) no Distrito Federal.

### **1.1.2 – Objetivos específicos**

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Quantificar, em termos de massa e volume, os RSCD produzidos em canteiros de obras da cidade de Brasília;
- Determinar a participação, em termos percentuais (volume), das diferentes classes de RSCD na composição total, para o caso de canteiros com coleta seletiva de resíduos; bem como os componentes presentes nas amostras de RSCD classe A coletadas (por processo de separação manual);
- Caracterizar, por meio de ensaios físicos (composição granulométrica – NBR 7217 /1987; massa unitária – NBR 7251/1982) e microestrutural (difratometria – procedimentos laboratoriais) amostras de RSCD classe A coletadas por etapas construtivas nos canteiros de obras de Brasília;
- Identificar e mapear, em Brasília, as áreas licenciadas para disposição de RSCD, bem como as áreas clandestinas (tantas quantas forem possíveis);
- Propor recomendações para a coleta diferenciada do RSCD por etapa construtiva.

## **2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo trata de conceitos, classificações, normas e práticas relacionadas à gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição. Será apresentada a importância do macro-setor da construção civil, sua contribuição econômica e social, bem como a sua influência em outros setores da economia. A conceituação e os critérios de classificação, além de dados e índices sobre a geração de entulho no Brasil e no mundo também serão tratados.

As políticas de gerenciamento de resíduos, juntamente com as atuais práticas de reutilização e reciclagem serão abordadas, de forma que se possa ter um panorama geral da situação da gestão dos RSCD, os avanços e atrasos entre as capitais brasileiras e entre estas e outras cidades do mundo.

Por fim, serão apresentados dados acerca das perdas que ocorrem nos canteiros de obras brasileiros e dados acerca da geração de RSCD em canteiros de obras de Brasília, bem como as quantidades de RSCD geradas na municipalidade.

### **2.1 – O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL**

A cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC), quando inserida no *construbusiness* (que compreende os setores de construção civil, materiais de construção e serviços acoplados à construção), revela o quanto é importante para o desenvolvimento de um país, tendo em vista a sua participação no produto interno bruto (PIB).

Para Dacol (1996), a 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 infra-estrutura indispensável à continuidade do processo de industrialização.

Para se ter uma idéia da importância da CPIC no setor produtivo brasileiro, é apresentada, na Figura 2.1, a participação percentual deste macro-setor no PIB do Brasil.

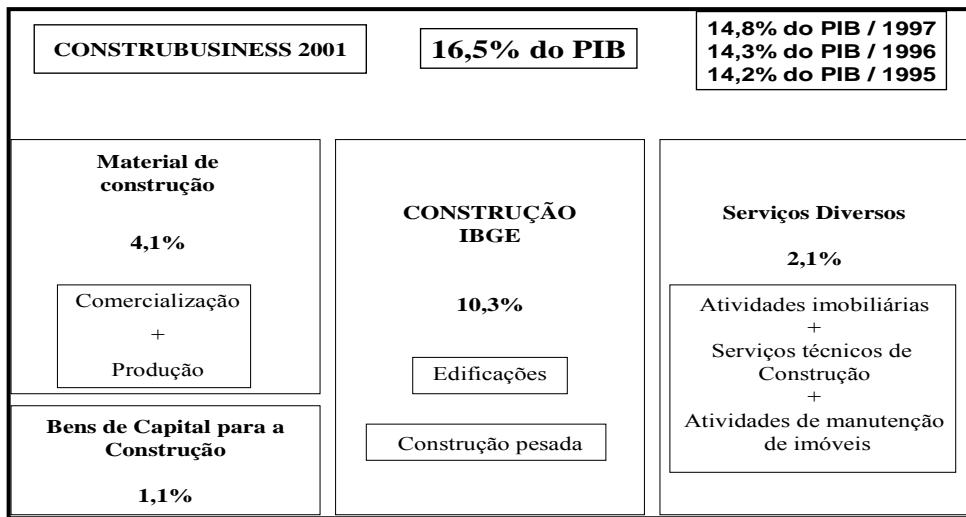


Figura 2.1 – Participação do macro-setor da construção civil no PIB do Brasil (Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001).

Outro aspecto que acentua a importância do *construbusiness* é a sua interligação e influência com os outros setores produtivos. Ele é capaz de causar um encadeamento para “frente e para trás” com diversos outros setores da economia, mostrando sua interligação, por exemplo, com os fornecedores de insumos (Figura 2.2).

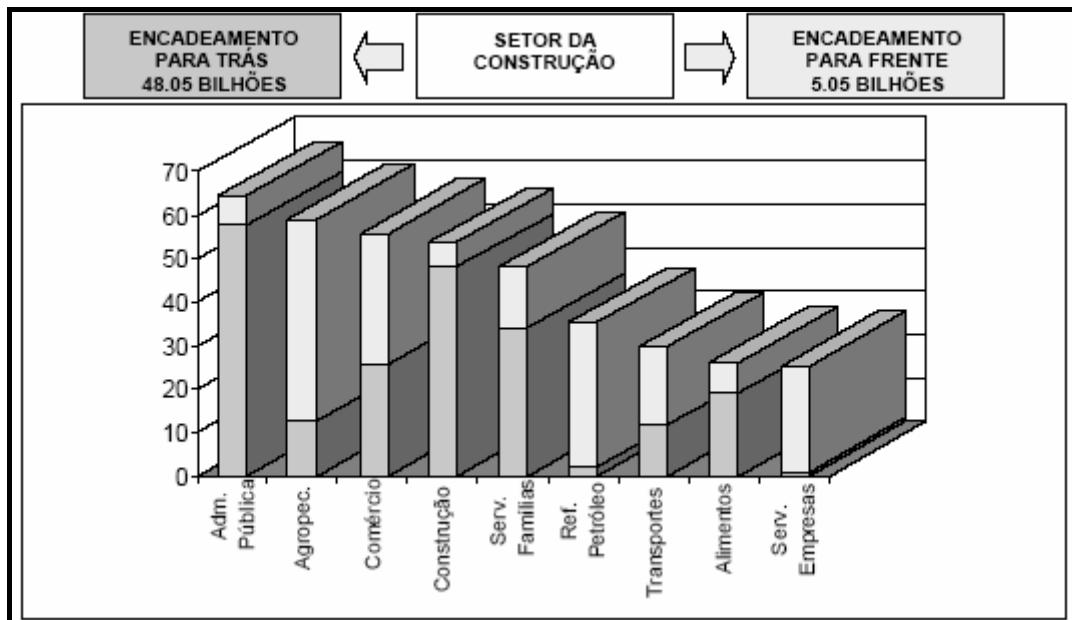


Figura 2.2 – Encadeamento dos principais setores da economia brasileira (Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001).

Para Haga (2000) *apud* Neto (2005), o ponto forte do *construbusiness* é seu efeito multiplicador sobre muitos outros setores econômicos, mostrando sua capacidade de

realização de investimentos (superior a R\$ 90 bilhões por ano) e sua contribuição na redução do déficit habitacional.

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).

Em 2001, a CPIC foi responsável por 15,6% do PIB do Brasil. As edificações e a construção pesada responderam por cerca de 10,3% do PIB e, dentre estes, estima-se que as edificações residenciais representam um montante entre 6% e 9% do PIB nacional, conforme Figura 2.3.

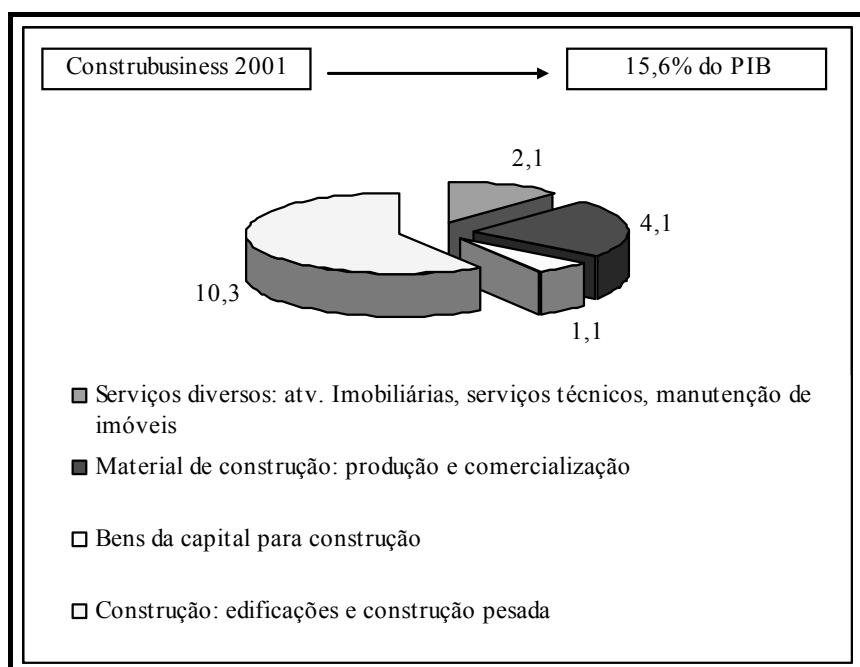


Figura 2.3 – Participação percentual dos setores ligados ao *construbusiness* em relação ao PIB (Adaptado de NETO, 2005).

No âmbito social, a importância do macro-setor da construção civil pode ser notada por sua influência em diversos parâmetros, com destaque para a geração de empregos e redução do déficit habitacional.

No tocante à geração de emprego, a Figura 2.4 apresenta os dados disponíveis no *Construbusiness* (1999), e mostra que o número de pessoas ocupadas no setor da construção era de 3,63 milhões em 1998, tendo sido de 4,00 milhões no início da década de 90, representando 6,1% do total do pessoal ocupado no período. A redução observada ao longo da década deve-se principalmente a desaceleração do PIB.

No tocante à redução do déficit habitacional, é estimado que seu valor seja de cerca de 5,21 milhões de unidades habitacionais, dos quais 4,00 milhões em áreas urbanas (PCC/USP-2001). Atualmente, conforme se observa na Figura 2.5, o déficit habitacional atual é resultado do período de crises do setor da construção civil, ao longo dos anos 80 e início dos anos 90, tendo representado um custo social extremamente elevado, principalmente levando em conta que 62% deste déficit referem-se a famílias com renda de até cinco salários mínimos.

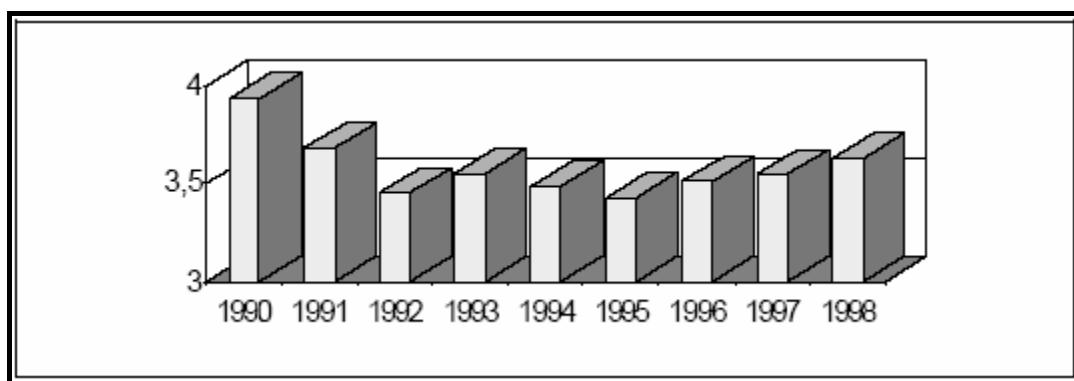


Figura 2.4 – Pessoal ocupado no setor da construção civil (milhões de pessoas - Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001).

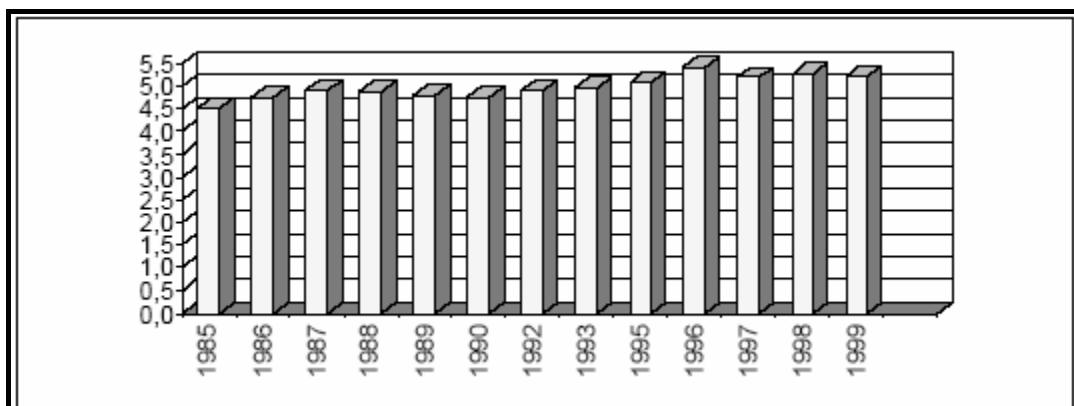


Figura 2.5 – Déficit habitacional no Brasil (milhões de unidades habitacionais - Fonte: Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial – PCC/USP - 2001).

Algo a ser destacado é que, desde 1995, a participação do macro-setor da construção civil no PIB do país vem aumentando gradativamente, registrando 14,2% em 1995, 14,3% em 1996, 14,8% em 1997 e 15,6% em 2001.

Apesar desta evolução, o setor da construção civil ainda é fortemente criticado por suas baixas produtividade e eficiência, pela imprevisibilidade de suas operações e pela qualidade abaixo das expectativas de seus produtos. Para Schmitt *et al.* (1992) *apud* Neto (2005), 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.

Percebe-se, no entanto, que este quadro está em modificação. Governo e empresas privadas têm demonstrado o interesse em aperfeiçoar as técnicas construtivas, tornando-as mais eficazes e adequadas à realidade do Brasil. Diversas políticas e programas, como o exemplo do PBQP-H, tem mostrado a importância de se buscar qualidade na construção civil, incorporando mão-de-obra mais capacitada e instruída, além de equipamentos e materiais mais sofisticados e econômicos, que garantam melhor produtividade.

## **2.2 – RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RSCD: CONCEITOS, LEGISLAÇÃO E NORMAS**

### **2.2.1 – Conceitos**

É comum o uso dos termos lixo e resíduo para uma mesma designação. Apesar de terem significações distintas, costumam aparecer como sinônimos, mesmo em trabalhos e artigos técnicos.

Esse erro costuma ocorrer pelo fato de todo resíduo poder ser classificado como lixo, mas, nem todo lixo pode ser classificado como resíduo.

Segundo Ferreira (2000), lixo corresponde a tudo aquilo que se varre de casa, do jardim, da rua e se joga fora; entulho; tudo o que não presta e se joga fora; sujidade, sujeira, imundície; coisa ou coisas velhas, inúteis, sem valor; resíduos que resultam de atividades domésticas, industriais, comerciais etc. Nele, estão incluídos os diversos tipos de resíduos, (sólidos, líquidos e gasosos). Estes, por sua vez, são definidos como sendo materiais desprovidos de utilidade pelo seu possuidor (NBR 12.980/1993), ou ainda, sobra de processos produtivos, geralmente industriais, sendo sinônimo de refugo ou rejeito (CALDERONI, 2003).

De acordo com a NBR 10.004/2004, os resíduos podem ser classificados em:

- Resíduos classe I – Perigosos;
- Resíduos classe II – Não perigosos; estes, por sua vez, subdividem-se em:
  - Resíduos classe II A – Não inertes;
  - Resíduos classe II B – Inertes.

A Figura 2.6 mostra que, ao apresentar características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, um resíduo é enquadrado na classe I. Caso contrário, se avalia a presença de solubilizados em concentrações superiores a valores padrões fixados por norma, e então se enquadra o resíduo na classe II A ou na classe II B.

De uma maneira geral, pode-se dizer que os resíduos estão tão presentes no dia a dia, dentro das casas, junto dos lares, nas esquinas e ruas dos bairros, com ocorrências diárias, que certas vezes passam despercebidos, ou mesmo se integram ao habitat como algo inofensivo e sem importância. Para Amorim (1996), o lixo, e mais especificamente o resíduo sólido urbano, é produto e consequência normal do desenvolvimento da sociedade humana. É de fácil manuseio e destinação final segura, podendo ter solução mais barata que certos serviços de infra-estrutura de uma cidade, como água, luz e telefone.

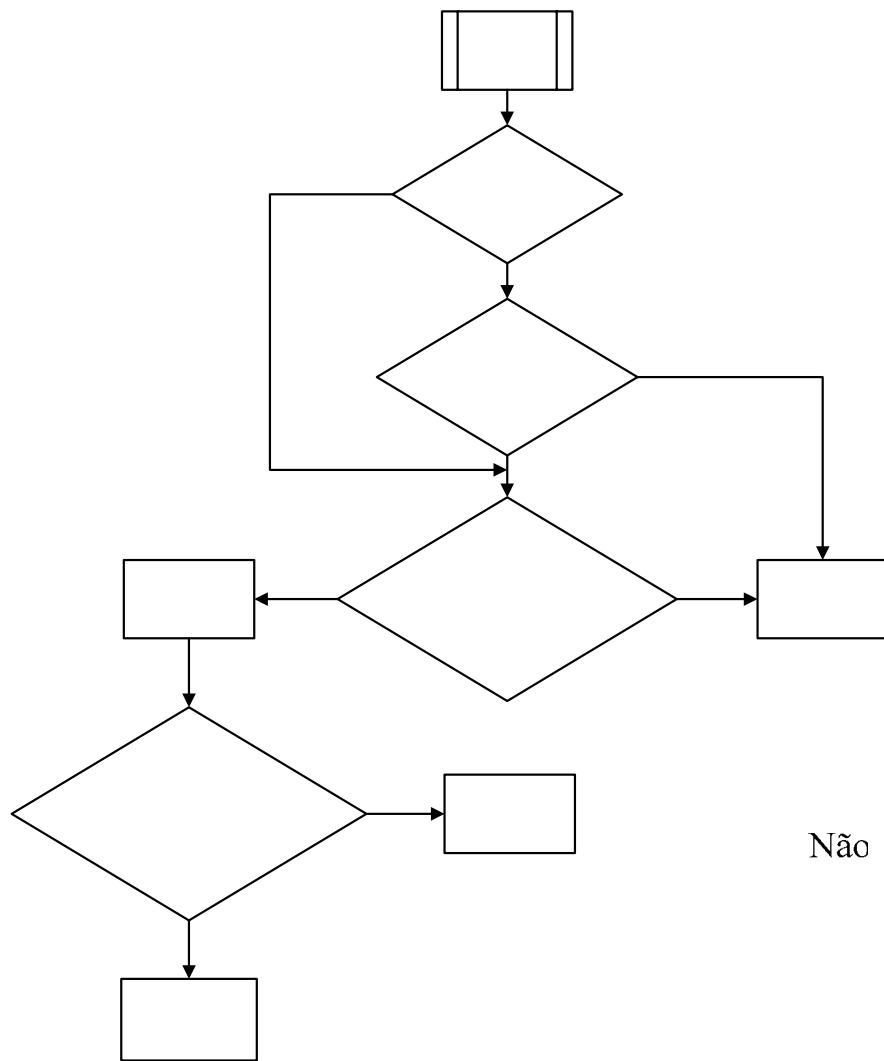


Figura 2.6 – Critérios de classificação dos resíduos (Adaptado da NBR 10.004/2004).

Em função do estado físico em que se apresentem, os resíduos podem ser gasosos, líquidos e sólidos. Estes são tidos como todo e qualquer resíduo que se apresente no estado sólido ou semi-sólido, resultante de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os resíduos 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 seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (NBR 10004/2004). Quando estes ocorrem dentro de perímetros urbanos, são ainda chamados de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Possui constituintes que são solubilizados em concentrações superiores ao anexo G da NBR 10.004/04

Co

T  
inflam  
re

Para Schalch (1996), *apud* Neto (2005), os resíduos sólidos são classificados de acordo com seu grau de degradabilidade e origem. Segundo este último critério, os resíduos sólidos podem ser subdivididos em:

- Urbano: inclui o resíduo domiciliar (restos de alimento, embalagens diversas, folhagens, varreduras, ciscos...), de serviços (RSCD, feiras livres, poda e capinação, comercial e limpeza de bocas de lobo, parques e jardins), de varrição regular e de serviços de saúde;
- Industrial: inclui os resíduos provenientes das diversas etapas do processo produtivo da indústria e com constituição muito variada;
- Agrícola: inclui os resíduos oriundos das atividades de agricultura e da pecuária, como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e esterco animal;
- Radioativo: inclui os resíduos provenientes dos combustíveis nucleares (lixo atômico).

Em meio a esta diversidade de resíduos sólidos (Figura 2.7), observa-se a ocorrência de um tipo específico de resíduo, que em termos de volume e massa, chega muitas vezes a superar a quantidade de resíduos domiciliares produzida nos centros urbanos (PINTO, 1999). É o chamado entulho de construção, caliça, metralha, ou resíduo sólido de construção e demolição (RSCD).

Tecnicamente, o RSCD é conceituado como sendo um resíduo proveniente de construções, reformas, manutenções e demolições de obras de construção civil e da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos, cerâmica, concreto, rocha, madeira, gesso, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e outros (Adaptado de CONAMA, 2002).

CONAMA (2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, classificando os RSCD em quatro diferentes classes, a saber:

- Classe A – inclui os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
  - De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;

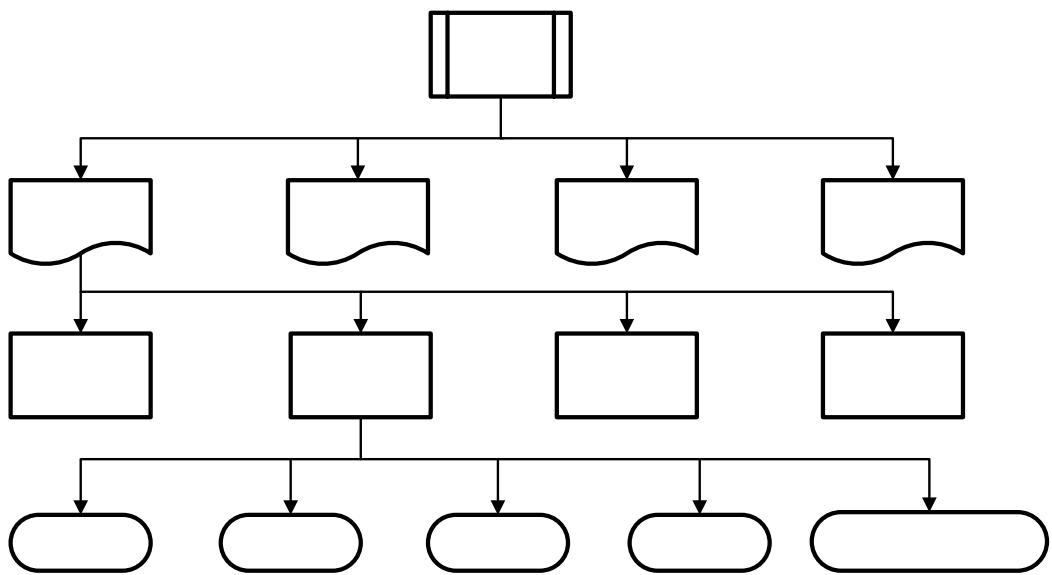


Figura 2.7 – Classificação dos resíduos sólidos em função da origem (Adaptado de Neto, Urban<sup>2005</sup>). Industrial

- De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

- Do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

- Classe B – inclui os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papelão/papel, metais, vidros, madeira e outros.
- Classe C – inclui os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias e aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.
- Classe D – inclui 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.

Em outros países, como os Estados Unidos, os resíduos sólidos de construção e demolição costumam ser classificados de acordo com sua origem, ou melhor, segundo a atividade específica que o gerou. Assim, de acordo com a *The Solid Waste Association of North América* (SWANA, 1993 *apud* PINTO, 1999), os RSCD seriam classificados em:

- Material de obras viárias;

Resíduos Sólidos

Poda caprina

- Material de escavação;
- Material de demolição de edificações;
- Material de construção e renovação de edifícios;
- Material de limpeza de terrenos.

Independentemente da classificação adotada, o certo é que as diversas atividades de uma construção geram resíduos, em quantidades e composição diferentes, segundo a etapa ou fase da obra (PINTO, 1999).

### **2.2.2 – Legislação e normas**

A publicação de leis, resoluções e normas abordando os resíduos sólidos da construção civil, incluindo regras para gerenciar sua coleta, transporte e disposição ambientalmente adequados é recente, sendo as mais expressivas, datadas do início desta década. Isso se deve, em parte, ao descaso do poder público, à falta de incentivo e fiscalização dos gestores municipais e à falta de iniciativa por parte do setor privado.

Ao passo em que o “mundo reclama dos males que lhe foram causados”, as nações vão percebendo a importância de preservá-lo, ou mesmo diminuir a intensidade com a qual vem destruindo-o. E isto tem levado países a criarem e adotarem políticas específicas que tratam da reciclagem e do desenvolvimento sustentável.

A nível mundial, destaque deve ser dado ao Relatório Brundtland, publicado pela CMMAD em 1987 e à Agenda 21, publicada pelo CIB em 2000. Contendo 40 capítulos, a Agenda 21 Global foi construída de forma consensual, com a contribuição de governos e instituições da sociedade civil de 179 países, em um processo que durou dois anos e culminou com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), no Rio de Janeiro, em 1992, também conhecida por Rio 92.

Para se ter uma idéia da mudança que vem ocorrendo, o governo federal norte-americano estabeleceu uma política nacional para a compra de produtos e serviços “ambientalmente preferíveis”, definidos como aqueles que possuem menor efeito nocivo sobre o ambiente

ou à saúde, quando comparados com seus competidores e durante todo o ciclo de vida (CLINTON *apud* JOHN, 2000). Na Inglaterra, dentre diversas iniciativas tomadas, destaque para a política que passa a impor uma taxa a ser cobrada sobre todo material enviado para aterro (DESAI *apud* JOHN, 2000). Na Holanda, foi criada uma política ambiental, que tem como princípio fundamental, o gerenciamento integrado em cadeia (HENDRIKS, 2001). Segundo este, uma administração positiva do ponto de vista ambiental, social e econômico dos ciclos de materiais, deve estar baseada em princípios como:

- Redução do uso de fontes de energia provenientes de combustíveis fósseis e maximizar o uso de fontes de energia ambientalmente corretas;
- Equilíbrio interior do processo de renovação e decomposição de matérias-primas biogênicas renováveis;
- Manter as matérias-primas em seu ciclo no maior período de tempo possível, a menos que isto não seja apropriado, do ponto de vista ambiental.

Em nosso país, a elaboração do Programa Brasileiro de Reciclagem (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E TURISMO, 1998 *apud* PINTO, 1999) representou um marco inicial nas ações e políticas de aproveitamento dos resíduos gerados.

Em termos de leis, a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, juntamente com a Lei Federal nº. 9.605, de 13 de fevereiro de 1998, são instrumentos de importante relevância no combate à poluição e degradação ambiental. A nível municipal, tem-se exemplos em São Paulo, com a promulgação da Lei nº. 10.311, de 12 de maio de 1999 – que institui o selo verde para empresas que executam programas de recuperação e preservação do meio ambiente e da Lei nº. 37.633, de 18 de setembro de 1998 – que regulamenta a coleta, o transporte, a destinação final de entulho, terras e sobras de materiais de construção; em Belo Horizonte, por meio da Lei nº. 6.732 – que dispõe sobre a colocação e permanência de caçambas de coleta de terra e entulho nas vias e logradouros públicos; em Recife, por meio da Lei nº. 18.082, de 13 de novembro de 1998 – que regulamenta e Lei nº. 16.377/98, no que tange ao transporte e disposição de resíduos de construção civil e outros resíduos não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências; e em Brasília, com a promulgação das Leis nº. 462, de 22 de junho de 1993 – que dispõem sobre a reciclagem de resíduos sólidos e dá outras providências, a nº. 3.224,

de 02 de dezembro de 2003 – que institui a política de gestão de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil e dá outras providências e a nº. 3.296, de 19 de janeiro de 2004 – que dispõe sobre o licenciamento ambiental de locais destinados à disposição de resíduos minerais.

Junto com todas estas, a que talvez tenha possibilitado maior evolução em termos da gestão ambientalmente adequada dos RSCD, foi a Resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que entrou em vigor desde 02 de janeiro de 2003. Esta define, como instrumento para implantação da gestão de resíduos da construção civil, o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), que deve incorporar:

- Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC);
- Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

Apesar de ser um importante instrumento, muitos de seus prazos e diretrizes, a exemplo do que acontece com muitos outros, foram desrespeitados:

- Janeiro/2004 – Fim do prazo para que municípios e Distrito Federal elaborem seus PIGRCC;
- Julho/2004 – Fim do prazo para que municípios e Distrito Federal implantem seus PIGRCC;
- Julho/2004 – Fim do prazo para que municípios e Distrito Federal cessem a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e áreas de “bota-fora”;
- Janeiro/2005 – Fim do prazo para que os geradores, exceto os de pequenos volumes, incluam os PGRCC nos seus projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou licenciamento dos órgãos competentes.

Uma retrospectiva das ações até então desenvolvidas revela que mudanças importantes vêm ocorrendo, e que os agentes envolvidos estão percebendo a necessidade de um desenvolvimento sustentado em ações que protejam e preservem o meio ambiente. A fim de ilustrar os avanços ocorridos, particularmente nos termos da elaboração de instrumentos

legais, determinando diretrizes e aplicando sanções penais, apresenta-se uma lista (Apêndice A) contendo as mais importantes leis, decretos, resoluções e normas voltadas para a gestão de RSU e, em casos específicos, aos RSCD.

### **2.3 – GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RSCD NO MUNDO, NO BRASIL E EM ALGUMAS CIDADES**

Mesmo sabendo que a cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC) é responsável pela geração de significativos volumes de resíduos, ela é indispensável para a montagem da infra-estrutura necessária ao processo de industrialização e ao desenvolvimento sustentável de um país.

Logo, os resíduos produzidos pela CPIC sempre estiveram, estão e estarão intimamente ligados às atividades dos mais variados setores de produção, sendo inevitável sua geração. No entanto, deve ser do interesse das nações buscar o crescimento econômico em conjunto com a preservação da natureza, o que implica redução do índice de resíduos gerados.

Para se ter uma idéia do volume de resíduos produzidos, Costa (2005) e Lauritzen (1994) estimam que cerca de 730,0 milhões de toneladas de resíduos domiciliares e 2,0 bilhões de toneladas de resíduos sólidos de construção e demolição são gerados por ano em todo o planeta. Na Europa, Canadá e Estados Unidos, por exemplo, é estimada uma taxa anual de 296,0 a 631,0 kg/hab, 460 kg/hab e 720 kg/hab (respectivamente) para os resíduos sólidos urbanos de origem doméstica. Quanto aos RSCD, para se ter uma idéia da quantidade gerada em certos países, é apresentada a Tabela 2.1.

Mesmo sabendo que os resíduos provêm de diversas fontes, sendo classificados em quatro tipos distintos, conforme sua origem (Figura 2.7), percebe-se que a quantidade de RSCD tem participação superior a 50% no total de RSU (PINTO, 1999). Na Holanda, por exemplo, a geração total de resíduos em 1991 foi estimada em 60 milhões de toneladas, ou 4,3 t/hab/ano, sendo que deste total, apenas 0,37 t/hab/ano (8,8 %) foi de resíduo sólido domiciliar. No Brasil, para o ano de 2000, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico estimou a geração de 125.281 toneladas diárias de resíduo domiciliar, ou seja, 0,27 t/hab/ano; comparativamente, é estimada uma geração da ordem de 0,5 t/hab/ano de RSCD, conforme dados apresentados por Pinto (1999). Este autor indica ainda que, a

participação dos RSCD em meio à totalidade de RSU coletados em algumas cidades brasileiras, como Ribeirão Preto, pode chegar a 70%.

Tabela 2.1 – Estimativa de geração de RSCD em diversos países (Adaptado de JOHN, 2000).

PAÍS	QUANTIDADE GERADA	
	t/ano ( $10^6$ )	kg/hab/ano
Suécia	1,20 - 6,00	136,00 - 680,00
Holanda	12,80 - 20,20	820,00 - 1.300,00
EUA	136,00 - 171,00	463,00 - 584,00
Reino Unido	50,00 - 70,00	880,00 - 1.120,00
Bélgica	7,50 - 34,70	735,00 - 3.359,00
Dinamarca	2,30 - 10,70	440,00 - 2.010,00
Itália	35,00 - 40,00	600,00 - 690,00
Alemanha	79,00 - 300,00	963,00 - 3.658,00
Japão	99,00	785,00
Portugal	3,20	325,00
Brasil	68,00*	230,00 - 660,00

\*CARNEIRO, A. *et al* (2001)

É importante destacar ainda que, em meio às diversas atividades de construção civil, têm-se níveis de geração maior ou menor. De acordo com a Tabela 2.2, percebe-se que a participação das diferentes origens na geração de RSCD varia de país para país, sendo a quantidade gerada em atividades de demolição superior àquela associada às atividades de novas construções. No Brasil, em especial, é possível a ocorrência de um mesmo percentual para as quantidades de RSCD geradas nestas duas atividades de construção.

Tabela 2.2 – Contribuições das atividades de construção na quantidade de RSCD gerada (Adaptado de ÂNGULO, 2000).

País	RSCD (t/ano) x $10^6$	RSCD gerados em novas construções (t/ano) x $10^6$	RSCD gerados em atividades demolições (t/ano) x $10^6$	% RSCD gerados em novas construções	% RSCD gerados em atividades demolições	Ano
Países Baixos	14,0	--	--	--	--	1996
Inglaterra	70,0	--	--	--	--	1997
Alemanha	32,6	10,0	22,6	31	69	1994
EUA	31,5	10,5	21,0	33	66	1994/1997
Brasil	70,0	35,0	35,0	30 – 50	50 – 70	1999
Japão	90,0	52,0	47	52	48	1993
França	--	--	25	--	--	1994
Europa Ocidental	215,0	40,0	175	19	81	Previsão 2000

Para se ter uma idéia da quantidade de RSCD gerada em diversos municípios brasileiros, é apresentada a Tabela 2.3. Seus dados revelam que, apesar de algumas cidades apresentarem toneladas diárias de geração de RSCD elevadas, como Salvador, a quantidade *per capita* produzida diariamente é a mais baixa.

Tabela 2.3 – Estimativa de geração de RSCD em diversas cidades (Adaptado de NETO, 2005).

MUNICÍPIO	QUANTIDADE GERADA	TAXA DE GERAÇÃO
	Ton/dia	Kg/hab/dia
Santo André - SP	1.013,00	1,61
São José do Rio Preto - SP	687,00	2,12
São José dos Campos - SP	733,00	1,51
Ribeirão Preto - SP	1.043,00	2,29
Jundiaí - SP	712,00	2,43
Vitória da Conquista - BA	310,00	1,28
Campinas - SP	1.258,00	1,48
Salvador - BA	1.453,00	0,66
Florianópolis - SC	636,12	2,23
Brasília - DF*	1.573,00 **	3,12

\* Refere-se às regiões administrativas de: Brasília, Sobradinho, Paranoá, Lago Sul e Lago Norte.

\*\* Estimada em função de dados obtidos pelo autor em diversas fontes.

O Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2002) relata que, no ano de 2002, foram coletadas 1.178.106 toneladas de resíduos sólidos urbanos em Brasília. Para este mesmo ano, a BELACAP (2005 - autarquia responsável pelos serviços de ajardinamento e limpeza urbana do DF) informou terem sido coletadas 1.386.919 toneladas de RSU. Deste total, cerca de 60% são de RSCD.

Estes volumes, que por si só já deixam transparecer as enormes dimensões das tarefas de gerenciamento de resíduos, trazem um outro problema agravante, qual seja, o encarecimento dos processos de tratamento e disposição, especialmente dos resíduos classificados como perigosos. Segundo John (2000), este encarecimento se deve a fatores como:

- Concentração em torno de grandes cidades, onde as áreas para disposição são escassas e a recusa da população em aceitar um depósito de lixo em sua vizinhança tem ainda se tornado mais raras;
- Crescentes exigências técnicas para tratamento e disposição.

## **2.4 – GERENCIAMENTO, PERDAS E RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

### **2.4.1 – Gerenciamento**

São inúmeros os impactos causados pelos resíduos gerados na cadeia produtiva da indústria da construção. Nas suas mais diversas atividades, podem ser gerados impactos de natureza social, econômica e ambiental, com diferentes níveis de intensidade, conforme mostra a Tabela 2.4.

Pode-se perceber na Tabela 2.4 que, em cada uma das atividades da cadeia produtiva da indústria da construção civil, são gerados impactos ambientais, em três diferentes intensidades, sobre os elementos listados de I à VIII. Por meio da tabela consegue-se identificar as atividades em que ocorrerão os casos extremos de impacto ambiental e sobre quais elementos.

Restringindo-se às atividades de construção, reforma, manutenção e demolição, observa-se também a ocorrência de impactos significativos, que são constantemente agravados pela inadequada forma de gestão praticada. Para Pinto (1999), a atual forma de gerenciamento dos RSCD é um exemplo, consistindo de ações não preventivas, repetitivas e custosas que não surtem resultados adequados, sendo profundamente ineficiente. Desta forma de gestão, pode-se enumerar uma série de consequências danosas, dentre as quais se destacam: acelerado esgotamento das áreas de disposição final de RSU; custos adicionais para os governos; desperdícios de recursos naturais não renováveis, etc. As Fotografias 2.1, 2.2 e 2.3 apresentam aterros clandestinos e a disposição de resíduo em um logradouro, respectivamente.

Estes e inúmeros outros impactos podem ser minimizados por um outro sistema de gestão que integra diversos fatores, entre eles, a quantificação dos RSCD, sua forma de geração, acondicionamento, sistema de coleta e de disposição, utilização e destinação final (CHERMONT *apud* BLUMENSCHINE, 2004). Para que esta integração se consolide, julga-se necessário unir agentes (setor produtivo, setor público, pesquisa e terceiro setor), instrumentos (legais, econômicos e técnicos) e ações (planejamento, operação e normalização técnica).

Tabela 2.4 – Os impactos das atividades da cadeia produtiva da indústria da construção  
 (Adaptado de Blumenschein, 2004).

Atividades	Impactos Ambientais							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ocupação de terras	alta	alta	baixa	alta	alta	baixa	alta	alta
Extração de matéria-prima	alta	alta	baixa	alta	alta	alta	alta	média
Processamento da matéria-prima	média	média	média	alta	alta	alta	alta	alta
Transporte	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	média
Processo Construtivo	alta	baixa	baixa	baixa	alta	média	alta	alta
Disposição resíduos	alta	alta	alta	alta	alta	alta	alta	alta

Legenda:

I	Solo e lençol freático	II	Água superficial
III	Ar	IV	Flora/ fauna
V	Paisagem	VI	Barulho
VII	Clima	VIII	Energia

Intensidade geração:

baixa	média	alta
-------	-------	------



Fotografia 2.1 – Disposição clandestina de entulho em Águas Claras (Fonte: Paulo Gonçalves).



Fotografia 2.2 – Disposição clandestina de entulho em Taguatinga (Fonte: Paulo Gonçalves).



Fotografia 2.3 – Disposição de entulho em logradouro (Fonte: Fernando Campos).

Para se alcançar um modelo de gestão eficaz, racional, menos dispendioso e sustentável, Pinto (1999) propõe a implantação de um conjunto de ações que tenham por objetivos:

- Redução dos custos municipais com a limpeza urbana, com a destinação dos resíduos e com a correção dos impactos ocorrentes;
- Disposição facilitada dos pequenos volumes de RSCD gerados;
- Descarte racional dos grandes volumes de RSCD gerados;
- Melhoria da limpeza urbana;
- Preservação do sistema de aterros, como condição para a sustentação do desenvolvimento;
- Melhoria da limpeza urbana; incentivo a presença e consolidação de novos agentes de limpeza urbana;
- Preservação ambiental com a redução dos impactos por má disposição, redução do volume aterrado e redução das resultantes da exploração de jazidas naturais de agregados para a construção civil;
- Preservação da paisagem e da qualidade de vida nos ambientes urbanos;
- Incentivo às parcerias para captação, reciclagem e reutilização de RSCD;
- Incentivo à redução da geração de RSCD nas atividades construtivas.

A substituição de gestões “corretivas” por gestões “integradas” vem ocorrendo desde o fim da década de 90, embora de maneira tímida, mostrando resultados bem significativos em algumas cidades do sul e sudeste do país, com destaque para Belo Horizonte. Atualmente, esta cidade conta com duas usinas de reciclagem de entulho (Pampulha e Estoril), fruto da implantação de um plano integrado de gerenciamento.

As ações de uma gestão, principalmente aquela de caráter integrado, normalmente se aplicam em diversas áreas da municipalidade, sendo o ponto de destaque a implantação de usinas de beneficiamento, que costumam dar aos entulhos, antes depositados em aterros e áreas de bota-fora, alternativas de reinserção no ciclo produtivo, mediante sua reciclagem.

No caso da gestão integrada, para que suas diretrizes principais (PINTO, 1999) - facilitação total das disposições, diferenciação integral e alteração da destinação, sejam alcançadas, faz-se necessário promover mudanças na forma de atuação dos gestores

públicos, como também na cultura da classe operária e aperfeiçoamento de técnicas construtivas empregadas nos canteiros de obras.

Apesar de ainda não possuir um plano integrado de gerenciamento de resíduos sólidos (PIGRS), a cidade de Brasília tem tomado iniciativas para minimizar os danos causados pelos seus RSU. Programas como “Projeto Lixo e Cidadania” e “Projeto Limpeza a Galope”, frutos do envolvimento de diversos órgãos e secretarias distritais, têm possibilitado a adequação das atividades de coleta, transporte e disposição dos resíduos urbanos, além de inúmeros benefícios sociais, ambientais, econômicos, políticos e de direitos humanos, ao passo que possibilitam a criação de organizações e cooperativas de catadores, pelo meio das quais esta classe de excluídos consegue uma reinserção social.

Segundo informações da assessoria de gabinete da direção da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), até o final de 2006, deverá ser elaborado e implantado o plano de gestão integrada de RSU no Distrito Federal. Contando com o apoio do Banco Mundial, o governo do DF pretende implantar uma série de ações, tendo como metas principais:

- Melhoria da infra-estrutura das regiões circunvizinhas à Via Estrutural, com implantação/ampliação das redes de abastecimento de água, coleta de esgotos e captação de águas pluviais; pavimentação das vias, criação de escolas e postos de saúde;
- Desativação do aterro do Jóquei Clube e consequente recuperação da área;
- Construção de novo aterro sanitário.

Apesar destas iniciativas, muito ainda tem de ser feito para aprimorar o atual estágio de gestão de resíduos na capital do país, esperando-se que, a partir de 2007, com a implantação do PIGRS, se tenha ações mais sólidas e ambientalmente adequadas.

Além destas ações em nível macro, devem ser desenvolvidas outras ações complementares em nível micro, abrangendo as empresas construtoras e seus canteiros de obra. A consolidação dessas ações pode se dar por meio da implantação do PGRCC e por uma série de cuidados a serem tomados nas diversas fases da construção.

Para Hendriks (2001), os seguintes cuidados preventivos podem reduzir substancialmente a quantidade de perdas geradas em cada uma das seguintes fases construtivas:

- Nas fases inicial e de projeto:
  - Especificação de materiais com vida útil correspondente a uma aplicação particular;
  - Especificação de materiais que possam ser facilmente reusados e com dimensões que correspondam aos tamanhos comerciais padrões;
  - Projetos modulares e flexíveis, que possibilitem modificações com mínima geração de perda;
  - Especificação de materiais de elevada qualidade e na quantidade necessária para a execução do serviço.
- Nas fases de construção, uso e manutenção:
  - Melhoria da qualidade dos resíduos remanescentes do canteiro de obras por meio da separação dos componentes; otimização das oportunidades de reuso de materiais em outras aplicações; garantir que os componentes não recicláveis sejam menos danificados e prevenir a geração de resíduos poluentes e tóxicos; facilitação das formas de disposição;
  - Prevenção dos resíduos no canteiro de obras: minimizar o uso de materiais empacotados; melhorar a limpeza e organização do canteiro e propor formas fáceis e seguras de armazenagem dos materiais.

Este conjunto de ações, em níveis macro (municipalidade) e micro (canteiro de obra), deve ser do interesse de todos os municípios, para que se consiga mudar o quadro da gestão de resíduos sólidos urbanos, a exemplo do que já pode ser observado em algumas cidades do país.

#### **2.4.2 – Perdas**

Para muitos construtores, as perdas, suas causas e consequências nunca foram uma preocupação, pois, segundo estes, elas são inevitáveis. As perdas acabam se integrando de tal forma ao ambiente construído, que acabam sendo aceitas, sem despertar interesse em seu controle (SOIBELMAN, 1993).

Existem diferentes tipos de perdas que poderão assumir níveis maiores ou menores, variando de empresa para empresa, e dentro dos canteiros de obras de uma mesma empresa. Para Soibelman (1993), as perdas podem ser classificadas como:

- De acordo com o controle:
  - Perdas evitáveis (decorrente do emprego inadequado dos materiais e componentes, roubos, vandalismos...);
  - Perdas inevitáveis (sinônimo de perda natural).
- De acordo com a natureza:
  - Perdas de natureza aparente, também chamadas de diretas (são verificadas quando um material é danificado, não podendo ser recuperado ou utilizado, ou que é perdido durante o processo de construção); É exatamente este tipo de perda que dá origem aos entulhos de construção;
  - Perdas de natureza oculta, também chamadas de indiretas (é a perda econômica resultante da utilização do material em excesso ou de forma diferente da prevista).

Neste tipo de perda, os materiais não são perdidos fisicamente. Podem ainda ser subdivididas em:

- # perda por substituição – causada pela utilização de um material de valor superior àquele que foi especificado;
- # perda por negligência – causada pela utilização excessiva de um material sem que o construtor tenha um resarcimento do custo adicional;
- # perda por produção – se deve à ocorrência de situações imprevistas, e portanto, não orçadas.

- De acordo com a incidência:
  - As perdas de materiais podem ocorrer em diferentes etapas do processo de produção, desde o transporte externo, passando pelo recebimento, estocagem, transporte interno, até chegar ao momento de suas aplicações.

É verdade que sempre existirão perdas, mas, suas ocorrências precisam estar dentro de certos limites, não devendo ultrapassar um nível de aceitabilidade, que corresponde à

situação em que o emprego de técnicas exige investimentos superiores ao valor do próprio material que está sendo desperdiçado.

Alguns dados recentes sobre perdas foram obtidos por meio de uma pesquisa de âmbito nacional, denominada “Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras” e realizada pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC). Os dados desta pesquisa são apresentados na Tabela 2.5, onde são mostrados valores máximos e mínimos, além da mediana.

Tabela 2.5 – Perdas de materiais na construção civil (Adaptado de ÂNGULO, 2000).

<b>Perdas de materiais</b>	<b>Mediana (%)</b>	<b>Valor mínimo (%)</b>	<b>Valor máximo (%)</b>
Concreto usinado	9	2	23
Aço	11	4	16
Blocos e tijolos	13	3	48
Cimento	56	Nd	Nd
Cal	36	Nd	Nd
Areia	44	Nd	Nd

Para Souza (1990) *apud* Neto (2005), as perdas verificadas na construção civil podem ser minimizadas pela modernização das tecnologias existentes e pelo desenvolvimento de novas tecnologias, devendo-se tomar como diretrizes básicas:

- Racionalização e integração de projetos;
- Racionalização dos processos de fabricação de materiais e componentes;
- Racionalização dos processos construtivos tradicionais;
- Modernização organizacional e gerencial.

A quantidade e característica do material que se transforma em entulho irão variar de acordo com o tipo de processo produtivo e, dentro de cada um destes processos, poderá haver novas variações em virtude da tecnologia e material empregados (PINTO, 1999).

Para se ter uma noção mais exata das perdas, pode-se fazer menção aos valores definidos pelos estudos de diversos autores e instituições. Tais números foram aferidos em estudos específicos, que podem ser melhor visualizados e tratados a partir da Tabela 2.6. Apesar de

relatar diferentes quantidades de perdas para um mesmo material (que podem ser justificadas pelos diferentes métodos de análise adotados, em situações de canteiros de obras com sistemas e tecnologias construtivas diferenciadas), é possível se definir um intervalo ou mesmo uma média em que tais perdas ocorrem.

Tabela 2.6 – Estimativa de perdas de alguns materiais na construção civil em termos percentuais (Adaptado de NETO, 2005).

Materiais	Agopyan <i>et al</i>	Pinto	Soibelman	Skoyles	TCPO 2000
Concreto	9	1,5	13	6	30
Aço	10	26	19	4	15
Tijolos cerâmicos	17	13	28	13	10
Blocos de concreto	--	--	--	--	5
Cimento	95	33	84	12	--
Cal	97	102	--	--	--
Areia	76	39	46	12	30

Para se ter uma melhor idéia do tipo e intensidade de RSCD produzidos em cada uma das etapas do processo construtivo, são apresentados na Tabela 2.7, os tipos de resíduos por classes de RSCD (definidas por CONAMA (2002)), para uma dada etapa construtiva.

Observa-se ainda na tabela a ocorrência de três diferentes níveis de geração. Por meio dela, percebe-se de forma clara que, dependendo da etapa construtiva em que se encontre uma obra, podem ser gerados diferentes tipos de resíduos, inclusive pertencentes a uma mesma classe e que, para um mesmo tipo de resíduo, este pode aparecer em três diferentes intensidades de geração. Assim, cada etapa construtiva fica bem caracterizada pela geração de determinados tipos de resíduos, em uma intensidade típica padrão.

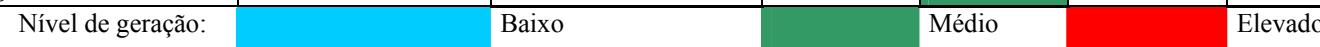
#### 2.4.3 – Reciclagem

Comparado a outros países, principalmente os da Europa, Japão e Estados Unidos, o Brasil ainda mostra relativo atraso em termos da gestão de RSCD. Para se ter uma idéia deste “distanciamento”, no Japão, sob as diretrizes da Lei de Reciclagem, o país já estava reciclando, em 1988, 22% dos RSCD gerados. No ano de 1991, em Tóquio, já existiam 12 instalações de reciclagem (HONG KONG, 1993 *apud* PINTO, 1999), enquanto que, no Brasil, para este mesmo ano, se instalava a primeira usina de reciclagem de RSCD. Alguns outros exemplos são listados a seguir:

Tabela 2.7 – Tipos de resíduos produzidos por etapa construtiva (Fonte: adaptado de HENDRIKS, 2000).

TIPOS DE RESÍDUOS PRODUZIDOS DURANTE A CONSTRUÇÃO	ETAPAS CONSTRUTIVAS						
	Serviços gerais/ Administração	Instalação do canteiro de obras	Fundação	Estrutura	Alvenaria	Instalações Prediais	Acabamento
<b>Resíduos classe A</b>							
Entulho de alvenaria		■		■	■	■	
Entulho de concreto							
Pedra britada							■
Entulho de argamassa					■	■	■
Solo escavado	■	■	■				
Telhas cerâmicas							
<b>Resíduos classe B</b>							
Alumínio / marmitech	■	■	■	■	■	■	■
Aço			■	■			
Alumínio / esquadrias					■		
Ferro	■				■		
Fio de cobre revestido						■	
Tábuas, pontaletes e sarrafos		■		■	■		
Chapas de compensado			■	■			
Papel – Embalagens						■	
Papel – Documentos	■						
Papelão – Embalagens	■				■	■	■
Perfis metálicos						■	
Plásticos - Embalagens	■				■	■	
Tubo de PVC	■	■				■	
Tubo de ferro galvanizado						■	
Vidro					■		
Zinco							
<b>Resíduos classe C</b>							
Papel - Sacos de cimento		■	■	■	■		
Massa de vidro							
Gesso		■					■
Poliestireno expandido					■		
Lixas							■
Manta asfáltica			■	■			
Estopa							
<b>Resíduos classe D</b>							
Tintas e sobras de material de pintura							■
Latas e sobras de aditivos				■			

Nível de geração:



- Na Alemanha se definiu como política de governo a elevação do número de instalações de reciclagem no país, das 550 existentes em 1992, para 1.000 no ano de 1998 (NORDBERG NEWS *apud* PINTO, 1999);
- A França definiu para o ano de 2000 a meta de reciclar 50% dos RSCD gerados (LAURITZEN, 1994 *apud* PINTO, 1999);
- A Suíça traçou, para o final do século passado, o objetivo de quintuplicar o volume de RSCD a ser reciclado, como parte do esforço de redução em 25% do material levado a aterramento (MILANI, 1990 *apud* PINTO, 1999);
- A Holanda e Dinamarca, no início da década de 90, já reciclavam 60% dos RSCD gerados, abastecendo 10% do mercado de agregados com estes produtos (NORDBERG NEWS *apud* PINTO, 1999);
- O Reino Unido também abastece 10% do mercado de agregados com produtos reciclados e é política do governo ampliar essa taxa, em função do considerável potencial do mercado (COLLINS, 1998 *apud* PINTO, 1999);
- Nos Estados Unidos, se estimou a existência de 1.800 instalações de reciclagem em operação, com 1.000 delas processando asfalto, 500 processando madeira e 300 operando com resíduos misturados (YOST, 1998 *apud* PINTO, 1999).

Apesar de atrasada, em relação a muitos outros países em desenvolvimento e até mesmo desenvolvidos, a construção civil brasileira tem demonstrado interesse em reverter este quadro e atualmente conta com alguns bons exemplos de gestão de RSCD. Desde 1995, vêm sendo implantadas no estado de Minas Gerais políticas de gerenciamento de resíduos, levando a resultados que impressionam o meio técnico, servindo de exemplo para inúmeros outros estados. Outro bom exemplo é o que vem sendo desenvolvido na cidade de Salvador, por meio do programa Entulho Bom. Neste, foi desenvolvida uma série de estudos de quantificação e caracterização do entulho da cidade, o que permitiu definir, com maior precisão, o estágio e situação da atual gestão de RSCD.

Em Brasília, programas como o PEL (Programa Entulho Limpo) e PGM (Programa de Gestão de Materiais) têm se preocupado em adequar as práticas de coleta, transporte e disposição dos RSCD às exigências da resolução nº. 307 do CONAMA. Para tal, são desenvolvidas campanhas de conscientização, principalmente nos canteiros de obras, instruindo os funcionários quanto à forma mais adequada de gerir seus resíduos.

No Brasil, há atualmente dezesseis usinas de reciclagem de entulho de construção operadas por autarquias municipais (NUNES, 2004), distribuídas nas seguintes cidades:

- Belo Horizonte (MG) – 2 usinas;
- Brasília (DF) – 2 usinas;
- Goiânia (GO);
- Guarulhos (SP);
- Londrina (PR);
- Macaé (RJ);
- Piracicaba (SP);
- Ribeirão Pires (SP);
- Ribeirão Preto (SP);
- Salvador (BA);
- São José do Rio Preto (SP);
- São José dos Campos (SP);
- São Paulo (SP);
- Vinhedo (SP).

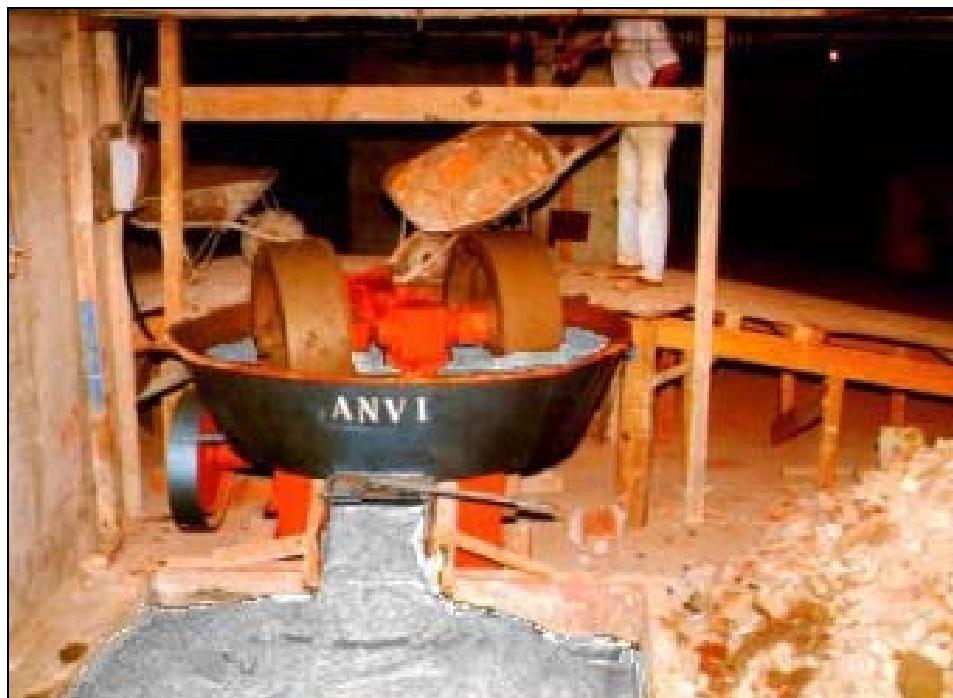
Além das usinas de reciclagem de grande porte, com capacidade de operar em torno de 100 t/dia de material reciclado, existem pequenas unidades de beneficiamento do entulho, que podem ser instaladas nas centrais de produção das empresas construtoras, ou mesmo em seus canteiros de obra. O uso destas teve início na década de 80, por meio da implantação de “moinho-argamasseira” (ver ilustração na Fotografia 2.4). Um modelo muito usual é o da marca ANVI, constituído essencialmente por uma caçamba de piso horizontal e dois rolos moedores e dois misturadores.

Na cidade de Brasília, este tipo de equipamento é pouco usual, e, no conjunto de empresas construtoras selecionadas para a realização do programa experimental deste trabalho, não há nenhum destes equipamentos instalados em seus canteiros de obras. Em uma das empresas construtoras selecionadas, a EC – 4<sup>2</sup>, o moinho-argamasseira ANVI 500 chegou a ser usado em alguns de seus canteiros, mas não proporcionou os resultados esperados, devido

---

<sup>2</sup> Para identificar cada empresa construtora, sem ter de revelar seu nome, adotou-se a simbologia EC – i, onde i corresponde a um algarismo arábico.

principalmente às intensas reclamações da vizinhança frente ao barulho produzido durante sua operação e a mudança do comportamento da classe operária, que deixou de se preocupar com a necessidade e cuidado em se evitar geração de entulho.



Fotografia 2.4 – Moinho-argamasseira da marca ANVI (Fonte: catálogo da ANVI).

A idéia de implantação de usinas centrais de reciclagem de RSCD parece ser mais adequada e proporcionar resultados mais satisfatórios. Quando se está avaliando a necessidade de implantação de uma usina de reciclagem de entulho em uma dada região, três fatores devem ser observados (MONTEIRO, 2001):

- Densidade populacional: necessidade de uma alta densidade populacional de forma a assegurar um constante suprimento de resíduos que servirão de matéria-prima para a indústria de reciclagem;
- Obtenção de agregados naturais: escassez ou dificuldade de acesso a jazidas naturais favorece a reciclagem de entulho, desde que um alto nível de tecnologia seja empregado. Abundância e fácil acesso a jazidas não inviabilizam a reciclagem do entulho de obra por si só, mas, por razões econômicas, normalmente induzem à aplicação de baixos níveis de tecnologia ao processo;

- Nível de industrialização: afeta diretamente a necessidade e conscientização de uma sociedade em reciclar o entulho. Em áreas densamente povoadas, razões de ordem social e sanitária estimulam a redução do volume de resíduos que devam ser levados aos aterros.

As usinas de reciclagem espalhadas pelo mundo, incluindo as do Brasil, são constituídas por equipamentos similares aos utilizados para produção de agregados naturais, normalmente derivados daqueles empregados na indústria mineradora. Tais usinas podem ser classificadas em função dos critérios e do rigor usados na eliminação dos contaminantes, podendo ser (GEHO *apud* CARNEIRO, A. P. *et al.*, 2001):

- Usina de 1<sup>a</sup> geração – necessita de elementos que possam eliminar metais (mais comuns no Brasil);
- Usina de 2<sup>a</sup> geração – similar a anterior, mas contendo sistemas preliminares (mecânicos ou manuais) de eliminação de contaminantes, como a limpeza e classificação do material, por via seca ou úmida;
- Usina de 3<sup>a</sup> geração – visa à remoção praticamente integral de todos os materiais secundários, considerados como contaminantes do agregado reciclado.

Além deste critério, as usinas podem ser classificadas, segundo a possibilidade de movimentação, em fixas e móveis, sendo que as primeiras são mais indicadas quando se exige um maior controle do seu impacto ambiental, e as segundas são preferencialmente utilizadas em zonas onde a quantidade de material a reciclar, ainda que constante, não alcança grandes montantes.

Os equipamentos empregados em processos de reciclagem normalmente se constituem de: pá-carregadeira, alimentador vibratório, britador, eletroímã para separação das ferragens, peneiras, mecanismos transportadores e, eventualmente, sistemas para eliminação de contaminantes. Com relação aos equipamentos de trituração, é comum se employar um dos seguintes tipos: britadores de impacto e britadores de mandíbula, sendo estes mais indicados na produção de agregados para concretos.

Para que se possa ter uma melhor idéia da configuração de uma usina de reciclagem de entulho, identificando seus equipamentos e estruturação, são apresentados alguns equipamentos, conforme ilustrado na Fotografia 2.5.

Os tipos de plantas de reciclagem e equipamentos a serem utilizados devem ser selecionados em função das características iniciais do entulho, do seu grau de processamento e do uso que se pretende dar ao material reciclado. Assim sendo, se a pretensão for de usar o material reciclado na fabricação de concreto estrutural, o processo de reciclagem deverá ser mais rigoroso, para permitir a produção de um agregado com menor quantidade de contaminantes; caso se destine à execução de camadas de pavimentação, não haveria tanta preocupação com o rigor do processo de produção do mesmo.



Fotografia 2.5 – Vista geral da Usina de reciclagem em Pampulha – BH (Fonte: Jornal Ambiente Brasil, Dez/2005).

Outro fator importante e que deve ser lembrado no momento da decisão de implantar uma usina de beneficiamento de RSCD é que, apesar de possuir um potencial de reciclagem de aproximadamente 90% (LAURITZEN, 1994), o entulho pode apresentar quantidade e composição bastante diferenciada em função:

- Do nível de desenvolvimento da construção local;
- Dos tipos de materiais disponíveis ou predominantes na região;
- Do desenvolvimento econômico da região;
- Da demanda por novas construções e desenvolvimento de construções especiais (metrô, esgotamento sanitário...).

Em determinadas situações e momentos, a implantação de unidades de beneficiamento de RSCD se deu por outros motivos além dos já mencionados anteriormente. No Japão, e inúmeros outros países da Europa, o reduzido espaço territorial, a escassez ou mesmo inexistência de matérias-primas e as exigências de leis e tratados, condicionaram de forma mais intensa a necessidade de implantação. Uma outra razão, que pode ser tomada inclusive como uma das mais importantes alavancas, foi à ocorrência das históricas grandes guerras mundiais, que condicionaram o acúmulo de milhares de toneladas de entulho, que precisavam ser retiradas das cidades para dar espaço às novas construções. Somando-se a estas, devem ser lembradas as ocorrências e catástrofes naturais, como os terremotos e furacões.

Sob um outro ponto de vista, a implantação de unidades de beneficiamento de RSCD se justifica pelos bons resultados observados até então. No Brasil, em especial, a mudança na gestão de resíduos sólidos adotada em algumas cidades tem revelado que a implantação de usinas de reciclagem possibilitou uma série de vantagens, dentre as quais pode-se citar (MONTEIRO, 2001):

- Redução do volume de extração de matérias-primas;
- Conservação de matérias-primas não renováveis;
- Correção de problemas ambientais urbanos gerados pela disposição indiscriminada de resíduos de construção na malha urbana;
- Colocação, no mercado, de materiais de construção de custo mais baixo;

- Criação de novos postos de trabalho, principalmente para mão-de-obra de baixa qualificação.

Algo que não pode ser esquecido e que é de fundamental importância, devendo inclusive nortear a implantação de usinas de reciclagem, é o desenvolvimento de um estudo prévio, detalhando a atual gestão de resíduos sólidos, suas implicações sociais e custos, e a estruturação exigida para que a coleta, transporte e beneficiamento do RSU (e em especial, do RSCD) na região se dêem de maneira ambientalmente adequada, eficaz e com benefícios econômicos (adaptado de PINTO, 1999).

## **2.5 – PRÁTICAS E POLÍTICAS DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RSCD NO BRASIL**

Gerenciar, de forma racional e ambientalmente adequada, os resíduos sólidos, especialmente aqueles produzidos nos grandes centros urbanos, tem sido uma constante e acentuada preocupação dos gestores públicos.

No mundo, assim como no Brasil, a percepção de que o gerenciamento inadequado dos RSU gerados nos vários processos de produção e consumo causa problemas que necessitam de solução urgente, tem levado os diversos setores da sociedade a se integrarem e se mobilizarem no sentido de reduzir o volume de resíduos produzidos, aplicando técnicas que possibilitem sua reutilização e mesmo reciclagem.

Nas últimas décadas, diversas ações e projetos foram desenvolvidos no Brasil, no sentido de corrigir a forma e estrutura adotada para coletar, transportar e dispor os resíduos provenientes das atividades da construção civil, com destaque para aqueles originados em construções, reformas, manutenções e demolições de edificações.

A Política Nacional de Saneamento e o Programa Brasileiro de Reciclagem são bons exemplos nacionais, que mostram o interesse do governo federal em equacionar e solucionar os problemas que os resíduos sólidos têm trazido para os espaços urbanos.

Em nível regional, tem-se como exemplo de destaque o “Projeto Competir”. Tal projeto foi iniciado em 1996, decorrente de um ajuste complementar ao acordo de cooperação técnica entre os governos do Brasil e da Alemanha, para uma ação cooperada entre o Sebrae – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, o SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e a GTZ – *Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit*. Originou-se de uma proposta do SENAI-PE, ampliando-se para cinco estados do Nordeste e posteriormente abrangendo toda a região. Representa a mais extensa e complexa experiência de cooperação técnica internacional, tendo como princípios e diretrizes:

- Integrar empresas de pequeno porte em processos dinâmicos de desenvolvimento regional;
- Contribuir para a redução da pobreza por meio do fortalecimento das empresas ampliando a capacidade de geração de emprego e renda;
- Orientar suas ações para as necessidades das empresas e para o protagonismo empresarial;
- Adotar procedimentos inovadores adequados à realidade local através da colaboração entre peritos alemães e brasileiros, da transferência de tecnologias e da capacitação de pessoal das organizações executoras brasileiras de instituições parceiras e das empresas;
- Incentivar a integração e a colaboração entre os estados da região.

Seus principais objetivos são:

- Geral: fortalecimento de capacidades para o fomento a competitividade das empresas de pequeno porte, inserindo-as dinamicamente em processos de desenvolvimento regional, de forma integrada e sistêmica;
- Específicos: construir capital humano no Nordeste do Brasil, abrangendo as instituições executoras, os parceiros e as empresas; definir metodologias, instrumentos e ferramentas consistentes para uma abordagem sistêmica às empresas, cadeia produtiva e arranjos produtivos locais; contribuir para a melhoria dos serviços oferecidos pelas instituições executoras.

Somando-se a estes, um conjunto de projetos e ações vem sendo desenvolvido nos estados e seus municípios, onde a cooperação e integração entre diversos parceiros (governo, prefeituras, setor privado, universidades e instituições de ensino...) têm possibilitado a

mudança do quadro atual, com implantação de uma gestão integrada de resíduos sólidos, adequando as práticas em relação às normas, leis e recomendações ambientais.

Em Salvador, por exemplo, por meio de uma parceria entre a Universidade Federal da Bahia e a Caixa Econômica Federal, foi desenvolvido o Projeto Entulho Bom. Seu foco principal é a reciclagem e reaproveitamento do entulho para materiais de construção, buscando minimizar os impactos socioambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos, preservar os recursos naturais e melhorar a qualidade de vida da região metropolitana de Salvador. Neste projeto, uma série de levantamentos e estudos foi desenvolvida no sentido de identificar as características e potencialidade do RSCD gerado na cidade, indicando alternativas de aplicação do agregado reciclado para produção de argamassas de revestimentos, blocos de vedação, obras de pavimentação, dentre outros.

Algo semelhante, mas com o principal objetivo de estimular a reciclagem dos resíduos gerados nos canteiros de obras e introduzir tecnologias sustentáveis na indústria da construção, foi desenvolvido em Brasília, capital do país. A Universidade de Brasília, em parceria com a prefeitura de Goiânia, Sebrae e SENAI – DF, Sinduscon-DF e Sinduscon-GO e com a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), implantaram os Projetos Piloto 1 no Distrito Federal e Goiânia, que têm como principais metas:

- Contribuir para a gestão dos RSCD;
- Contribuir para o fortalecimento do sistema nacional de aprendizagem da indústria da construção, visando fortalecer a absorção ativa de tecnologia que minimize o impacto causado pelo setor produtivo no meio ambiente;
- Exercitar a implantação do processo de reutilização dos RSCD com a participação dos agentes pertinentes ao processo construtivo;
- Exercitar a implantação de projetos de gerenciamento de resíduos sólidos, de responsabilidade dos grandes geradores, como disposto pela Resolução 307 do CONAMA;
- Exercitar o escoamento dos resíduos segregados, por meio de coleta por agentes recicladores na própria obra, a partir da implantação do PGRSC;
- Estimular o desenvolvimento de pesquisa para produção de novos materiais e componentes a serem absorvidos pela indústria da construção, com a aplicação de agregados reciclados;

- Contribuir com o setor público para responder às suas obrigações com relação à elaboração do PIGRCC, de acordo com as disposições da Resolução 307 do CONAMA.

Além destes, uma série de incentivos e mobilizações, por parte de agentes financiadores, empresas e associações, têm ocorrido, visando apoiar estas ações e projetos, além de novas propostas e planos que criem condições para um desenvolvimento sustentável.

A partir do ano de 2005, a Caixa Econômica Federal – CEF, principal braço financeiro do governo para apoio à infra-estrutura urbana, colocou à disposição dos municípios uma linha de crédito destinada a financiar projetos de gerenciamento integrado de resíduos da construção civil (Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, out/dez 2004). Tal linha de crédito irá financiar obras civis, máquinas e equipamentos, plantas industriais (terreno) e trabalhos sociais.

Nas principais capitais do país, os Sindicatos da Indústria da Construção (Sinduscon) têm desenvolvido estudos e realizados uma série de palestras e workshops, envolvendo os diversos segmentos ligados à construção civil, no sentido de integrá-los e orientá-los quanto às novas técnicas de gerenciamento de RSCD.

Recentemente, o Sinduscon-SP, com o apoio das empresas I&T – Informações e Técnicas e Obra Limpa Comércio e Serviços LTDA, vem desenvolvendo o Programa de Gestão Ambiental de Resíduos em Canteiros de Obras, por meio do qual lançou o manual intitulado “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil”. Tal programa tem a finalidade de orientar os construtores na implantação de uma metodologia para gestão de RSCD, treinando e capacitando seus profissionais.

Em Brasília, as principais ações e projetos que vêm sendo desenvolvidos atualmente sobre a gestão dos RSCD contam com o apoio ou coordenação do Sinduscon-DF e da FIBRA-DF. A Federação das Indústrias do Distrito Federal, por meio da comissão de Estudos da Política de Resíduos Sólidos do DF, tem colaborado com a política de gestão de resíduos sólidos do Distrito Federal, integrando agentes relevantes ao processo de gestão de RSU e exercitando soluções, modelos e metodologias, tendo como princípios:

- Compartilhar recursos, responsabilidades e interesses;
- Integrar agentes, ações e instrumentos;
- Fortalecer o sistema de aprendizado das instituições participantes;
- Testar soluções por meio de projetos pilotos.

Todas estas ações e projetos realizados em nível nacional, regional e local mostram o interesse de todos em equacionar e solucionar os problemas associados aos RSCD, corrigindo as atuais políticas de gerenciamento de resíduos, de forma a minimizar os impactos e danos causados pelo elevado volume gerado e pelas disposições inadequadas de tais resíduos, possibilitando sua reutilização e reciclagem.

## **3 – PROGRAMA EXPERIMENTAL**

Neste capítulo apresenta-se o programa experimental desenvolvido para o alcance dos objetivos desta dissertação. São relatadas as atividades desenvolvidas junto às empresas construtoras, desde a seleção dos canteiros de obras, passando pela coleta de amostras de RSCD, até os procedimentos de realização dos ensaios laboratoriais, bem como as atividades realizadas na municipalidade, que envolve as investigações e coleta de dados sobre a atual gestão dos RSCD.

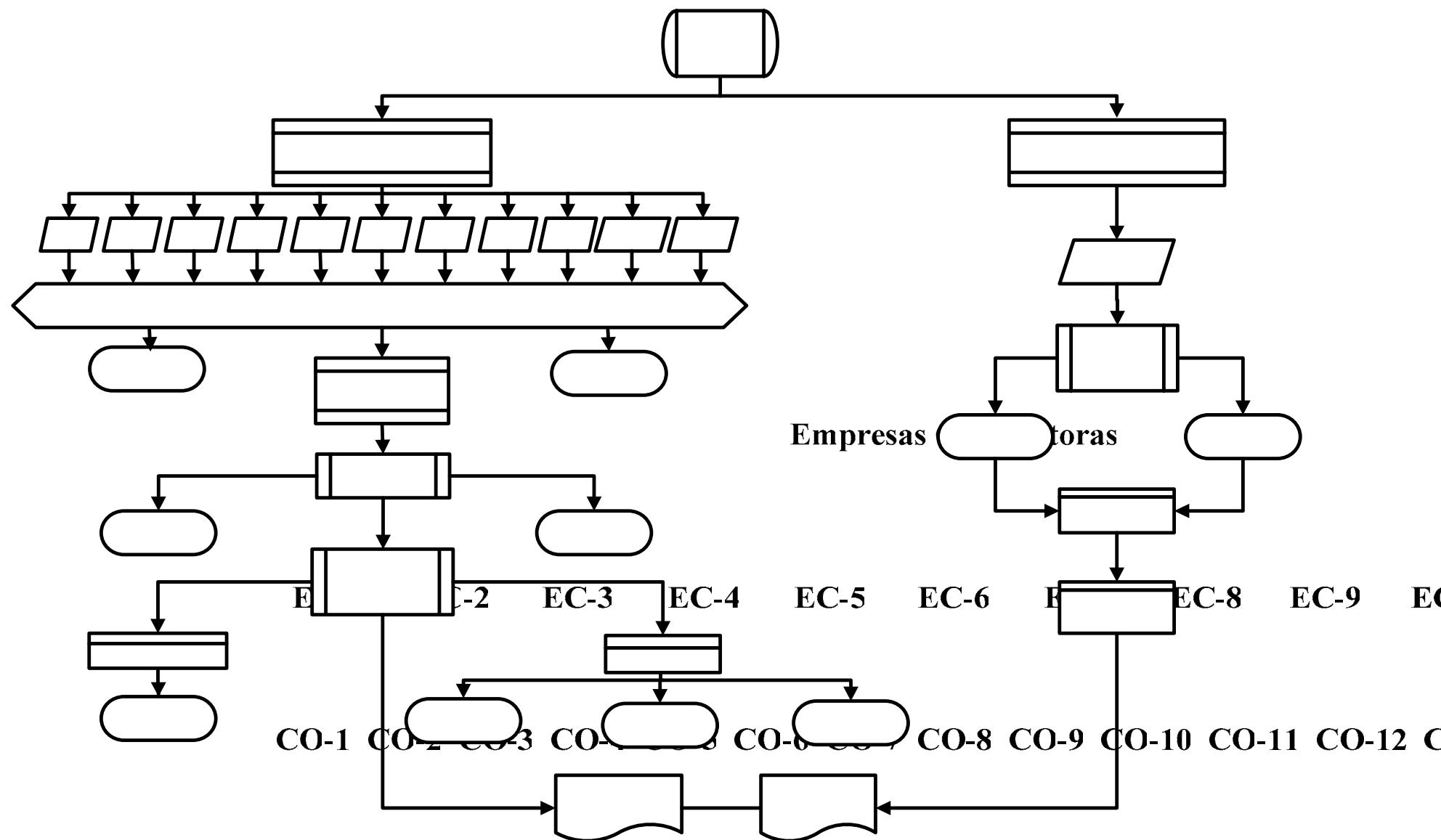
Por meio da Figura 3.1, podem ser notadas as principais atividades desenvolvidas. No espaço das empresas construtoras, é destacada a seleção das onze empresas construtoras e dos catorze canteiros de obras. Nestes, foi feita a quantificação dos volumes e massas de RSCD gerados no período de estudo e recolhida uma amostra representativa do entulho, que posteriormente foi caracterizada pelos ensaios microestrutural e físicos realizados. Já no espaço da municipalidade, foi avaliada a estrutura da atual gestão dos resíduos sólidos, com destaque para o levantamento das áreas de disposição de RSCD, tanto clandestinas quanto legalizadas.

### **3.1 – EMPRESAS CONSTRUTORAS**

#### **3.1.1 – Seleção das empresas construtoras e dos canteiros de obras**

A seleção das empresas construtoras e seus respectivos canteiros de obras foi norteada por critérios pré-estabelecidos, a saber:

- Localização: foram priorizados os canteiros situados nas áreas mais próximas do campus da Universidade de Brasília, tomando-se o cuidado de selecioná-los de forma a ter-se pelo menos um deles em cada etapa construtiva abordada (fundação, estrutura, alvenaria e acabamento);
- Canteiros de empresas com e sem certificados de qualidade;
- Canteiros de empresas de diferentes portes (pequeno, médio e grande);
- Canteiros de empresas com maior interesse em colaborar para o desenvolvimento desta dissertação, ajudando nas atividades a serem desenvolvidas dentro da obra e fornecendo as informações necessárias.



# Gestão RSGD

al.  
**Amostra de  
RSCD**

Sist. Cons

Partindo-se do objetivo de ter empresas construtoras de diferentes perfis e canteiros de obras em diferentes estágios de construção, foi definido o número de catorze canteiros para o presente estudo. A localização de cada um destes e sua distribuição espacial podem ser melhor visualizadas na Figura 3.2. Nesta, cada ponto (na cor vermelha) representa um canteiro de obras. Percebe-se que há uma concentração de obras na Asa Norte e no Setor Sudoeste, além de duas outras ao longo do Eixo Monumental.



Figura 3.2 – Distribuição espacial dos canteiros de obras em Brasília.

Com relação aos critérios de seleção das empresas construtoras, é interessante considerar a influência de certos parâmetros na quantidade e composição dos entulhos. Sobre isto podem ser citados os trabalhos de Carneiro, F. *et al.* (2004), que comprovaram variação na quantidade e composição dos entulhos gerados em uma mesma fase em canteiros de obras de empresas com e sem certificado de qualidade do tipo ISO 9001.

Ainda com relação aos critérios de seleção e distribuição espacial dos canteiros, houve preocupação em escolher canteiros em 2 diferentes regiões administrativas, já que em muitas delas se verificam tendências arquitetônicas predominantes, além do uso de materiais e componentes mais nobres, em função da classe social presente.

### **3.1.2 - Realização de visitas técnicas aos canteiros de obras**

Esta etapa consiste na realização de visitas técnicas com o objetivo de levantamento de dados sobre a geração de entulho nas diversas etapas construtivas (incluindo sua quantidade, acondicionamento, formas e equipamentos empregados na coleta, transporte etc.), bem como, coleta de material para a caracterização física e microestrutural.

Na ocasião da primeira visita foi apresentado ao dirigente da empresa e/ou engenheiro responsável o propósito da dissertação e quais atividades deveriam ser realizadas no canteiro de obras. Mediante o consentimento e permissão destes, aplicou-se um questionário (Apêndice B), visando realizar a caracterização da empresa e do canteiro de obras. Foram feitas perguntas sobre a gestão de RSCD, que permitiram decidir sobre a continuidade dos trabalhos ou a desistência e procura por outros canteiros, conforme a estrutura do canteiro e a disponibilidade de mão-de-obra e das fichas de controle de saída dos RSCD que possibilitassem a realização das atividades previstas.

Na ocasião da segunda visita, se procurou inspecionar o canteiro de obras, sua organização e forma de gerenciar seus resíduos. A intenção foi a de percorrer todos os pontos do canteiro, principalmente os locais reservados para colocação das caçambas e das baias de armazenamento temporário de certos resíduos, registrando fotos e identificando a estruturação e organização dos espaços.

Conversas com o pessoal de campo e seus encarregados permitiram identificar o funcionamento da gestão nos canteiros, como as equipes de limpeza se distribuíam e executavam suas tarefas, em especial a coleta, transporte e disposição do entulho dentro do próprio canteiro de obras, de modo que se pudesse entender a estruturação e divisão de responsabilidades entre as diversas categorias de profissionais.

### **3.1.3 – Coleta das amostras de entulho**

Para coletar a quantidade de RSCD pretendida, dois tambores metálicos de 200 dm<sup>3</sup> foram colocados em cada canteiro de obras, devidamente identificados com a terminologia adotada, neste trabalho, para representar cada empresa e seus canteiros, sendo acondicionados cerca de 100 dm<sup>3</sup> de entulho em cada um dos tambores. Para proceder à coleta das amostras, foram observadas as normas NBR 7.216/1987 – Amostragem de agregados e NBR 10.007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos, procedendo-se às devidas adaptações.

De acordo com a NBR 10.007/2004, a amostra de resíduo sólido a ser estudada deve ser obtida através de um processo de amostragem que garanta as mesmas características e propriedades da massa total do resíduo. Para tal, deve-se definir o objetivo da amostragem e realizar uma pré-caracterização do resíduo, por meio do levantamento do processo que lhe deu origem. Disto, resulta um plano de amostragem que deve incluir: avaliação do local, forma de armazenagem, pontos de amostragem, tipos de amostradores, número de amostras a serem coletadas, volumes, tipos (simples ou composto), número e tipo dos frascos de coleta, métodos de preservação e tempo de armazenagem, assim como os tipos de equipamentos de proteção a serem usados durante a coleta.

Neste trabalho foram escolhidos amostradores e pontos de amostragem segundo o anexo A desta norma, considerando-se aqueles que mais se aproximam das características do entulho de construção.

Nas Tabelas 3.1 e 3.2 aparecem os possíveis amostradores recomendados e pontos de amostragem. Em função do tipo de resíduo e das limitações/recomendações impostas, a pá foi escolhida como sendo o amostrador mais recomendado; a amostragem, por sua vez, foi definida em função do tipo de recipiente adotado para armazenagem dos entulhos nos canteiros, de tal forma a priorizar a coleta de amostras parciais em pontos que permitissem compor uma amostra total mais representativa quanto possível, contendo todas as variações ao longo do perfil da amostra estocada no contêiner.

Como a norma supracitada não especifica com clareza o número de amostras parciais a serem coletadas, nem tampouco o volume da amostra total, decidiu-se adotar algumas

recomendações da norma NBR 7.216/1987, que fixa as exigências para amostragem de agregados de campo. Segundo Castro *et al.* (1999), que avaliaram algumas características físicas e granulométricas dos entulhos gerados na construção civil da cidade de São Paulo, cerca de 81% da amostra constituí-se de grãos com dimensões menores que duas (2) polegadas, havendo um percentual muito pequeno de partículas com dimensão superior a seis (6) polegadas. Diante disto, adotou-se um número de amostras parciais igual ou superior a 20 e um volume total não inferior a 150 dm<sup>3</sup>, conforme se verifica na Tabela 3.3.

Tabela 3.1 – Amostradores recomendados para cada tipo de resíduo (Fonte: NBR 10.007/2004).

<b>Tipo de resíduo</b>	<b>Amostrador recomendado</b>	<b>Limitações/recomendações</b>
Sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos	Amostrador de grãos	Utilizar para sólidos com partículas de $\varnothing < 0.6$ cm
	Amostrador “trier”	Não é recomendado para materiais muito secos
Resíduos secos em tanques rasos e sobre o solo.	Pá	Não usar para amostras a mais de 8cm de profundidade

Tabela 3.2 – Recomendações sobre a forma de amostragem segundo o tipo de resíduo (Fonte: NBR 10.007/2004).

<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Ponto de amostragem</b>
Tambor ou contêiner com abertura na parte superior	Retirar a amostra através da abertura
Tanque e/ou contêiner de armazenagem	Retirar a amostra através da abertura própria. Para tanques e/ou contêiner com profundidades superiores a 1,5 m, retirar a amostra de maneira que as variações do perfil sejam representadas

Tabela 3.3 – Número mínimo de amostras parciais e quantidade total da amostra de campo (Fonte: NBR 7.216/1987).

<b>Dimensão máxima característica do agregado (mm)</b>	<b>Número mínimo de amostras parciais</b>	<b>Quantidade total de amostras de campo</b>	
		<b>Em massa (kg)</b>	<b>Em volume (dm<sup>3</sup>)</b>
$\varnothing < 9,5$ mm	10	10	15
$9,5 \text{ mm} < \varnothing < 19,0 \text{ mm}$	20	25	40
$19,0 \text{ mm} < \varnothing < 38,0 \text{ mm}$	20	50	75
$38,0 \text{ mm} < \varnothing < 76,0 \text{ mm}$	20	100	150

Para se coletar a amostra representativa em cada canteiro, foi designado um funcionário da empresa, que recebeu orientação quanto aos procedimentos e cuidados a serem tomados. Disto, resultou um plano de amostragem, consistindo das seguintes etapas:

1<sup>a</sup> - Fixação das profundidades/alturas de recolhimento das amostras parciais: as amostras parciais foram recolhidas de três diferentes profundidades/alturas, conforme a Figura 3.3 a seguir.

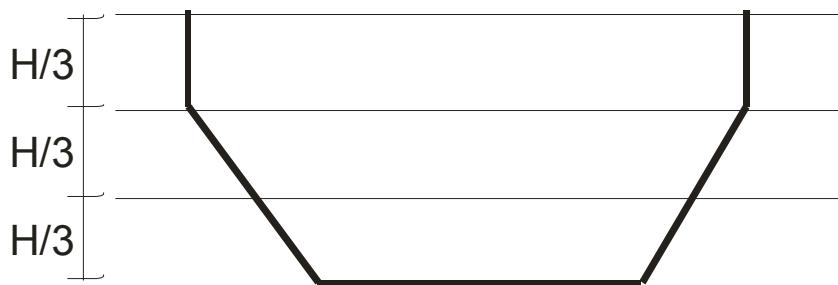


Figura 3.3 – Corte longitudinal de uma caçamba, com indicação das alturas de recolhimento das amostras parciais.

2<sup>a</sup> – Em cada uma destas profundidades/alturas, foram coletadas sete amostras parciais de pontos diferentes, conforme Figura 3.4, utilizando pá de bico.

A escolha de uma pá de bico está relacionada com a necessidade de se evitar possíveis quebras ou deformação das amostras quando do fincamento da mesma. A Fotografia 3.1 dá uma melhor idéia da forma como se procedeu à coleta da amostra parcial dentro das caçambas. Quando o volume de entulho dentro da caçamba atingia cada uma das profundidades demarcadas, o funcionário selecionado entrava na caçamba e coletava as amostras; em seguida, o material era colocado em um carro-de-mão e despejado dentro do tambor de coleta das amostras.

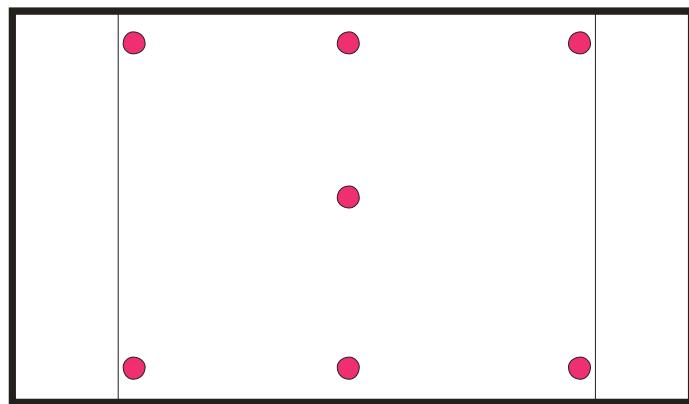


Figura 3.4 – Planta baixa de uma caçamba com indicação dos sete pontos de recolhimento das amostras parciais.



Fotografia 3.1 – Coleta de amostra parcial dentro da caçamba.

3<sup>a</sup> – Acondicionamento das amostras no tambor metálico de 200 dm<sup>3</sup>: ao final do processo, deve-se ter uma amostra final com aproximadamente o mesmo volume do tambor, constituída por 21 amostras parciais, colhidas de três profundidades/alturas diferentes.

A Fotografia 3.2 mostra os tambores de coleta das amostras de RSCD dispostos em um dos canteiros de obras selecionado.



Fotografia 3.2 – Tambores de coleta de RSCD dispostos em um canteiro de obras.

### 3.1.4 – Realização dos ensaios laboratoriais

Uma vez recolhidas, as amostras foram levadas ao laboratório de ensaios de materiais (LEM) da Universidade de Brasília (UnB). Em seguir, foram convenientemente preparadas e submetidas aos ensaios físicos e microestrutural prescritos.

Na fase de preparação, as amostras foram reduzidas à quantidade adequada à realização dos ensaios, com base no procedimento da norma NBR 9.941/1987 – Redução de amostra de campo de agregados para ensaios de laboratório.

Terminada esta fase, as amostras foram submetidas aos seguintes ensaios:

- Ensaios físicos:
  - Determinação da massa unitária (NBR NM 53/2003);
  - Determinação da composição granulométrica (NBR 7217/1987);
  - Determinação da composição (por processo manual).
- Ensaios microestrutural:
  - Análise microestrutural por espectrometria de raios-X (procedimentos laboratoriais).

### 3.1.4.1 – Preparação das amostras

Antes da realização dos ensaios físicos, procedeu-se a preparação, incluindo a homogeneização, quarteamento e secagem em estufa. Apesar dos procedimentos de amostragem adotados conduzirem ao recolhimento de amostras tão mais representativas quanto possíveis, as amostras parciais coletadas de cada uma das três diferentes profundidades definidas, constituíam-se de diferentes componentes de RSCD, fruto da atividade e material de construção predominante no dia de coleta das mesmas. Como o tempo gasto para o recolhimento do volume total requerido (aproximadamente 200 dm<sup>3</sup>) era de cerca de cinco dias, ao longo deste, eram depositadas diferentes camadas de componentes de entulho ao longo do período da coleta.

A coleta em diferentes pontos e diferentes profundidades tende a assegurar uma amostra constituída por todos os materiais de construção utilizados na obra durante o período de coleta, mas somente com a homogeneização do volume recolhido é que se conseguiu a amostra representativa desejada.

A amostra contida nos tambores metálicos usados para coleta era despejada sobre uma superfície rígida, limpa e plana. Por meio de pá e enxada, a amostra era revolvida até se alcançar a homogeneização desejada e então movimentada de modo a formar um tronco de cone, com uma base de diâmetro medindo de quatro a oito vezes a sua altura. A massa achataada era então dividida em quatro partes iguais, utilizando-se para tal a pá ou uma colher de pedreiro. Duas partes diagonalmente opostas eram removidas e o material que sobrava, cerca de 100 dm<sup>3</sup>, era utilizado para realização dos ensaios físicos prescritos.

As Fotografias 3.3, 3.4 e 3.5 ilustram parte dos procedimentos descritos nesta etapa de preparação da amostra de campo. Na primeira fotografia, um detalhe dos tambores metálicos usados na coleta e o entulho recolhido de um dos canteiros de obras selecionado. Na segunda fotografia, pode ser visualizado o procedimento de homogeneização da amostra, onde se evidencia o uso de enxada para revolvimento da amostra e, por fim, a Fotografia 3.5, detalhando a amostra depois de quarteada.



Fotografia 3.3 – Detalhe dos tambores de coleta com amostra de RSCD.



Fotografia 3.4 – Detalhe da homogeneização da amostra.



Fotografia 3.5 – Detalhe da amostra depois de quarteada.

Os dois quartos de material revolvido e homogeneizado, quando em estado seco, ou com pouca umidade, foram diretamente empregados para realização do ensaio de determinação da massa unitária. Quando úmidos, foram colocados em fôrmas metálicas e introduzidos em estufa. Lá, permaneceram por 24 horas, a uma temperatura fixa de 105°C. Terminada a secagem, de onde se pode ver um detalhe na Fotografia 3.6, o material foi conduzido ao local de realização do ensaio mencionado anteriormente.

Na Fotografia 3.6, pode ser visualizada uma amostra de RSCD acomodada em formas metálicas e a estufa usada no processo de secagem. A estufa empregada para este processo é da marca QUIMIS, com capacidade para 150 litros e temperatura máxima de 300 °C.

### 3.1.4.2 - Determinação da massa unitária

O ensaio de determinação da massa unitária foi realizado conforme preconizações da NBR 7.251/1982, fazendo-se as devidas adaptações. De acordo com a Tabela 3.4, onde se fixam as dimensões mínimas do recipiente a ser utilizado no ensaio, percebe-se que o volume de amostra reservado após a etapa de preparação é suficiente e atende as exigências da referida norma, à exceção do especificado em um de seus itens, que fixa um volume mínimo de material a ser ensaiado de pelo menos o dobro do volume do recipiente paralelepípedico utilizado. Segundo esta exigência, seria necessário cerca de 120 dm<sup>3</sup> de

material para ensaio, embora se tenha reservado um volume com 20 dm<sup>3</sup> a menos. Sob a análise de outros trabalhos, como o de Carneiro, A. P. *et al.* (2001), onde foi adotado recipiente de forma e volume diferente do especificado pela norma supracitada, esta pequena diferença pareceu não interferir de forma significativa.



Fotografia 3.6 – Detalhe da estufa usada para secagem da amostra de RSCD.

Tabela 3.4 - Dimensões do recipiente paralelepípedico de realização do ensaio de massa unitária (NBR 7.251/1982).

Dimensão máxima do agregado (mm)	Dimensões mínimas		Volume mínimo (dm <sup>3</sup> )
	Base (mm)	Altura (mm)	
$\emptyset \leq 4,8$ mm	316 x 316	150	15
$4,8 \leq \emptyset \leq 50,0$	316 x 316	200	20
$\emptyset > 50$	447 x 447	300	60

Por meio de uma pá, o material reservado nos dois quartos selecionados ao fim do processo de quarteamento foi apanhado e despejado a uma altura entre 10 e 12 cm do topo do recipiente.

Quando o volume de material lançado ultrapassava o topo do recipiente, era feito o rasamento ou alisamento com uma régua ou barra de aço, no intuito de regularizar a superfície, compensando as reentrâncias e saliências das pedras. Em seguida, o recipiente cheio com o material foi pesado. Esse procedimento foi repetido três vezes, conforme exigências da norma. Por fim, se determinou a massa unitária em cada uma das repetições, dividindo a massa do material contido no recipiente pelo volume do mesmo. Da média

aritmética dos três valores obtidos, foi determinado o valor real adotado para a massa unitária.

As Fotografias 3.7, 3.8 e 3.9 detalham a seqüência de atividades realizadas para execução do ensaio de determinação da massa unitária.

Nas Fotografias 3.7 e 3.8, são mostrados detalhes da forma como foi procedido o enchimento do recipiente paralelepípedico. O material foi lançado da altura recomendada, numa velocidade apropriada e tomando-se o cuidado de lançá-lo de diferentes pontos ou em diferentes trajetórias, de modo a não formar uma pilha concentrada no centro da recipiente. Na Fotografia 3.9, o recipiente já se encontra cheio e a amostra regularizada, estando pronto para a pesagem.

Após a primeira pesagem, o material volta a ser despejado com o material remanescente, é novamente homogeneizado e então submetido às duas pesagens restantes. Ao final desta etapa, cerca de 45 dm<sup>3</sup> foram separados em formas metálicas, para posterior realização do ensaio de determinação da composição granulométrica.



Fotografia 3.7 – Detalhe do lançamento da amostra de RSCD dentro do recipiente paralelepípedico.



Fotografia 3.8 – Detalhe do lançamento e acomodação da amostra de RSCD dentro do recipiente paralelepípedico.



Fotografia 3.9 – Detalhe do recipiente paralelepípedico cheio, pronto para pesagem.

### 3.1.4.3 – Determinação da composição granulométrica

O ensaio para determinação da composição granulométrica foi realizado com base nas prescrições da NBR 7.217/1987, fazendo-se as adaptações julgadas necessárias. Como os peneiradores mecânicos disponíveis no LEM não tinham todas as peneiras de malhas prescritas na série normal e intermediária da referida norma, teve-se que escolher as peneiras de modo a poderem-se atingir os propósitos pretendidos nesta classificação física e de poder-se determinar certos parâmetros, como dimensão máxima característica e módulo de finura. As peneiras escolhidas foram as de malha: #100.0 mm; # 76.0 mm, #50.0 mm, # 38.0 mm, #25.0 mm, #19.0 mm, #12.5 mm, #9.5 mm, #4.8 mm, #2.4 mm, #0.6 mm, #0.3 mm e #0.15 mm.

As Fotografias 3.10 e 3.11 ilustram os peneiradores utilizados no ensaio. Na Fotografia 3.10, pode ser visualizado o peneirador mecânico da marca SOILTEST, modelo CL – 370c, com capacidade para seis peneiras, onde foi usada a peneira com malha de abertura 100 mm. Na Fotografia 3.11, tem-se uma vista do peneirador mecânico da marca GILSON, modelo MALINTA OHIO 43535, com capacidade para seis peneiras, onde foram usadas as demais malhas prescritas.



Fotografia 3.10 – Peneirador mecânico da marca SOILTEST.



Fotografia 3.11 – Peneirador mecânico da marca GILSON.

Antes de iniciar o ensaio, de posse da amostra reservada, com um volume de aproximadamente  $45 \text{ dm}^3$ , procedeu-se a sua pesagem e colocação em três recipientes metálicos, contendo cada um deles um volume e massa de amostra inferior à capacidade dos peneirados. A amostra dividida assim em três partes, foi ensaiada primeiramente no peneirador apresentado na Fotografia 3.10. Após o peneiramento de cada uma das partes, o material retido na peneira de malha 100 mm foi pesado e reservado sobre uma bancada. Quanto ao material passante, este foi colocado no recipiente onde estava originalmente e encaminhado para o outro peneirador mecânico.

Como o peneirador mecânico da marca GILSON tem capacidade de acoplar apenas seis peneiras de cada vez, cada uma das três partes da amostra teve que ser ensaiada duas vezes: na primeira vez, empregaram-se as peneiras de malha 76.0 mm até 12.5 mm; na segunda vez, empregaram-se as peneiras de malha 9.5 mm até 0.15 mm.

Apesar da norma limitar em 0,3% a diferença entre a somatória das massas de amostra retida em cada uma das peneiras e a massa total de amostra seca, os valores encontrados foram quase sempre superiores a 0,8 %, mas nunca superiores a 1%. Isto se deveu ao fato dos peneiradores não estarem em perfeito estado de conservação e ao uso de componentes alternativos em substituição aos componentes originais estragados ou em falta. Apesar do rigor da norma, o ensaio foi tomado como válido, uma vez que forneceu o principal parâmetro buscado neste ensaio: a maior e menor dimensão dos grãos contidos na amostra. Além do mais, como o volume e massa de material ensaiado em cada uma das partes era significativo, cerca de 15 dm<sup>3</sup> ou 20 kg, um percentual de 0,8% deste total revelou valores muito baixos (0,12 dm<sup>3</sup> ou 0,16 kg), tendo influência pouco significativa.

Algo interessante e que chamou de certa forma a atenção, foi o aspecto do material retido em cada uma das malhas. Quando colocadas sobre a bancada, em forma de pilhas, o material mais lembrava um agregado convencional, com aspecto mais nobre, e não o RSCD *in natura* que foi ensaiado.

#### 3.1.4.4 – Determinação da composição por processo manual

Para avaliar a composição das amostras de RSCD coletadas nos canteiros de obras, pode-se tomar mão de uma série de técnicas e de ensaios físicos, químicos e microestruturais, sendo os mais comumente empregados (ÂNGULO, 2000):

- Para determinação da composição de amostras de granulação variando de média à grossa:
  - Separação manual;
  - Análise de imagem;
- Para determinação da composição de amostras de granulação variando de fina à média:
  - Difração de raios-X pelo método semi quantitativo (SQDRX);
  - Calorimetria exploratória (DSC);
  - Termo-gravimetria (TG);

Os ensaios de absorção de água/massa unitária e líquidos densos também podem ser utilizados para determinação da composição. A escolha da técnica e ensaio laboratorial

será tomada fundamentalmente com base no tipo e características da amostra, na disponibilidade dos equipamentos e nos custos envolvidos.

Neste trabalho, optou-se pela técnica de separação manual em função das características da amostra (material de granulometria variada) e pela falta de equipamentos para aplicação de ensaios mais aprimorados.

A avaliação da composição por meio da técnica de separação manual deve ser realizada com base nos seguintes critérios (Ângulo, 2000):

- Lavagem do material para retirada da fração fina aderida no agregado, que dificulta a análise visual da composição;
- Permanência em estufa durante 24 horas a 105 – 110 °C;
- Seleção manual e pesagem das fases.

Como a separação foi feita logo após a realização do ensaio de determinação da composição granulométrica, estando a amostra em estado seco, cada parcela de material peneirado foi posta diretamente sobre uma bancada, sem que fosse feita a lavagem da mesma. O material foi então espalhado e em seguida se iniciou o processo de catação, conforme pode ser visto na Fotografia 3.12. A adoção desta seqüência, com procedimentos um tanto diferentes dos citados anteriormente se justifica pelo fato da amostra já se apresentar seca e parcialmente separada após o peneiramento, conforme pode ser percebido nas Fotografias 3.13 e 3.14.

Além do mais, aspectos como textura, massa e cor contribuíram para separação dos diferentes componentes retidos na mesma malha de peneira, sem que fosse necessário realizar a lavagem da amostra a ser ensaiada.



Fotografia 3.12 – Processo de catação dos componentes das amostras.



Fotografia 3.13 – Componentes retidos em peneiras de diferentes aberturas.



Fotografia 3.14 – Detalhe dos componentes retidos em uma das peneiras.

A separação foi realizada de modo a se classificar os diferentes componentes presentes nas classes ou grupos seguintes:

- Concreto/bloco de concreto;
- Ferro e metais;
- Finos (material passante na peneira de abertura # 4,8 mm);
- Gesso;
- Madeira;
- Material argamassado (argamassas de revestimento, de assentamento, colante...);
- Material cerâmico (cerâmica vermelha, cerâmica polida...);
- Rochas e pedras naturais;
- Solo e areia;
- Outros.

A definição de tais grupos se deu em função dos materiais aplicados nas obras selecionadas, bem como pela restrição de só se pretender coletar amostras de RSCD classe A. Os grupos “ferro e metais”, “gesso”, “madeira” e “outros”, apesar de listarem componentes pertencentes a outras classes de RSCD, ocorreram com muita freqüência em meio às amostras coletadas, justificando assim suas denominações.

Como certos componentes apareciam grudados a outros, formando um elemento maciço, conforme se vê na Fotografia 3.15, o enquadramento destes em um dos grupos foi feito mediante o componente com maior porcentagem presente, para assim se evitar a necessidade de quebra ou destorroamento do mesmo.



Fotografia 3.15 – Detalhe de elemento formado por componentes cerâmico e argamassado.

Como o material passante na peneira de malha # 4,8 mm apresenta dimensões que tornam impraticáveis a separação por processo manual, ele foi agrupado na classe “finos”. Nesta, pode-se ter então todos os componentes identificados na amostra, sendo possível apenas distinguir as frações em função das dimensões de seus grãos, já que elas foram colocadas em bandejas metálicas diferentes, como mostrado na Fotografia 3.16.



Fotografia 3.16 – Componentes do grupo “finos” separados em bandejas metálicas conforme a dimensão dos grãos.

Ao fim do ensaio, os componentes foram agrupados em suas devidas classes e acomodados em pilhas ou bandejas metálicas. A Fotografia 3.17 ilustra as pilhas de componentes formadas pelas partículas de dimensão igual ou superior a 4,8 mm.



Fotografia 3.17 – Pilhas de componentes (partículas de dimensão igual ou superior a 4,8 mm).

### 3.1.4.5 – Difratometria de raios-X

O ensaio de difratometria de raios-X (detalhado por procedimentos laboratoriais específicos) foi realizado no laboratório de DRX, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, sob coordenação da professora Edi Guimarães.

As amostras para a realização do ensaio foram formadas da seguinte forma:

- De cada pilha de componente com granulação graúda, formada após o ensaio de determinação da composição por processo manual, foi retirada uma parte de material a fim de compor uma amostra parcial. Tal amostra foi pulverizada em moinho de bolas e em seguida peneirada na peneira de malha # 2.4 mm. O material passante nesta peneira constituía a 1<sup>a</sup> amostra parcial;
- De cada bandeja com os componentes de granulação fina, foi retirada uma parte de material a fim de compor a 2<sup>a</sup> amostra parcial;
- As duas amostras parciais foram misturadas e em seguida uma amostra final com aproximadamente 100g foi reservada em sacos plásticos identificados.

Com exceção das amostras obtidas dos RSCD provindos dos canteiros EC-2/CO-2, EC-4/CO-3, EC-10/CO-1 e EC-11/CO-1, que tiveram os materiais com presença marcante de aglomerantes (cimento, por exemplo) separados dos materiais com presença marcante de argilo-minerais (cerâmica, por exemplo), constituindo assim duas amostras finais por canteiro, nos demais casos teve-se uma única amostra final reunindo todos os componentes.

Os procedimentos de preparação da amostra e de realização do ensaio obedeceram às prescrições normativas adotadas pelo laboratório de DRX, sendo necessário mencionar que:

- As amostras foram moídas em grau de porcelana para confecção de lâmina vazada;
- As análises foram realizadas por difratômetro de raios-X, marca RIGAKU GEIGERFLEX, modelo D/MAX - 2AC, operando com tubo de cobre, sob 35 kV e 15 mA, sendo a velocidade de varredura de 2°/min, com passos de 0,05°. O intervalo de análise foi de 2° a 80° 2θ.

- A identificação dos constituintes da amostra contou com o auxílio do programa JADE 3.0, base *WINDOWS*, com banco de dados PC-PDF (*Powder Diffraction File* - PDF para PC) produzido pelo *International Center for Diffraction Data* - ICDD.

### **3.2 – MUNICIPALIDADE**

Ao mesmo tempo em que se desenvolviam os trabalhos junto às empresas construtoras, atividades paralelas foram desenvolvidas junto à municipalidade, visando cumprir o programa experimental (ver fluxograma apresentado na seção 3.1). Procurou-se identificar as empresas e os órgãos e repartições públicas que pudessem ter algum vínculo com a gestão de RSU, para que posteriores visitas pudessem ser feitas, com os fins de se obter dados sobre o atual estágio de gerenciamento dos resíduos no DF.

Dentre as várias empresas, órgãos e repartições públicas visitadas, destacam-se: a Ascoleis (Associação das Empresas Coletoras de Entulhos de Obras); a BELACAP (autarquia responsável pela gestão de resíduos sólidos urbanos em todo o DF); a SEMARH (Secretaria Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos), além da Gerência de Licenciamento de Obras e Exploração Mineral – GLOEM (pertencente à subsecretaria de meio ambiente da SEMARH).

Em cada uma dessas empresas, órgãos e repartições públicas, foram obtidos dados acerca da atual gestão de resíduos sólidos, sua estruturação e funcionamento.

No que tange à atual gestão de resíduos sólidos, buscou-se dados acerca da:

- Vigência de planos de gestão de resíduos sólidos;
- Identificação dos órgãos responsáveis pela limpeza urbana e, em especial, pela coleta dos RSCD;
- Identificação das responsabilidades e atividades desenvolvidas pelas empresas e/ou órgãos que compõem o sistema de limpeza urbana.

Quanto à estruturação do sistema de gerenciamento de RSCD, buscaram-se dados acerca da:

- Identificação das unidades que compõem a estrutura do sistema de limpeza urbana (centrais de processamento de lixo, aterros e, em especial, usinas de beneficiamento de RSCD);
- Localização e mapeamento das áreas de disposição de RSCD (as licenciadas e as clandestinas, quantas forem possíveis).

Por fim, no que se relaciona ao funcionamento, buscaram-se dados acerca da:

- Identificação das áreas abrangidas pela limpeza urbana de RSCD;
- Identificação dos equipamentos, mão-de-obra e técnicas empregados pelas empresas que compõem o sistema de limpeza urbana de RSCD;
- Identificação das possíveis usinas instaladas que beneficiem RSCD.

Dentre as atividades a serem desenvolvidas junto à municipalidade, destaque foi dado à identificação das unidades, que compõem o sistema de limpeza urbana, responsáveis pelo recebimento e/ou beneficiamento do entulho de construção, bem como dos locais destinados à disposição temporária e final dos mesmos.

Conhecidas tais unidades, procurou-se diagnosticar a forma como estas estão estruturadas, os equipamentos utilizados e suas capacidades de produção, bem como as técnicas de operação empregadas. Já nos locais de recebimento de entulho, procurou-se diagnosticar os tipos e quantidades de RSCD depositados, sua área superficial e capacidade de armazenamento.

As áreas de disposição identificadas, quer sejam clandestinas ou legalizadas, foram devidamente mapeadas e detalhadas por meio de fotos e/ou dados técnicos obtidos pelo autor em consulta a diversas fontes.

## **4- APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS SOBRE A ATUAL GESTÃO DE RSCD NO DISTRITO FEDERAL**

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os dados acerca da gestão e da quantidade gerada de RSCD. Quanto à gestão, serão enfocadas as práticas e políticas de gerenciamento empregadas tanto nos canteiros de obras como na municipalidade, ao passo que em relação à quantidade, serão apresentados dados relativos à geração de RSCD em cada canteiro, bem como dados sobre a geração de RSCD em Brasília e no Distrito Federal.

### **4.1 - GESTÃO DOS RSCD NOS CANTEIROS DE OBRAS**

Por meio das visitas técnicas realizadas e dos dados coletados em cada um dos canteiros de obras selecionados, pôde-se traçar o perfil da empresa construtora e de seus respectivos canteiros de obras. Na Tabela 4.1 são apresentadas informações acerca do porte da empresa (definido em função do número de canteiros de obras em atividade e do número de funcionários), quantos canteiros foram selecionados, que certificados de qualidade possuem (PBQP-H ou do tipo ISO 9001) e se vem realizando programas de gerenciamento de resíduos em seu canteiro - PGRCC. Na Tabela 4.2 são mostradas informações acerca da localização, área construída e etapa construtiva dos canteiros de obras, dentre outras.

**Tabela 4.1 – Caracterização das empresas construtoras.**

Empresa Construtora	Porte			Localização / Sede	Nº canteiros de obras	Certificado de qualificação	PGRCC		
	Peq.	Med.	Gde.				Sim	Não	Outro
EC - 1			X	Brasília - DF	2	ISO 9001 / PBQP-H "A"	X		
EC - 2			X	Brasília - DF	2	ISO 9001 / PBQP-H "A"			X
EC - 3			X	Brasília - DF	1	ISO 9001 / PBQP-H "A"		X	
EC - 4			X	Brasília - DF	3	ISO 9001 / PBQP-H "A"			X
EC - 5		X		Brasília - DF	1	NÃO POSSUI		X	
EC - 6		X		Brasília - DF	1	NÃO POSSUI	X		
EC - 7			X	Belo Horizonte - MG	1	ISO 9001 / PBQP-H "A"	X		
EC - 8	X			Brasília - DF	1	NÃO POSSUI		X	
EC - 9	X			Brasília - DF	1	NÃO POSSUI		X	
EC - 10	X			Brasília - DF	1	NÃO POSSUI		X	
EC - 11		X		Brasília - DF	1	NÃO POSSUI		X	

OBS: o canteiro de obras da empresa EC-3 teve suas atividades paralisadas durante o período de realização das pesquisas, não sendo possível completar as informações e levantamentos pertinentes.

Tabela 4.2 – Caracterização dos canteiros de obras.

Canteiros de Obras		Localização	Tipologia	Área const. (m <sup>2</sup> )	Nº pavimentos	Etapa Construtiva				
						Fund.	Estr.	Alv.	Acab.	Outro
EC - 1	CO - 1	Asa Norte	Residencial multipavimentos	7.000,00	9				X	
	CO - 2	Setor Sudoeste CCSW	Residencial multipavimentos	14.000,00	10				X	
EC - 2	CO - 1	Asa Norte	Residencial multipavimentos	6.685,35	9			X		
	CO - 2	Asa Norte	Residencial multipavimentos	14.852,24	10		X	X		
EC - 3	CO - 1	Praça Municipal	Obra pública multipavimentos	48.000,00	12			X		
EC - 4	CO - 1	Setor Sudoeste SQSW	Residencial multipavimentos	14.766,00	9				X	
	CO - 2	Setor Sudoeste SQSW	Residencial multipavimentos	12.489,00	9		X	X		
	CO - 3	Asa Norte	Residencial multipavimentos	11.605,00	9		X	x		
EC - 5	CO - 1	Setor Sudoeste SQSW	Residencial multipavimentos	14.854,98	9			x	X	
EC - 6	CO - 1	Setor Sudoeste CCSW	Residencial multipavimentos	16.563,95	8	X	X			
EC - 7	CO - 1	Setor Cultural Sul	Obra pública multipavimentos	12.000,00	4			x	X	
EC - 8	CO - 1	Asa Norte	Reforma fachada	<b>3.300,00</b>	-					X
EC - 9	CO - 1	Asa Norte	Reforma fachada	<b>5.700,00</b>	-					X
EC - 10	CO - 1	Asa Norte	Reforma fachada	<b>7.230,00</b>	-					X
EC - 11	CO - 1	Setor Sudoeste	Residencial multipavimentos	7.210,77	9			X	x	

**Legenda:**                   **X - Atividade principal**                   **x - Atividade secundária**  
*Em negrito itálico, aparecem as áreas das fachadas no lugar das áreas construídas*

Com base nos dados apresentados na Tabela 4.1, percebe-se que apenas três empresas têm PGRCC implantados em seus canteiros de obras, enquanto as demais não possuem ou implantaram outros projetos de gerenciamento (não nos moldes da resolução nº. 307 do CONAMA, mas conforme sua política interna). Estas últimas, juntamente com outras empresas do DF, contrariam as determinações da resolução citada anteriormente, que fixou 01/2005 como prazo final para implantação dos mesmos.

Não foi possível comprovar, nas empresas, uma relação direta entre a limpeza e a organização do canteiro de obras e a certificação de qualidade. Canteiros de obras de empresas com menos tempo de atuação e sem possuir certificado de qualidade, por exemplo, o EC-6/CO-1, apresentaram grau de limpeza e organização superior ao de empresas consolidadas no segmento da construção civil, com certificados de qualidade ISO 9001 e PBQP-H nível A, como a EC-7/CO-1. Isto reforça a idéia de que a organização e a

limpeza de um canteiro não dependem exclusivamente das políticas e dos certificados de qualidade que a empresa detém, mas sim da conscientização e atuação dos funcionários que nele trabalham, em especial os funcionários da administração direta e indireta. Além disto, sabe-se que muitas empresas adquirem o certificado por exigências de contrato e marketing, sem de fato estarem preparadas para a sua manutenção.

Os dados da Tabela 4.2 mostram que a etapa construtiva predominante na maioria dos canteiros de obras selecionados é a de alvenaria, seguida pela de acabamento. A etapa construtiva “outro” refere-se a reformas, onde os velhos e deteriorados revestimentos das fachadas foram substituídos por revestimentos cerâmicos novos.

Dos quinze canteiros de obras selecionados, onze são de novas construções. Destes, apenas um é do tipo obra pública, sendo todos os demais do tipo residencial. Na coluna de “área construída”, para os canteiros EC-8/CO-1, EC-9/CO-1 e EC-10/CO-1, as áreas das fachadas aparecem na coluna “Área Const. ( $m^2$ )”.

As informações obtidas no “Questionário de caracterização das empresas construtoras – Brasília/DF” (Apêndice B) e nas visitas técnicas realizadas, quando confrontadas com as características do perfil mostrado nas tabelas anteriores, revelam que, via de regra, os funcionários que trabalham nos canteiros de obras que possuem projetos de gerenciamento de resíduos da construção civil apresentam maior conhecimento acerca das classes de RSCD e dos procedimentos corretos a serem adotados na sua gestão, além da importância de reutilizá-los e reciclá-los. No entanto, a mesma ligação não foi verificada quando se trata da limpeza e organização do canteiro. Apesar de não possuírem PGRCC, os canteiros EC-2/CO-1 e EC-2/CO-2 foram os que apresentaram espaços físicos mais limpos e bem organizados, embora os procedimentos adotados no gerenciamento dos RSCD contrariassesem, em certas ocasiões, as prescrições da resolução nº. 307 do CONAMA. Como exemplo de tal contrariedade, pode ser citada a ocorrência de componentes de diferentes classes em uma mesma caçamba estacionária.

Em certos canteiros, áreas especiais para estocagem dos RSCD foram criadas. Na Fotografia 4.1, aparecem diferentes componentes armazenados em baias, conforme a classe de RSCD a que pertencem. Já na Fotografia 4.2, é mostrada a área de armazenamento de RSCD classe B dentro do ecoponto (nome da área do canteiro destinada

à armazenagem de RSCD). Com a definição destas áreas, é possível dinamizar as operações de transporte e armazenamento dos RSCD, concentrando em um único local do canteiro, ou em pontos específicos do mesmo, o lugar para a disposição de tais resíduos.



Fotografia 4.1 – Baias de armazenamento temporário de RSCD no canteiro EC-7/CO-1.



Fotografia 4.2 – Área de armazenamento temporário de RSCD no canteiro EC-1/CO-1.

Em certos canteiros de obras, os procedimentos de coleta, transporte e armazenamento de RSCD foram feitos por profissionais mais bem capacitados e com o uso predominante de processos mecanizados, mostrando maior eficiência e praticidade. Na Fotografia 4.3 vê-se o uso de gaiola metálica acoplada em grua para o transporte de RSCD.



Fotografia 4.3 – Detalhe da gaiola metálica usada para coleta e transporte de RSCD no canteiro EC-1/CO-1.

Partindo de uma pré-seleção, realizada no próprio pavimento em que foi gerado e empregando processo manual de separação, o RSCD tem seus componentes segregados por classe, formando-se diversas pilhas. Ao estacionar no pavimento, a gaiola é cheia com os entulhos de cada classe ou com certos componentes. É então içada e levada ao ecoponto, sendo os entulhos dispostos diretamente na caçamba ou nas baias de armazenamento temporário, conforme pode ser visto na Fotografia 4.4.

Em grande parte dos canteiros, as etapas de coleta e de transporte dos RSCD foram realizadas essencialmente por processos manuais, com o uso de equipamentos de baixa produtividade. O uso de carro-de-mão e de elevador de carga para a coleta e transporte é freqüente, até mesmo nas obras servidas de grua. Apenas no canteiro EC-11/CO-1 foi verificado o emprego do tubo coletor, conforme pode ser notado na Fotografia 4.5. A falta de um planejamento prévio e do adequado treinamento da mão-de-obra mostrou ser o

principal fator da ineficiência da gestão dos RSCD nos canteiros de obras, mesmo naquelas empresas com certificados de qualidade ou PGRCC.



Fotografia 4.4 – Detalhe do transporte e da disposição do entulho no canteiro EC-1/CO-1.

No tocante à disposição, verificou-se que a adoção de ecopontos ou áreas específicas para o armazenamento temporário dos RSCD trouxe benefícios, embora hajam formas mais adequadas de armazenagem, como as bombonas<sup>3</sup> e bags<sup>4</sup>, no lugar das baias mostradas. O uso das caçambas estacionárias revela a vantagem de se empregar um dispositivo de grande capacidade e fácil manuseio, embora haja algumas inconveniências, dentre as quais se pode destacar a falta de teto ou mesmo tampa de fechamento, que possa evitar a entrada de água de chuva, bem como o lançamento de outros tipos de resíduos, inclusive por pessoas desconhecidas que não trabalhem no canteiro de obras e possam ter acesso aos mesmos.

<sup>3</sup> Recipiente plástico, com capacidade para 50 litros, normalmente produzido para conter substâncias líquidas.

<sup>4</sup> Saco de ráfia reforçado, dotado de quatro alças e com capacidade de armazenamento em torno de 1 m<sup>3</sup>.



Fotografia 4.5 – Uso de tubo coletor no canteiro EC-11/CO-1.

Em alguns canteiros, as atividades de coleta, transporte e disposição foram realizadas por uma mesma equipe, destacada exclusivamente para estas funções, enquanto que em outros, foram realizadas pelos serventes da frente de trabalho que originou tal entulho. A primeira opção mostrou que os profissionais encarregados do serviço demonstram maior capacidade e habilidade, a ponto de o fazerem com maior agilidade.

A coleta dos entulhos é feita diariamente em todos os canteiros, normalmente ao fim do dia, sendo que nos da empresa EC-1 e EC-6, ela é feita imediatamente após o término de um dado serviço, como na execução de um pano de alvenaria.

#### **4.2 - QUANTIDADE DE RSCD GERADA NOS CANTEIROS DE OBRAS**

Em cada um dos canteiros de obras visitados foi feito um levantamento das quantidades mensais de RSCD geradas de fevereiro a agosto de 2005, apontando a quantidade total gerada e a participação das classes (esta última apenas nos canteiros com coleta seletiva). Tais informações podem ser visualizadas nas Tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.3 – Quantidade mensal de RSCD gerada por canteiro de obras.

Canteiros de Obras		Geração de entulho por classe (m <sup>3</sup> )																															
		Classe A							Classe B							Classe C							Misturado										
		Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	TOT	TOT	TOT	TOT	TOT	TOT					
EC - 1	CO - 1	25,0	55,0	60,0	20,0	35,0	50,0	40,0	285,0		15,0	42,4		30,0	15,0		102,4	15,0	20,0	10,0		10,0	20,0		75,0					10,0	60,0	70,0	
	CO - 2	45,0	60,0	40,0	95,0	95,0	75,0		410,0	30,0	30,0	25,0	20,0	25,0	15,0		145,0	10,0	10,0	5,0	5,0	10,0	5,0		45,0						150,0	150,0	
EC - 2	CO - 1			10,0	30,0	40,0	45,0	40,0	165,0			10,0	45,0	35,0	30,0	20,0	140,0									0,0	20,0	60,0	45,0		10,0		135,0
	CO - 2			15,0	37,5	65,0	70,0	95,0	282,5			60,0	67,5	70,0	65,0	95,0	357,5									0,0	50,0	40,0					90,0
EC - 3	CO - 1								0,0							0,0									0,0	30,0	50,0	40,0	50,0			170,0	
EC - 4	CO - 1								0,0							0,0									0,0	105,0	200,0	120,0	120,0	115,0	85,0		745,0
	CO - 2				5,0	20,0	30,0	60,0	115,0				5,0	25,0			30,0								0,0	55,0	45,0	60,0	75,0	20,0	30,0	30,0	315,0
	CO - 3								0,0							0,0									0,0	50,0	55,0	50,0	55,0	70,0	30,0	55,0	365,0
EC - 5	CO - 1								0,0							0,0									0,0	240,0	235,0	260,0	250,0	235,0	255,0	265,0	1740,0
EC - 6	CO - 1								0,0	12,8	24,0		13,0	16,0	18,5	84,3									0,0	5,0							5,0
EC - 7	CO - 1	49,5	40,5	40,5	31,5	22,5	9,0	18,0	211,5							62,4	62,4								0,0					4,5	4,5		9,0
EC - 8	CO - 1		15,0	30,0	30,0	30,0	40,0	55,0	200,0							0,0								0,0								0,0	
EC - 9	CO - 1		15,0	30,0	35,0	30,0	45,0	55,0	210,0							0,0								0,0								0,0	
EC - 10	CO - 1		30,0	25,0	25,0	15,0	20,0	20,0	135,0							0,0								0,0								0,0	
EC - 11	CO - 1								0,0							0,0									0,0	35,0	20,0	40,0	40,0	45,0	40,0	35,0	255,0

Tabela 4.4 – Quantidade total e média de geração de RSCD por canteiro de obras.

Canteiros de Obras	EC-1		EC-2		EC-3	EC-4			EC-5	EC-6	EC-7	EC-8	EC-9	EC-10	EC-11	Média
	CO - 1	CO - 2	CO - 1	CO - 2	CO - 1	CO-1	CO-2	CO-3	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	
Geração Total de RSCD (m <sup>3</sup> )	532,40	750,00	440,00	730,00	170,00	745,00	460,00	365,00	1.740,00	89,30	282,90	200,00	210,00	135,00	255,00	495,33
Geração Média Diária de RSCD (m <sup>3</sup> /dia)	3,31	4,66	2,73	4,53	---	5,40	2,86	2,27	10,81	---	1,76	1,45	1,52	0,98	1,58	3,37

OBS: a geração de 170 toneladas de RSCD pelo canteiro de obras EC-3/CO-1 reúne apenas as informações de 4 meses, não contemplando todo o período de levantamento de dados (Fevereiro à Agosto), uma vez que a obra foi paralisada em meados de Junho

Tabela 4.5 – Quantidade total e média de geração de RSCD por etapa construtiva.

Canteiros de Obras	EC-2			EC-4		Média
	CO - 2	CO-2	CO-3	CO-2	CO-3	
Geração Total de RSCD (m <sup>3</sup> )	730,00	460,00	365,00	518,33		
Geração Média Diária de RSCD (m <sup>3</sup> /dia)	4,53	2,86	2,27	3,22		

a) Etapa construtiva: estrutura.

Canteiros de Obras	EC-2		EC-4		EC-11		Média
	CO - 1	CO - 2	CO-2	CO-1	CO-1	CO-1	
Geração Total de RSCD (m <sup>3</sup> )	440,00	730,00	460,00	255,00	471,25		
Geração Média Diária de RSCD (m <sup>3</sup> /dia)	2,73	4,53	2,86	1,58	2,93		

b) Etapa construtiva: alvenaria

Canteiros de Obras	EC-1		EC-4		EC-5		Média
	CO - 1	CO - 2	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	
Geração Total de RSCD (m <sup>3</sup> )	532,40	750,00	745,00	1.740,00	282,90	810,06	
Geração Média Diária de RSCD (m <sup>3</sup> /dia)	3,31	4,66	5,40	10,81	1,76	5,19	

c) Etapa construtiva: acabamento.

Canteiros de Obras	EC-8		EC-9		EC-10		Média
	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	
Geração Total de RSCD (m <sup>3</sup> )	200,00	210,00	135,00	181,67			
Geração Média Diária de RSCD (m <sup>3</sup> /dia)	1,45	1,52	0,98	1,32			

d) Etapa construtiva: outro – reforma fachada.

Na Tabela 4.3, são mostradas as quantidades de RSCD por classe, em cada mês e seu respectivo total, enquanto que na Tabela 4.4, destaca-se a geração total de RSCD durante os sete meses de estudo, a geração média diária, além da média global de geração. Na coluna “misturado”, aparecem as quantidades de entulho que não tiveram suas classes ou componentes segregados.

Quando se avaliam a quantidade total de RSCD e a média diária de RSCD gerado em função das etapas construtivas (ver Tabela 4.5), nota-se uma significativa diferença em relação aos valores globais apresentados na tabela anterior. Cada etapa construtiva apresentou uma média diária de geração bem característica, sendo seus valores:

- $3,22 \text{ m}^3/\text{dia}$  → Para a etapa construtiva predominante estrutura;
- $2,93 \text{ m}^3/\text{dia}$  → Para a etapa construtiva predominante alvenaria;
- $5,19 \text{ m}^3/\text{dia}$  → Para a etapa construtiva predominante acabamento;
- $1,32 \text{ m}^3/\text{dia}$  → Para a etapa construtiva predominante outro (reforma de fachada).

Com base nos valores apresentados, percebe-se que a etapa construtiva com maior taxa de geração diária média de RSCD foi a de acabamento, enquanto que a etapa construtiva outro (reforma fachada) apresentou a menor taxa de geração diária média.

Estes valores permitirão uma definição mais precisa da real taxa de geração diária média de RSCD em função da etapa construtiva em que se encontra uma dada construção. No entanto, para uma definição da geração total, ou seja, para estimar a geração de RSCD durante toda a construção, a taxa global média de geração diária apresentada ( $3,37 \text{ m}^3/\text{dia}$ ) parece mais adequada, uma vez que resulta da média aritmética das taxas de geração de diversas obras, em diferentes etapas construtivas.

Um tratamento estatístico dos valores apresentados nas duas tabelas anteriores consta do apêndice E. Conforme demonstrado no referido apêndice, a mediana dos valores de geração diária de RSCD parece ser mais adequada que a média aritmética dos mesmos. Assim, para efeitos de quantificação e estimativas, o valor obtido para a mediana ( $2,73 \text{ m}^3/\text{dia}$  – taxa de geração global) é o mais correto.

A quantidade total de RSCD classe A gerada variou de 115 m<sup>3</sup> a 410 m<sup>3</sup>, sendo o canteiro de obras EC-1/CO-2 o que gerou a maior quantidade de entulho pertencente a esta classe. Já a quantidade total de RSCD classe B variou de 62 m<sup>3</sup> a 357 m<sup>3</sup>, sendo EC-2/CO-2 o canteiro de obras com maior volume gerado de RSCD pertencente a esta classe. Os volumes de RSCD classe C constam apenas em EC-1/CO-1 e EC-1/CO-2, pois apenas nestes eles foram separados e quantificados corretamente, apesar de também terem ocorrido em outros canteiros. Não foi verificado qualquer volume de RSCD classe D no período de estudo, o que não indica que esta classe de resíduos não tenha sido gerada ao longo da obra.

A quantidade total de entulho gerada no período de estudo variou de 89,30 m<sup>3</sup> a 1.740,00 m<sup>3</sup>, sendo estes volumes obtidos dos canteiros EC-6/CO-1 e EC-5/CO-1, respectivamente. A média diária de geração variou de 1,00 m<sup>3</sup> a 10,81 m<sup>3</sup>, sendo a média geral de 3,37 m<sup>3</sup>. A menor quantidade total e a menor média diária de entulho geradas parecem estar muito abaixo da média, mas isto pode ser justificado pelo fato do canteiro EC-6/CO-1 estar na etapa construtiva de fundação, sendo o grande volume de resíduo gerado nesta etapa proveniente dos movimentos de terra e da execução dos elementos da infra-estrutura. Neste caso em específico, antes do início do período de estudos, toda a movimentação de terra e cerca de 50% dos elementos de concreto das fundações já tinha sido executada. Ademais, o concreto usado para execução dos elementos da infra-estrutura do referido canteiro foi fornecido por empresa de concretagem, evitando-se assim as perdas que comumente ocorrem no preparo do concreto *in loco*.

Apesar da mediana de geração de RSCD nos canteiros de obras ter sido de 2,73 m<sup>3</sup>/dia, algumas empresas mostraram uma taxa de geração individual duas ou mesmo três vezes superior à mediana. Representando este valor em termos de massa e no período de um mês, obtemos 79,78 t/mês. Comparado aos valores da Tabela 4.6, obtidos de pesquisa realizada em quinze construções prediais da cidade de Campina Grande em diferentes estágios de construção (NÓBREGA, 2002), percebe-se que a taxa de geração de entulho nos canteiros pesquisados é bem elevada.

Tabela 4.6 – Média de geração de entulho em diferentes etapas construtivas (adaptado de Nóbrega, 2002).

Etapa construtiva	Média de geração de RSCD no período pesquisado
Concretagem + alvenaria	5,1 t/mês
Alvenaria + revestimento	33,1 t/mês
Revestimento	36,2 t/mês

Para se ter uma idéia precisa do índice de perda de cada canteiro selecionado, teria sido necessário o completo acompanhamento da obra, desde o seu início até o seu término. No entanto, os dados sobre a taxa de geração diária de RSCD nos canteiros de obras selecionados nos mostram uma grande disparidade entre os volumes de entulho produzidos por cada um deles, principalmente quando comparados por etapa construtiva.

As médias de geração diária de entulho dos canteiros EC-3/CO-1 e EC-6/CO-1 não foram indicadas pelo fato do período de amostragem ter sido menor do que aquele realizado nos demais canteiros e em função da ausência das demais classes de RSCD.

Comparando os dados destas tabelas com os dados mostrados nas tabelas de caracterização das empresas construtoras e de caracterização dos canteiros de obras, percebe-se que, nos canteiros de obras de empresas com certificado de qualidade, se produz tanto quanto ou até mais RSCD do que nos canteiros de empresas construtoras sem certificação. Com exceção de EC-5/CO-1, todos os canteiros das demais empresas sem certificado de qualidade apresentaram uma taxa de geração de entulho menor do que os canteiros das empresas com tais certificados.

Confrontando EC-2/CO-2 e EC-11/CO-1, que estão predominantemente na etapa construtiva de acabamento, sendo a empresa construtora EC-2 certificada com ISO 9001 e PBQP-H nível A e a EC-11, não certificada, nota-se que a quantidade de RSCD gerada pela última ( $255\text{ m}^3$ ) foi inferior à metade daquela gerada pela primeira ( $532\text{ m}^3$ ). Ainda, confrontando EC-8/CO-1, EC-9/CO-1 e EC-10/CO-1, que estão na mesma etapa construtiva (reforma de fachada - outro) e pertencem a empresas construtoras sem certificados de qualidade, a taxa de geração de RSCD foi de  $1,45\text{ m}^3/\text{dia}$ ,  $1,52\text{ m}^3/\text{dia}$  e  $0,98\text{ m}^3/\text{dia}$  (respectivamente). Estes valores, muito semelhantes entre si, diferem algumas vezes de forma acentuada dos valores apresentados pela maioria dos canteiros de obras,

sendo a média de geração de RSCD dos três canteiros citados bem inferior a apresentada por quase todos os demais canteiros.

A elevada taxa de geração de RSCD apresentada por EC-5/CO-1 pode estar associada à falta ou mesmo ineficiência no planejamento e no detalhamento, tanto na fase de projeto quanto na fase de execução, o que implicou grandes quantidades de perdas na execução de determinados serviços, como, por exemplo, na execução das alvenarias de vedação (ocorrência freqüente de quebras de tijolos e blocos) e nos revestimentos das mesmas (argamassa de revestimento preparada *in loco*).

#### **4.3 – PARTICIPAÇÃO DAS CLASSES DE RSCD NA QUANTIDADE TOTAL DE ENTULHO GERADA NOS CANTEIROS DE OBRAS**

Nos canteiros de obras que realizavam ou que passaram a realizar (no momento do início dos estudos) a coleta seletiva dos entulhos, foi possível obter informações sobre a quantidade mensal de cada classe de RSCD gerada, sendo estes valores apresentados em forma de gráficos, nas Figuras de 4.1 a 4.6.

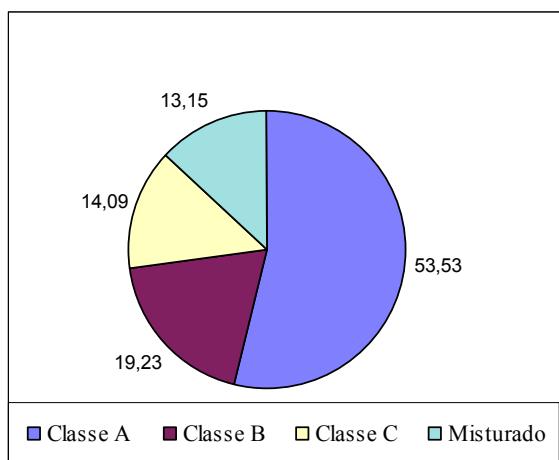


Figura 4.1 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-1/CO-1.

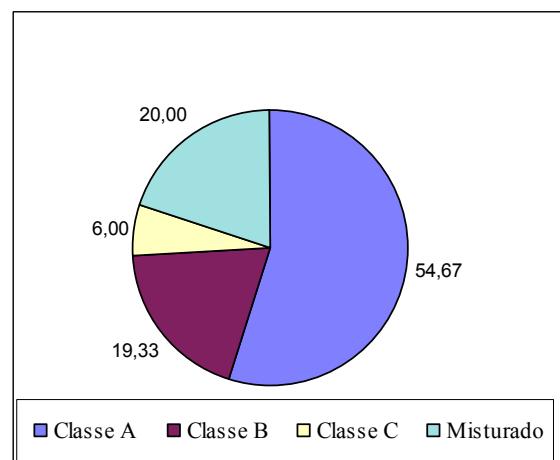


Figura 4.2 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-1/CO-2.

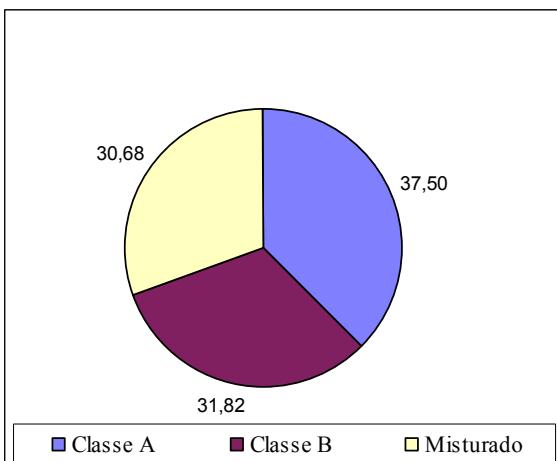


Figura 4.3 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-2/CO-1.

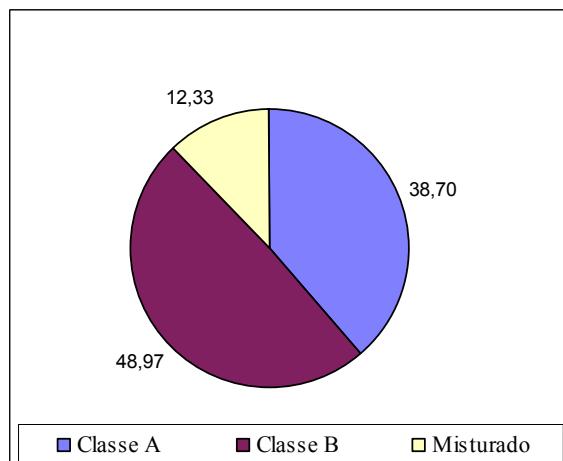


Figura 4.4 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-2/CO-2.

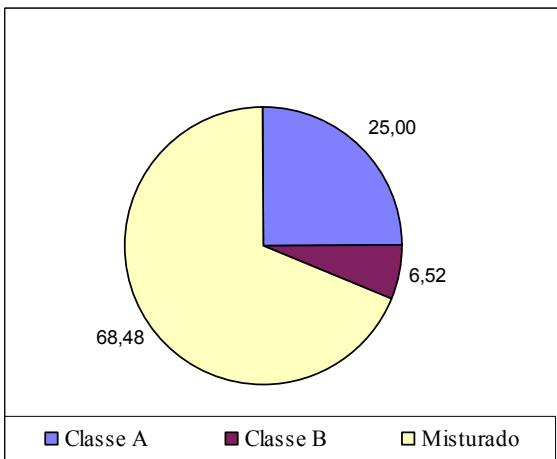


Figura 4.5 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-4/CO-2.

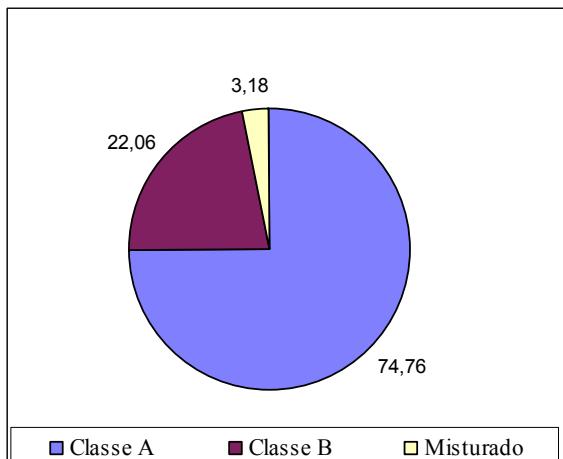


Figura 4.6 – Porcentagem das classes de RSCD para EC-7/CO-1.

A porcentagem de participação da classe A variou de 25% a 75%; enquanto que a participação da classe B é limitada entre 7% e 49% e a da classe C, entre 6% e 14%. Com exceção de EC-2/CO-2, em todas as demais amostras relacionadas, a participação da classe A é maior que as demais<sup>5</sup>. A média de participação da classe A é de aproximadamente 48%. Este valor, apesar de associado a um número pequeno de amostragem, está próximo dos valores indicados por pesquisadores brasileiros, variando de 50% a 70% do total (informação coletada pelo autor em conversa com Tarcísio de Paula Pinto – Dez/2005).

<sup>5</sup> As classes de RSCD são apenas A, B, C e D. “Misturado” indica apenas que, em certas ocasiões, a segregação não foi possível, sendo o seu volume computado no levantamento da quantidade gerada.

As porcentagens indicadas mostram uma tendência na geração de dada classe de RSCD em função da etapa construtiva. Maiores porcentagens de RSCD classe A ocorreram nos canteiros de obras em que a etapa construtiva predominante foi caracterizada pelo emprego de materiais e componentes próprios desta classe. Nos canteiros EC-1/CO-1, EC-1/CO-2, EC-7/CO-1, a etapa construtiva predominante é a de acabamento, sendo empregados materiais como argamassas, revestimentos cerâmicos e/ou pedras naturais (mármore e granito). A maior porcentagem de classe B ocorreu no canteiro de obras em que as etapas construtivas predominantes foram estrutura e alvenaria (EC-2/CO-2). Durante a execução dos elementos estruturais de tal canteiro, foi empregada grande quantidade de madeira, usada basicamente nos escoramentos e fôrmas. Como o concreto para execução dos elementos estruturais foi fornecido por empresa de concretagem e a alvenaria executada em bloco de concreto (fabricado na central de produção da empresa e trazido para o canteiro em lotes paletizados), materiais que proporcionaram menores índices de perdas, a porcentagem de RSCD classe A, neste mesmo canteiro, foi 10% menor que a da classe B.

A coleta seletiva praticada em tais canteiros, além de proporcionar a separação das diversas classes de RSCD, conforme é exigido pela resolução nº. 307 do CONAMA, permite a obtenção de dados estatísticos úteis sobre a participação de cada classe no total de entulho produzido, o que pode servir de base para que as empresas tracem planos de reutilização e reciclagem dos resíduos gerados em suas obras.

#### **4.4 – GESTÃO DOS RSCD EM BRASÍLIA E NO DISTRITO FEDERAL**

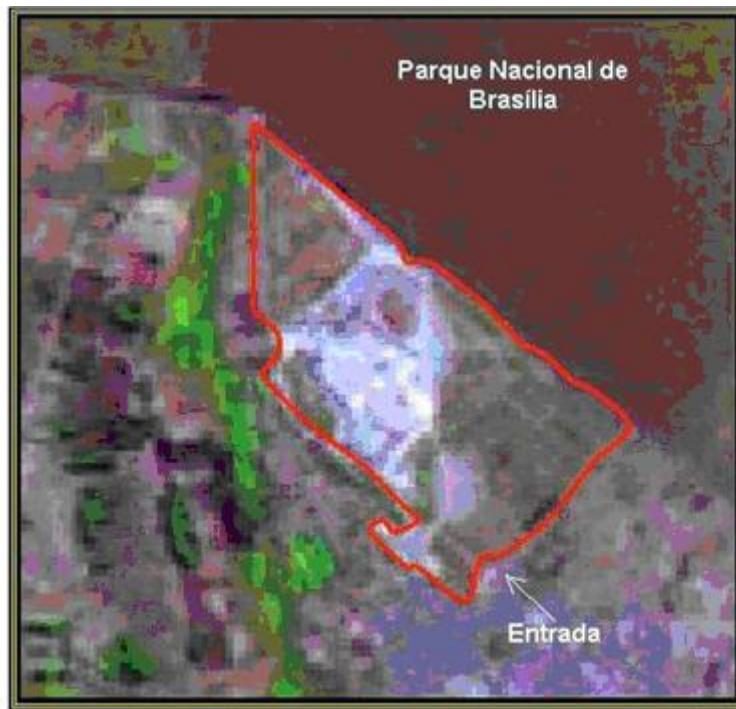
As informações obtidas das investigações nas associações, órgãos e repartições públicas de Brasília envolvidas com o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, revelaram que, apesar de não possuir um plano de gestão integrado de resíduos sólidos, o governo do Distrito Federal tem desenvolvido ações e feito investimentos na tentativa de melhorar e adequar a atual gestão de RSU às exigências legais e às formas ambientalmente adequadas de coleta, transporte e disposição.

Atualmente, para gerir todo o RSU produzido, o Distrito Federal conta com a seguinte estrutura (BELACAP, 2005):

- Uma usina de tratamento de lixo – UTL: situada às margens do Lago Paranoá e inaugurada em 1963. O processo de tratamento (DANO) é de tecnologia dinamarquesa. Tem capacidade nominal de tratamento de 250 t/dia de lixo, porém, está processando na faixa de 60 a 100 t/dia;
- Uma usina central de tratamento de lixo – UCTL: situada às margens do Setor P-Sul, em área especial na Ceilândia e inaugurada em 1986. O processo de tratamento (TIGRA) é de tecnologia francesa. Tem capacidade nominal de tratamento de 600 t/dia, porém, está processando na faixa de 200 a 250 t/dia;
- Uma usina de compostagem e reciclagem – UDBraz: construída para tratar o lixo proveniente da coleta seletiva em Brazlândia. Inaugurada em 1992, está processando cerca de 80 t/dia de lixo;
- Uma usina central de coleta seletiva – UCCS: situada ao lado da UTL; foi construída para receber o lixo inorgânico do Plano Piloto;
- Uma usina de incineração de lixo especial: inaugurada em 1985, está situada na mesma área da UCTL na Ceilândia. Tem capacidade para incinerar cerca de 30 t/dia, preferencialmente o lixo hospitalar, animais mortos, produtos impróprios para consumo, drogas e entorpecentes, documentos sigilosos etc;
- Um aterro controlado – Jóquei Clube: situado às margens da Via Estrutural, é o principal local de destinação final, recebendo cerca de 90% de todo o lixo produzido no DF (ver Fotografias 4.6 e 4.7).



Fotografia 4.6 – Localização do aterro controlado do Jóquei Clube (Fonte: Diêgo Almeida).



Fotografia 4.7 – Contorno do aterro controlado do Jóquei Clube (Fonte: Suzana Dellabianca).

Apesar de ter uma estrutura que o coloca em situação melhor que a de muitas outras cidades do país, pelo menos no que diz respeito ao sistema de limpeza urbana, o Distrito Federal ainda não tem uma política adequada de gerenciamento de RSCD. Uma prova disto é que, dentro da estrutura indicada, existem apenas duas mini-usinas de reciclagem do entulho: uma situada no aterro do Jóquei Clube e outra na Ceilândia, dentro da UCTL.

No aterro, a parte do entulho não contaminada ou com pequenas quantidades de contaminantes (a palavra contaminação e contaminantes se referem à presença de resíduos que não sejam provenientes da construção civil ou de resíduos com componentes de diferentes classes de RSCD misturados) é beneficiada na mini-usina de reciclagem de entulho (ver Fotografia 4.8), enquanto que a outra parte, sempre em maior quantidade, é depositada em uma área separada do aterro, destinada exclusivamente aos RSCD (ver Fotografias 4.9 e 4.10).

Apesar de operar em condições precárias, a mini-usina de reciclagem permite a obtenção de agregado reciclado, usado frequentemente para melhorar as vias de acesso e executar algumas camadas de cobrimento no próprio aterro.



Fotografia 4.8 – Vista geral da mini-usina de beneficiamento de RSCD dentro do aterro do Jóquei Clube.



Fotografia 4.9 – Vista geral da área reservada à disposição do RSCD dentro do aterro do Jóquei Clube.



Fotografia 4.10 – Disposição de entulho junto à área reservada aos RSCD dentro do aterro do Jóquei Clube.

Além das usinas e aterro que compõem a estrutura principal da gestão dos RSCD, existem áreas/centros de transbordo e triagem espalhadas em diversas regiões administrativas do DF. Funcionando em terrenos cedidos pelo governo do DF, estes centros consistem de áreas de aproximadamente 2.500 m<sup>2</sup>, estruturadas com guarita para vigilância, cercamento do perímetro com alambrado e portões. São destinadas ao recebimento de pequenos volumes de RSCD e podas de árvores e jardins, trazidos exclusivamente pelos carroceiros cadastrados. De acordo com informações obtidas junto a SEMARH (2005), há 30 centros de transbordo e triagem já em operação. Outros centros já foram indicados, mas ainda estão em fase de estudo. As Tabelas 4.7 e 4.8 listam as quantidades e locais das áreas em funcionamento e das áreas em análise.

Toda a parcela de RSCD depositada nas áreas de transbordo e triagem, juntamente com a parcela depositada clandestinamente pela cidade, em terrenos abertos, praças e parques dentre outros, são levadas ao aterro do Jóquei Clube e submetidas ao beneficiamento e/ou disposição sobre o solo.

Tabela 4.7 – Localização e quantidade de áreas de transbordo do projeto Limpeza à Galope que estão em funcionamento (Fonte: GLOEM-SEMARH - 2005).

<b>Localidades implantadas</b>	<b>Nº. autorização e validade</b>	<b>Qtd pontos autorizados</b>
Administração Regional de Ceilândia	029/2004 - 1 ano	8
Administração Regional de Brazlândia	035/2004 - 4 meses	2
Administração Regional de Santa Maria	001/20005 - 2 anos	6
Administração Regional de Gama	054/20004 - 2 anos	4
Administração Regional de Lago Norte	002/2005 - 2 anos	4
Administração Regional de Planaltina	025/2005 - 2 anos	1
Administração Regional de Guará	-----	2
Administração Regional de Recanto das Emas	-----	3

Tabela 4.8 - Localização e quantidade de áreas de transbordo do projeto Limpeza à Galope que estão em processo de análise (Fonte: GLOEM-SEMARH - 2005).

<b>Localidades implantadas</b>	<b>Qtd. pontos solicitados</b>	<b>Observações</b>
Administração Regional do Paranoá	3	Área a ser vistoriada
Administração Regional de Samambaia	14	Área a ser vistoriada
Administração Regional de Riacho Fundo	0	Ofício para a R.A. solicitando pontos
Administração Regional do Sudoeste	0	Ofício para a R.A. solicitando pontos
Administração Regional de Sobradinho II	1	Encaminhado ao IBAMA
Administração Regional de Taguatinga	3	Área a ser vistoriada

As restrições de recebimento de entulho nas áreas de transbordo e triagem, a existência de uma única área para recebimento de grandes volumes de RSCD (o aterro do Jóquei Clube, com uma localização geográfica não muito estratégica em relação às diversas cidades do DF) e a falta de fiscalização têm levado a ocorrência de práticas ilegais, com a disposição irregular de entulho por diversos locais de Brasília e cidades satélites. Tal prática, cometida inclusive pelas empresas coletoras de entulho, tem induzido a população circunvizinha a depositar seu lixo doméstico juntamente com o entulho, transformando certas áreas em verdadeiros “mini-lixões”. Segundo dados fornecidos pela BELACAP (2005), há cerca de 200 pontos de disposição clandestina de RSCD em Brasília, sendo que 30% deste número ocorrem no Plano Piloto. As Fotografias 4.11 a 4.14 ilustram alguns pontos de disposição em Brasília e cidades satélites.



Fotografia 4.11 – Disposição clandestina de entulho na região administrativa de Águas Claras (Fonte: Paulo Gonçalves).



Fotografia 4.12 – Disposição clandestina de entulho na região administrativa do Lago Sul (Fonte: Paulo Gonçalves).



Fotografia 4.13 – Disposição clandestina de entulho na região administrativa de Ceilândia  
(Fonte: Paulo Gonçalves).



Fotografia 4.14 - Disposição clandestina de entulho na região administrativa de Taguatinga  
(Fonte: Paulo Gonçalves).

No tocante aos gastos com a gestão dos RSU, a assessoria de planejamento da BELACAP afirma terem sido gastos R\$ 149.771.530,61 na gestão dos resíduos sólidos produzidos em todo o Distrito Federal no ano de 2004. Desta quantia, aproximadamente R\$ 33.000.000,00

foram gastos no gerenciamento dos RSCD. As Tabelas 4.9 e 4.10 relacionam todos as despesas associadas à gestão dos resíduos sólidos no DF.

Considerando que a taxa de geração de RSCD é de aproximadamente 0,5 t/hab/ano (NETO, 2005) e que a população do Distrito Federal no ano de 2005 foi de cerca de 2.333.108 habitantes (IBGE, em 01/07/2005), estima-se que a geração de entulho neste mesmo ano tenha sido de 1.166.554 toneladas. Relacionando, assim, os dados de 2004 e 2005, tem-se um custo médio de R\$ 28,30 para gerir o entulho produzido por cada habitante no período de um ano.

Dados sobre a real geração de RSCD em Brasília e no Distrito Federal serão apresentados na seção seguinte, embora os dados referidos anteriormente estejam relacionados a estudos realizados por pesquisadores nacionais.

Tabela 4.9 – Gastos com a limpeza urbana no DF no ano de 2004.

<b>ITEM</b>	<b>R\$/ANO</b>
Coleta e transporte de resíduo sólido domiciliar e de varrição	36.993.863,52
Coleta e transporte manual de entulho	4.604.978,44
Coleta e transporte mecanizado de entulho	14.241.612,10
Coleta e transporte de resíduos sólidos infectados e de serviços de saúde	1.956.593,21
Coleta e transporte de resíduos sólidos da coleta seletiva e PEV's	647.460,11
Varrição manual de vias e logradouros públicos	30.672.589,26
Varrição mecanizada de vias e logradouros públicos	928.131,20
Operação usina - SOUCTL	7.458.762,97
Operação usina - SOUTL	8.484.000,08
Transporte rejeito da SOUCTL para o aterro do Jóquei Clube	1.525.048,88
Transporte rejeito da SOUTL para o aterro do Jóquei Clube	905.829,77
Transporte composto orgânico da SOUTL para SOUCTL	1.527.165,34
Operação usina - SOUILE	5.676.390,34
Operação aterro Jóquei Clube	8.906.017,17
Implantação, operação e manutenção de aterros de entulho	1.816.346,99
Lavagem de vias	848.214,46
Lavagem monumentos e prédios públicos	1.845.835,81
Catação pápeis	5.499.042,38
Pintura meio-fio	2.951.135,32
Fornecimento de equipe padrão para serviços diversos	12.282.513,24
	149.771.530,59

Tabela 4.10 – Gastos com a gestão dos RSCD no DF no ano de 2004.

<b>ITEM</b>	<b>R\$/ANO</b>
Coleta e transporte manual de entulho	4.604.978,44
Coleta e transporte mecanizado de entulho	14.241.612,10
Operação aterro Jóquei Clube	8.906.017,17
Implantação, operação e manutenção de aterros de entulho	1.816.346,99
Fornecimento de equipe padrão para serviços diversos ( $\approx 20\%$ )	2.456.502,65
	32.025.457,35

#### **4.5 – QUANTIDADE DE RSCD GERADA EM BRASÍLIA E NO DISTRITO FEDERAL**

Segundo as informações obtidas nas empresas e nos órgãos e entidades públicas visitadas, cerca de 6.000<sup>6</sup> toneladas dia de entulho são produzidas em todo o Distrito Federal. Quase toda essa massa (cerca de 90%) é levada para o aterro controlado do Jóquei Clube (ver Fotografias 4.15 e 4.16) enquanto que a massa restante é constantemente depositada em locais clandestinos.

Dados obtidos em entrevista realizada pelo autor com o diretor do departamento de operações da BELACAP, revelam a geração de cerca de 2.120 t/dia de lixo de remoção (originado da coleta do entulho, varrição de logradouros e catação de papel/papelão) em todo o Distrito Federal no ano de 2004. Deste valor, é possível precisar que 1.908 t/dia sejam exclusivamente de RSCD. Estes dados estão relacionados apenas com a parcela do entulho que é diretamente coletada pela BELACAP e empresas terceirizadas, referindo-se à massa de entulho coletada de locais de disposição clandestinos/irregulares e dos centros de transbordo e triagem. Adicionando a parcela de entulho removida pelas empresas coletoras, que segundo informações da Ascole, está entre 3.500 t/dia e 4.000 t/dia, obtém-se um valor total em torno de 5.658 t/dia de entulho gerado.

---

<sup>6</sup> Valor obtido da soma de dados coletados em diferentes fontes: 3.500 a 4.000 t/dia de entulho recolhidas pelas empresas associadas à Ascole (que atendem cerca de 95% do mercado); 2.100 a 2.300 t/dia de entulhos recolhidos pela BELACAP. A estas, somam-se as quantidades transportadas pelas demais empresas coletoras, as disposições clandestinas não identificadas, aqueles gerados e transportados pelas próprias forças armadas (exército, p. ex.) e outros. Pode-se estimar, com razoável precisão, um intervalo entre 5.800 t/dia e 6.500 t/dia de entulho, gerados em todo o Distrito Federal.



Fotografia 4.15 – Entrada do aterro controlado do Jóquei Clube.



Fotografia 4.16 – Vista parcial do aterro controlado do Jóquei Clube.

Tendo como base o total de áreas de construção licenciadas no ano de 2004 (ver Tabela 4.11) e os dados acerca da taxa de geração de RSCD por metro quadrado de construção em seis diferentes canteiros de obras do Distrito Federal (ver Tabela 4.12), é possível estimar a quantidade de 1.015 toneladas de RSCD produzida diariamente em todo o DF.

Tabela 4.11 – Áreas de construção licenciadas no ano de 2004 (Secretaria de Planejamento do DF – 2005).

<b>Construções residenciais</b>				
Ano	2001	2002	2003	2004
Cidades				
Brasília	335.033,00	30.592,00	122.606,14	23.308,52
Gama	39.554,00	26.973,00	20.457,25	22.041,11
Taguatinga	119.674,00	34.147,00	86.663,34	46.027,09
Brazlândia	3.992,00	3.928,00	--	3.963,23
Sobradinho	29.266,00	25.440,00	14.807,04	27.591,08
Planaltina	2.617,00	37.954,00	7.280,06	5.519,93
Paranoá	7.510,00	8.400,00	--	4.425,59
N. Bandeirante	108.463,00	109.735,00	129.174,31	124.535,34
Ceilândia	26.141,00	51.644,00	50.440,71	4.945,21
Guará	18.750,00	27.101,00	30.636,55	25.427,30
Cruzeiro	190.219,00	129.897,00	99.798,48	14.080,57
Samambaia	38.089,00	90.756,00	114.481,16	63.301,64
Santa Maria	24.154,00	10.347,00	27.245,65	12.803,29
São Sebastião	197,00	6.390,29	10.206,03	3.705,86
Recanto das Emas	56.698,00	7.379,00	14.197,09	15.170,19
Lago Sul	69.327,00	55.997,00	67.036,11	65.746,11
Riacho Fundo	19.613,00	24.768,00	9.408,41	21.676,76
Lago Norte	35.635,00	53.419,00	48.878,50	31.261,92
Candangolândia	4.017,00	5.616,00	5.828,77	--
<b>TOTAL</b>	<b>1.128.949,00</b>	<b>740.483,29</b>	<b>859.145,60</b>	<b>515.530,74</b>
<b>MÉDIA DOS 4 ANOS</b>			<b>811.027,16</b>	
<b>Construções não-residenciais</b>				
Ano	2001	2002	2003	2004
Cidades				
Brasília	833.529,00	212.883,00	638.291,30	826.259,95
Gama	48.908,00	123.818,00	54.610,10	37.979,43
Taguatinga	95.106,00	31.418,00	75.319,19	123.275,80
Brazlândia	2.667,00	2.860,00	--	162,27
Sobradinho	22.275,00	19.278,00	17.203,45	11.717,22
Planaltina	13.384,00	19.095,00	40.417,58	16.897,48
Paranoá	30.377,00	11.376,00	--	2.516,00
N. Bandeirante	30.019,00	24.558,00	30.575,01	26.497,58
Ceilândia	64.972,00	64.039,00	54.145,74	4.088,14
Guará	145.500,00	230.666,00	242.513,50	421.660,74
Cruzeiro	57.994,00	21.992,00	9.861,78	1.818,38
Samambaia	61.561,00	111.626,00	57.904,02	80.992,42
Santa Maria	74.982,00	43.756,00	142.020,07	54.182,79
São Sebastião	5.051,00	4.071,00	--	--
Recanto das Emas	15.820,00	27.364,00	12.619,36	22.404,20
Lago Sul	13.840,00	2.402,00	6.595,38	13.691,66
Riacho Fundo	25.700,00	23.668,00	36.845,05	37.856,97
Lago Norte	55.878,00	207.523,00	129.795,04	96.316,30
Candangolândia	6.256,00	5.616,00	4.550,05	--
<b>TOTAL</b>	<b>1.603.819,00</b>	<b>1.188.009,00</b>	<b>1.553.266,62</b>	<b>1.778.317,33</b>
<b>MÉDIA DOS 4 ANOS</b>			<b>1.530.852,99</b>	
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>2.732.768,00</b>	<b>1.928.492,29</b>	<b>2.412.412,22</b>	<b>2.293.848,07</b>
<b>MÉDIA FINAL</b>			2.341.880,15	

Tabela 4.12 – Taxa de geração de RSCD em obras do DF (Fonte: empresas construtoras).

Obras	Área Const. (m <sup>2</sup> )	Volume RSCD gerado (ton)	Taxa geração RSCD (ton/m <sup>2</sup> )
A	13.674,00	1.402,20	0,10
B	9.552,00	1.242,30	0,13
C	14.330,00	2.011,05	0,14
D	11.634,00	1.457,55	0,13
E	12.661,00	1.359,15	0,11
F	13.500,00	1.765,05	0,13
		<b>Média</b>	<b>0,12</b>

Este último valor (1.015 t/dia) difere muito dos apresentados anteriormente (6.000 t/dia e 5.658 t/dia). A justificativa pode estar nos valores de áreas de construção licenciadas, obtidas da Secretaria de Planejamento, ou ainda, nos valores de taxa de geração de RSCD, por estarem associadas tão somente a construções de grande porte. Sobre esta questão, Lima (1999) *apud* Neto (2005), afirma que a maior parte do entulho é gerada pelo setor informal da construção (pequenas casas, autoconstruções, ampliações, etc.). Acredita-se que apenas 1/3 do entulho gerado seja oriundo do setor formal, ou seja, da indústria “formal” da construção civil.

Comparando os dados acerca da participação dos tipos de resíduos na quantidade total de RSU coletada em todo o DF, conforme pode ser observado na Tabela 4.13, percebe-se que o RSCD ocupa mais de 50% da massa total dos RSU.

Tabela 4.13 – Quantidade de resíduos conforme a procedência (BELACAP, 2005).

Procedência	Ano		2002		2003		2004	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
Domiciliar / Comercial	551.994	39,80	561.762	40,02	589.780	43,04		
Hospitalar	7.130	0,51	7.602	0,54	7.806	0,57		
RSCD	827.795	59,69	834.387	59,44	772.734	56,39		
<b>TOTAL</b>	<b>1.386.919</b>	<b>100,00</b>	<b>1.403.751</b>	<b>100,00</b>	<b>1.370.320</b>	<b>100,00</b>		

Entre os anos de 2002 e 2004, foram coletadas pelas empresas e autarquias responsáveis pela limpeza pública em todo o Distrito Federal, cerca de 2.419.608 toneladas de lixo de remoção. Em função da sua densidade, é possível estimar que cerca de 90% deste valor seja exclusivamente de RSCD, ou seja, 2.177.647 toneladas. As Tabelas 4.14 a 4.16 discriminam as quantidades de lixo de remoção coletados, por tais empresas e autarquias, entre os anos de 2002 e 2004.

As atuais políticas desenvolvidas pelo governo do Distrito Federal, destacando o Projeto Lixo e Cidadania, juntamente com o apoio e participação de parceiros como a Caixa Econômica Federal, Banco do Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério do Meio-Ambiente e Ministério das Cidades, cujas colaborações envolvem a promoção de cursos de capacitação, eventos e até mesmo doações em dinheiro, somado às ajudas internacionais, como a do Banco Mundial, têm proporcionado mudanças na atual gestão de RSCD, sendo a principal meta, adequar Brasília e Cidades Satélites às exigências das leis e normas em vigor, coletando, transportando e dispondo seus RSCD de forma ambientalmente adequada.

Tabela 4.14 – Quantidade de lixo de remoção coletada no ano de 2002 em todo o DF – Toneladas (BELACAP, 2005).

Mês Região Administrativa	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL ANUAL
Brasília	434,18	520,90	301,50	7.010,08	11.808,73	6.540,61	11.971,23	235,77	0,00	8.788,62	4.938,48	5.013,59	57.563,69
Gama	6.011,83	3.132,50	7.495,50	9.570,00	9.887,50	6.332,00	11.715,50	9.295,50	6.081,50	9.977,00	6.213,00	2.674,50	88.386,33
Taguatinga	6.030,41	8.424,98	9.171,00	8.973,03	9.381,00	9.121,60	8.085,96	7.269,35	11.569,74	8.676,50	9.278,50	3.835,50	99.817,57
Brazlândia	1.026,77	1.019,79	1.062,30	938,10	408,60	138,90	351,10	290,78	494,70	592,12	283,90	298,50	6.905,56
Sobradinho	15.039,00	3.056,50	2.568,00	6.982,00	7.588,00	5.773,50	9.325,00	8.351,50	7.790,50	7.455,50	8.819,50	3.818,00	86.567,00
Planaltina	3.991,50	6.134,00	9.065,50	5.021,50	4.712,50	3.795,50	3.508,50	3.785,50	6.901,00	7.302,50	8.210,00	4.650,00	67.078,00
Paranoá	0,00	3.705,40	12.571,00	3.032,40	3.189,50	4.986,40	2.202,50	4.812,14	3.810,90	5.399,50	5.125,30	3.311,40	52.146,44
Núcleo Bandeirante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.730,80	0,00	9.358,50	0,00	267,05	0,00	0,00	11.356,35
Ceilândia	15.541,43	15.179,30	9.277,19	16.604,01	6.486,00	9.029,54	9.170,68	7.752,70	7.023,64	5.759,00	5.391,25	2.214,84	109.429,58
Guará	1.933,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.933,50
Cruzeiro	1.049,00	0,00	0,00	412,01	0,00	0,00	0,00	6.027,00	2.209,71	0,00	0,00	0,00	9.697,72
Samanbaia	0,00	6.410,00	7.361,50	10.672,00	6.859,50	10.004,00	6.579,50	7.132,50	9.575,00	8.749,50	8.176,50	4.683,00	86.203,00
Santa Maria	565,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	565,00
São Sebastião	0,00	0,00	0,00	3.101,50	8.149,00	0,00	7.381,50	0,00	0,00	7.153,50	9.050,00	3.968,00	38.803,50
Recanto das Emas	0,00	4.060,00	3.873,00	3.505,50	5.475,00	5.563,50	5.238,00	7.756,50	6.620,00	6.565,50	7.634,00	2.352,50	58.643,50
Lago Sul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14.327,54	0,00	0,00	0,00	14.327,54
Riacho Fundo	432,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	432,00
Lago Norte	0,00	0,00	0,00	5.428,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.296,61	0,00	11.724,61
Candangolândia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.235,71	0,00	6.688,74	0,00	0,00	0,00	0,00	10.924,45
TOTAL	52.054,62	51.643,37	62.746,49	81.250,13	73.945,33	67.252,06	75.529,47	78.756,48	76.404,23	76.686,29	79.417,04	36.819,83	812.505,34

Tabela 4.15 – Quantidade de lixo de remoção coletada no ano de 2003 em todo o DF – Toneladas (BELACAP, 2005).

Mês Região Administrativa	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL ANUAL
Brasília	3.061,39	6.204,92	15.904,11	11.820,02	2.966,31	10.645,88	10.541,59	9.791,64	4.620,90	10.762,54	11.965,72	10.851,23	109.136,25
Gama	6.386,00	4.603,50	4.047,50	3.675,50	3.619,00	3.602,50	3.481,50	3.432,00	3.520,00	3.685,00	4.017,88	3.657,86	47.728,24
Taguatinga	5.545,00	4.851,00	4.662,00	4.906,50	5.148,50	5.212,50	5.545,50	5.217,00	11.003,00	5.985,50	5.965,38	5.835,36	69.877,24
Brazlândia	306,90	294,70	205,50	479,10	433,75	568,20	424,10	507,50	494,30	663,40	441,10	597,60	5.416,15
Sobradinho	5.604,50	6.940,50	7.308,00	7.507,50	7.824,00	7.686,81	8.222,50	7.857,50	8.396,00	8.179,50	8.314,38	8.017,36	91.858,55
Planaltina	8.530,50	3.795,00	4.844,50	7.584,00	9.241,50	10.048,50	9.768,50	12.587,00	9.911,00	10.432,17	11.080,88	10.816,36	108.639,91
Paranoá	4.690,10	2.981,00	4.965,84	6.090,40	5.185,21	4.833,00	4.945,85	4.852,17	4.948,29	5.081,34	5.293,40	5.098,59	58.965,19
Núcleo Bandeirante	0,00	136,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	136,62
Ceilândia	3.349,85	4.643,50	4.321,49	4.939,46	4.225,85	3.906,63	4.029,20	3.817,47	3.877,97	4.325,72	4.490,29	4.270,62	50.198,05
Guará	0,00	12.544,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.544,00
Cruzeiro	0,00	156,19	0,00	161,38	127,59	120,26	112,93	114,97	129,80	257,65	132,35	75,75	1.388,87
Samanbaia	8.612,00	4.924,50	4.568,00	3.945,00	6.029,00	4.934,00	4.871,00	4.705,00	5.027,50	5.312,50	5.126,88	5.475,36	63.530,74
Santa Maria	0,00	0,00	0,00	7.766,09	0,00	0,00	762,00	414,00	3.360,00	0,00	4.104,00	0,00	16.406,09
São Sebastião	6.666,50	7.402,50	7.749,00	9.730,60	8.980,51	8.988,00	9.133,59	9.273,18	9.494,25	9.460,50	9.504,82	9.599,86	105.983,31
Recanto das Emas	5.235,50	5.540,50	5.686,00	7.226,00	5.960,50	6.534,00	6.322,50	6.207,50	6.229,50	6.981,50	7.074,38	6.242,36	75.240,24
Lago Sul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Riacho Fundo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lago Norte	9.600,50	83,75	76,85	76,86	7.171,04	43,14	26,83	52,47	40,47	47,34	57,98	55,07	17.332,30
Candangolândia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>67.588,74</b>	<b>65.102,18</b>	<b>64.338,79</b>	<b>75.908,41</b>	<b>66.912,76</b>	<b>67.123,42</b>	<b>68.187,59</b>	<b>68.829,40</b>	<b>71.052,98</b>	<b>71.174,66</b>	<b>77.569,44</b>	<b>70.593,38</b>	<b>834.381,75</b>

Tabela 4.16 – Quantidade de lixo de remoção coletada no ano de 2004 em todo o DF – Toneladas (BELACAP, 2005).

Mês Região Administrativa	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL ANUAL
Brasília	11.316,66	9.570,84	10.627,56	9.118,80	7.876,03	7.205,04	6.191,38	2.464,32	5.799,83	1.968,55	2.299,60	2.493,14	76.931,75
Gama	3.949,83	3.481,50	3.478,94	3.184,50	3.542,00	3.605,53	2.849,00	2.264,00	11.820,50	6.296,50	3.206,50	3.448,50	51.127,30
Taguatinga	5.957,33	5.335,00	5.983,44	5.085,00	7.542,00	8.145,56	7.716,50	8.322,50	7.801,00	28.079,50	7.250,50	7.829,50	105.047,83
Brazlândia	408,00	548,60	466,00	597,10	429,00	169,20	296,60	613,90	374,20	248,30	338,20	385,30	4.874,40
Sobradinho	7.044,33	7.563,50	8.661,94	7.649,00	6.279,00	5.466,03	4.640,50	5.544,00	4.951,50	2.373,00	4.945,50	5.481,00	70.599,30
Planaltina	12.435,83	11.493,00	13.049,44	11.466,00	9.223,00	6.247,53	3.649,50	5.164,50	4.381,00	2.293,05	6.032,00	5.526,50	90.961,35
Paranoá	5.698,59	4.910,64	4.971,27	4.631,63	3.931,15	3.886,53	2.628,70	2.607,89	3.874,50	2.079,50	5.614,45	4.460,50	49.295,35
Núcleo Bandeirante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ceilândia	4.572,35	3.998,08	3.931,89	3.458,56	4.171,45	4.291,26	3.157,09	16.661,98	4.086,00	3.438,56	4.761,00	5.267,76	61.795,98
Guará	0,00	0,00	0,00	0,00	3.298,50	4.397,03	1.789,50	2.374,50	3.340,00	1.957,00	3.962,50	4.058,50	25.177,53
Cruzeiro	80,56	105,13	114,86	78,81	0,00	74,12	82,43	75,88	6,76	0,00	0,00	0,00	618,55
Samanbaia	5.575,33	3.590,00	4.167,44	4.330,00	4.714,50	4.916,53	2.673,00	5.226,00	3.859,50	2.026,00	4.072,50	4.797,00	49.947,80
Santa Maria	0,00	0,00	0,00	0,00	1.986,00	0,00	0,00	0,00	2.976,00	0,00	0,00	0,00	4.962,00
São Sebastião	9.826,92	9.271,58	10.720,50	9.220,29	6.096,87	4.637,03	7.192,00	4.913,50	3.723,00	1.911,50	4.339,50	4.334,50	76.187,19
Recanto das Emas	6.633,33	6.087,00	6.788,94	5.979,00	6.871,00	7.137,03	11.802,00	4.040,00	5.870,50	1.538,00	6.653,50	7.090,00	76.490,30
Lago Sul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.316,50	0,00	0,00	0,00	1.316,50
Riacho Fundo	0,00	0,00	0,00	0,00	3.506,00	4.461,03	2.728,00	4.758,50	0,00	2.140,00	4.693,00	4.771,50	27.058,03
Lago Norte	62,12	48,69	41,53	42,23	33,50	39,28	36,96	25,60	0,59	0,00	0,00	0,00	330,50
Candangolândia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>73.561,18</b>	<b>66.003,56</b>	<b>73.003,75</b>	<b>64.840,92</b>	<b>69.500,00</b>	<b>64.678,73</b>	<b>57.433,16</b>	<b>65.057,07</b>	<b>64.181,38</b>	<b>56.349,46</b>	<b>58.168,75</b>	<b>59.943,70</b>	<b>772.721,66</b>

## **5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE RSCD**

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados da caracterização física e microestrutural obtidos dos ensaios realizados nas amostras de RSCD coletadas nos canteiros de obras em Brasília.

As tabelas e gráficos obtidos serão apresentados e analisados em separado, e posteriormente reunidos conforme as etapas construtivas abordadas, de modo que se possa ter, por um lado, a caracterização isolada de cada amostra, destacando as propriedades individuais de cada uma delas e, por outro lado, a caracterização das amostras por grupo, mostrando as particularidades das mesmas segundo a etapa construtiva da qual se originou.

Os resultados de cada ensaio serão discutidos individualmente, de modo a se abordar os valores de massa unitária, granulometria, composição e difratometria obtidos com o detalhamento necessário ao entendimento e propósitos deste trabalho.

Algo a se destacar é que não houve coleta de amostras de RSCD nos canteiros de obras EC-3/CO-1 e EC-6/CO-1 em função da paralisação das atividades de construção, no caso do 1º canteiro, e pelo estágio inicial em que se encontrava o 2º canteiro, não havendo caçamba estacionária para coleta de RSCD, visto seu baixo volume de geração.

### **5.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROESTRUTURAL DAS AMOSTRAS DE RSCD**

#### **5.1.1 – Massa unitária**

Os valores de massa unitária das amostras de RSCD ensaiadas são apresentados na Tabela 5.1. Os valores variam de 1,201 kg/dm<sup>3</sup> a 1,443 kg/dm<sup>3</sup>, sendo o valor médio 1,326 kg/dm<sup>3</sup>. Tais valores se aproximam dos resultados obtidos pelo Projeto Entulho Bom, que analisou amostras de RSCD coletadas no aterro de Salvador. O valor médio obtido para os RSCD de Salvador foi de 1,345 kg/dm<sup>3</sup>. Para Neto (2005), que analisou amostras de agregado reciclado de São Carlos, o valor médio obtido foi de 0,600 kg/dm<sup>3</sup>. Este valor, apesar de não estar associado a amostras de entulho em estado *in natura*, não parece muito

coerente, visto que o processo de reciclagem comumente conduz a uma pulverização das amostras. A tendência seria, pois, que o agregado reciclado apresentasse uma massa unitária igual ou maior que a do entulho não beneficiado.

Tabela 5.1 – Valores de massa unitária das amostras de RSCD ensaiadas.

Canteiros de obras		Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )
EC-1	CO-1	1,291
	CO-2	1,273
EC-2	CO-1	1,393
	CO-2	1,443
EC-3	CO-1	-
EC-4	CO-1	1,436
	CO-2	1,243
	CO-3	1,427
EC-5	CO-1	1,386
EC-6	CO-1	-
EC-7	CO-1	1,399
EC-8	CO-1	1,201
EC-9	CO-1	1,210
EC-10	CO-1	1,289
EC-11	CO-1	1,251
MÉDIA		1,326

Apesar de ter sido adotada, para efeitos de quantificação e conversão de unidades, a massa unitária média de 1,326 kg/dm<sup>3</sup>, foram calculadas outras medidas de tendência central e respectivas medidas de variância, a fim de dar um melhor tratamento estatístico a estes dados. Tais medidas podem ser observadas no apêndice C.

Agrupando os canteiros de obras de acordo com as etapas construtivas predominantes, conforme mostra a Tabela 5.2, percebe-se que há um valor médio de massa unitária diferente para cada etapa construtiva abordada.

Os valores médios de massa unitária obtidos para cada etapa construtiva foram:

- 1,371 kg/dm<sup>3</sup> → Estrutura;
- 1,333 kg/dm<sup>3</sup> → Alvenaria;
- 1,357 kg/dm<sup>3</sup> → Acabamento;

- 1,233 kg/dm<sup>3</sup> → Outro – reforma de fachada.

Tabela 5.2 – Valores de massa unitária das amostras de RSCD ensaiadas por etapa construtiva.

Canteiros de obras		Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )
EC-2	CO-2	1,443
EC-4	CO-2	1,243
	CO-3	1,427
MÉDIA		1,371

a) Etapa construtiva predominante: estrutura

Canteiros de obras		Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )
EC-2	CO-1	1,393
	CO-2	1,443
EC-4	CO-2	1,243
EC-11	CO-1	1,251
MÉDIA		1,333

b) Etapa construtiva predominante: alvenaria

Canteiros de obras		Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )
EC-1	CO-1	1,291
	CO-2	1,273
EC-4	CO-1	1,436
EC-5	CO-1	1,386
EC-7	CO-1	1,399
MÉDIA		1,357

c) Etapa construtiva predominante:  
acabamento

Canteiros de obras		Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )
EC-8	CO-1	1,201
EC-9	CO-1	1,210
EC-10	CO-1	1,289
MÉDIA		1,233

d) Etapa construtiva predominante: outro – reforma fachada

A partir do momento em que for implantada a coleta seletiva nos canteiros de obras, o valor médio de massa unitária global (1,326 kg/dm<sup>3</sup>) poderá vir a ser substituído pelos valores médios típicos de massa unitária associados à etapa construtiva em andamento. Isto permitirá um melhor controle na especificação do volume ou massa produzida de RSCD ao logo das diversas etapas construtivas pelas quais passa uma obra

O valor médio global de massa unitária permite quantificar, em termos de massa e de volume, a quantidade de RSCD gerada em todo o Distrito Federal, para que assim se possam estipular a área superficial e a quantidade de locais para disposição final dos RSCD.

Para a taxa de geração de 6.000 t/dia de entulho, seria necessário em espaço de 4.525 m<sup>3</sup> para depositar o RSCD produzido em um único dia em todo o Distrito Federal.

### **5.1.2 – Composição granulométrica**

As composições granulométricas das amostras de RSCD analisadas são apresentadas na forma de tabelas e gráficos. Na Tabela 5.3, apresentam-se os valores das porcentagens retidas em cada uma das peneiras utilizadas. Nas Figuras de 5.1 a 5.13, são apresentadas as curvas granulométricas de cada amostra.

Com base nos valores apresentados na tabela, verifica-se que, em média, as amostras apresentam 56% de grãos classificados como graúdos, enquanto os grãos miúdos aparecem com uma participação de 44%. A amostra EC-1/CO-1 foi a que apresentou maior percentual de grãos graúdos (77%), enquanto a amostra EC-7/CO-1 apresentou a maior quantidade de grãos miúdos (68%). Já a amostra EC-5/CO-1 apresentou porcentagens de grãos graúdos e miúdos muito semelhantes (48% e 52%, respectivamente). A classificação das demais amostras como predominantemente graúdas ou miúdas pode ser feita consultando os dados da tabela anterior, conforme se tenha uma porcentagem maior que 50% de grãos graúdos ou miúdos.

Analizando as curvas granulométricas que se seguem, e tomando-se alguns índices físicos da mecânica dos solos (Apêndice D), como o coeficiente de não uniformidade (CNU)<sup>7</sup> e o coeficiente de curvatura (CC)<sup>8</sup>, percebem-se que certas amostras apresentam uma boa graduação (EC-4/CO-2; EC-4/CO-3; EC-10/CO-1), outras se mostram mal graduadas (EC-1/CO-1; EC-4/CO-1; EC-7/CO-1; EC-8/CO-1; EC-11/CO-1), enquanto que as demais amostras (EC-1/CO-2; EC-2/CO-1; EC-2/CO-2; EC-5/CO-1) apresentam uma graduação que pode ser classificada, aqui, como intermediária (apesar de não se usar este termo na mecânica dos solos). Destaque deve ser dado à amostra EC-9/CO-1, que apresenta um valor de CC que a classificaria como bem graduada, mas se percebe, em sua curva granulométrica, um acentuado trecho de uniformidade, com predominância de grãos com diâmetro em torno de 15 mm.

---

<sup>7</sup> CNU =  $D_{60}/D_{10}$ , sendo  $D_{60}$  o diâmetro abaixo do qual se situam 60% em peso das partículas e  $D_{10}$  o diâmetro abaixo do qual se situam 10% em peso das partículas.

<sup>8</sup> CC =  $(D_{30})^2/(D_{60} * D_{10})$ , sendo  $D_{30}$  o diâmetro abaixo do qual se situam 30% em peso das partículas.

Tabela 5.3 – Porcentagens de RSCD retidas nas peneiras do ensaio de granulometria.

Canteiro	EC-1/CO-1	EC-1/CO-2	EC-2/CO-1	EC-2/CO-2	EC-4/CO-1	EC-4/CO-2	EC-4/CO-3	EC-5/CO-1	EC-7/CO-1	EC-8/CO-1	EC-9/CO-1	EC-10/CO-1	EC-11/CO-1
Peneira # (mm)	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida	% retida
100	0,991	0,000	0,000	1,286	11,911	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,578	0,000
76,00	2,655	1,340	3,429	6,516	12,584	4,433	1,209	7,125	0,000	9,411	0,000	2,021	0,000
50,00	16,372	2,311	8,265	19,584	14,990	2,606	5,301	9,597	2,015	7,225	4,049	10,360	2,296
38,00	17,752	2,660	5,598	11,749	12,455	5,659	5,233	3,765	2,497	4,792	4,697	7,272	3,883
25,00	11,336	5,981	6,057	9,145	6,313	11,105	11,934	5,924	6,541	7,839	3,855	8,494	10,801
19,00	4,996	4,067	1,863	2,980	2,197	8,750	8,332	4,965	3,027	4,823	6,939	7,518	7,136
12,50	4,923	7,222	4,306	2,501	2,173	10,094	9,692	5,102	7,329	11,190	35,019	8,801	7,472
9,50	13,714	4,472	3,623	2,880	0,925	5,952	4,941	3,464	3,144	2,977	8,740	5,932	4,625
4,80	4,009	10,836	8,574	9,760	1,891	10,821	8,609	7,847	7,844	7,492	12,915	9,484	9,988
Graúdo	<b>76,748</b>	38,889	41,715	66,401	<b>65,438</b>	<b>59,422</b>	<b>55,250</b>	<b>47,791</b>	<b>32,396</b>	<b>55,748</b>	<b>76,214</b>	<b>61,460</b>	<b>46,201</b>
2,40	3,644	9,142	5,932	4,936	1,779	7,260	6,116	8,096	6,601	4,057	10,435	5,851	7,462
0,60	5,877	17,844	24,994	10,965	8,482	12,471	18,606	16,051	11,365	5,549	8,395	13,916	13,623
0,30		20,728	13,194	7,486	8,000	8,119	9,105	10,189	18,418	10,517	2,021	8,428	11,824
0,15	10,732	9,334	7,260	4,875	6,167	6,907	6,693	9,523	17,951	16,028	1,676	5,083	14,054
< 0,15	2,999	4,063	6,905	5,338	10,133	5,820	4,230	8,350	13,270	8,101	1,259	5,261	6,836
Miúdo	<b>23,252</b>	61,111	<b>58,285</b>	33,599	34,562	<b>40,578</b>	<b>44,750</b>	<b>52,209</b>	<b>67,604</b>	<b>44,252</b>	<b>23,786</b>	<b>38,540</b>	<b>53,799</b>

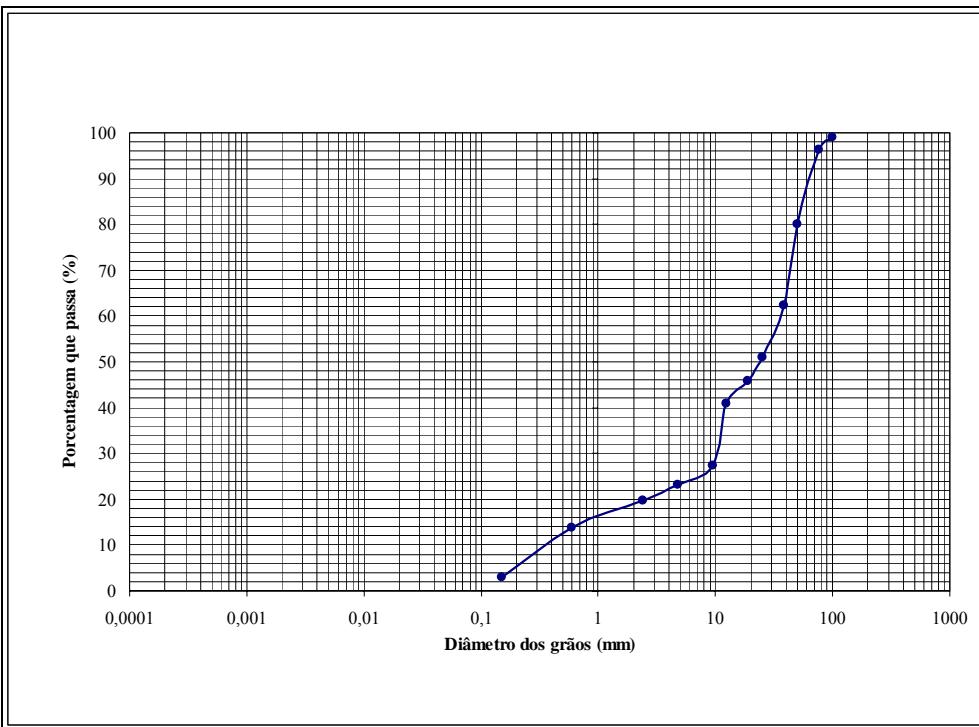


Figura 5.1 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-1/CO-1.

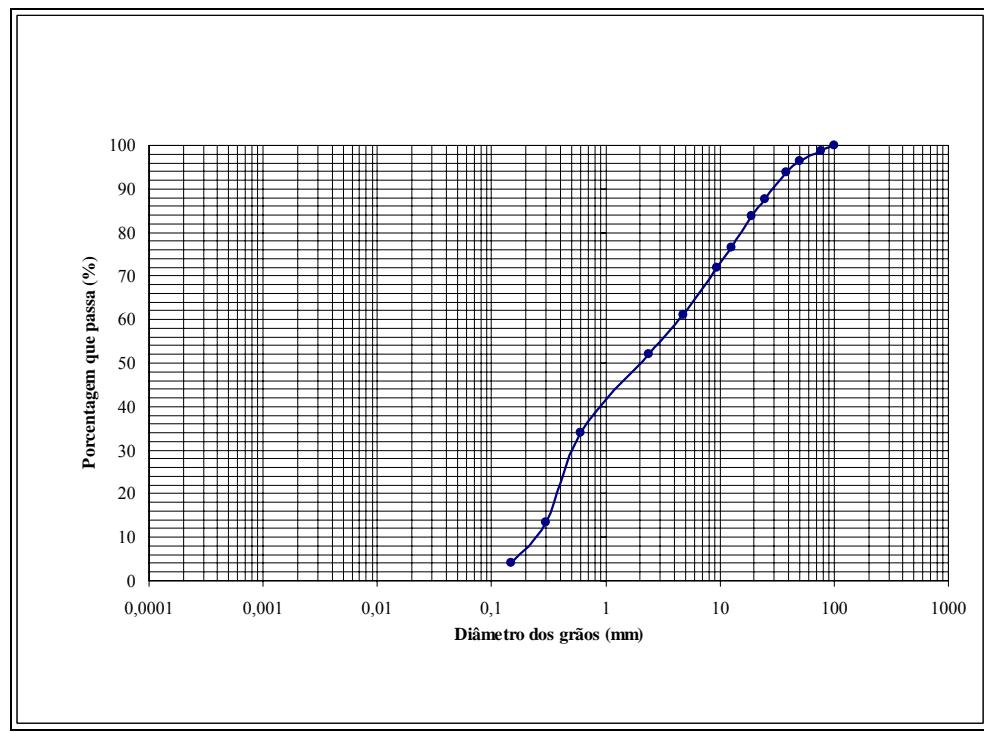


Figura 5.2 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-1/CO-2.

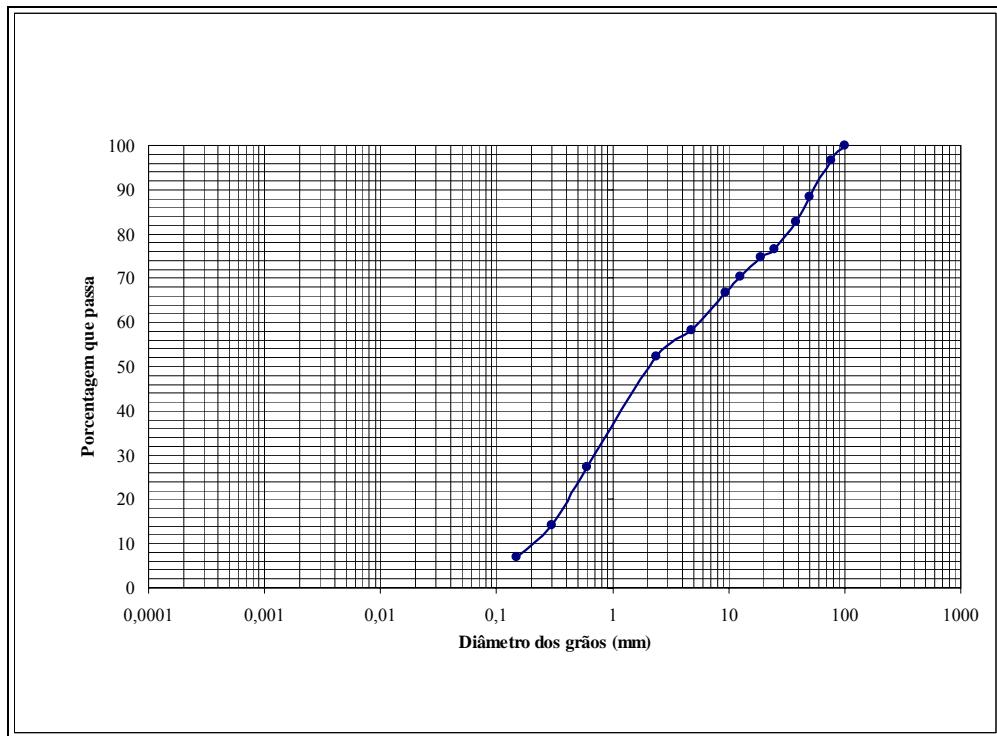


Figura 5.3 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-2/CO-1.

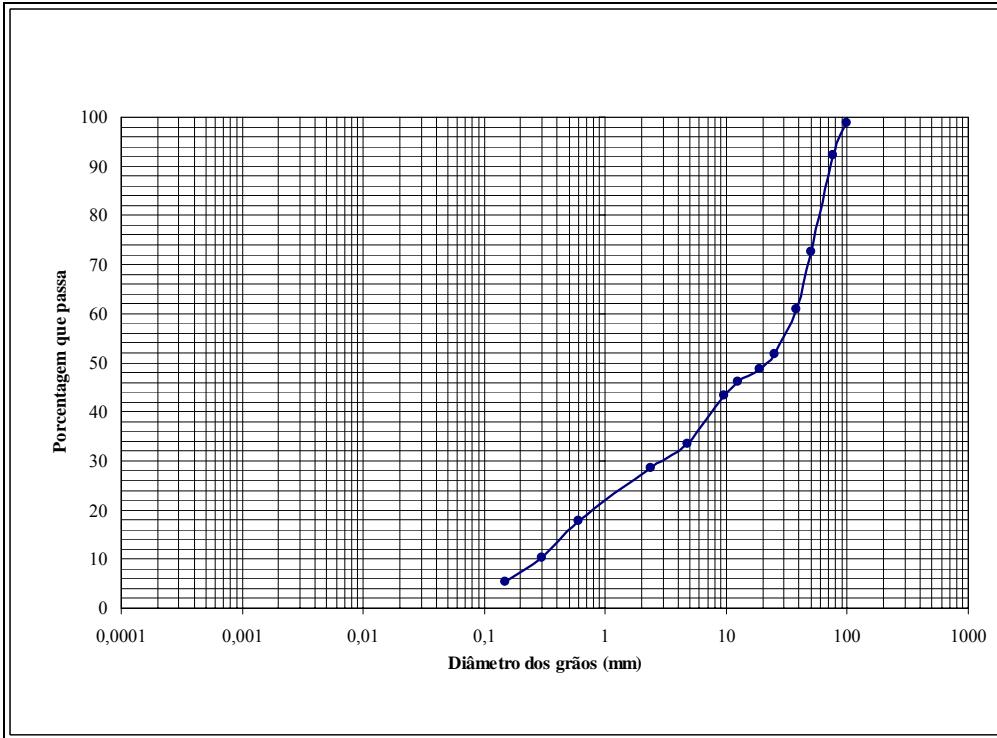


Figura 5.4 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-2/CO-2.

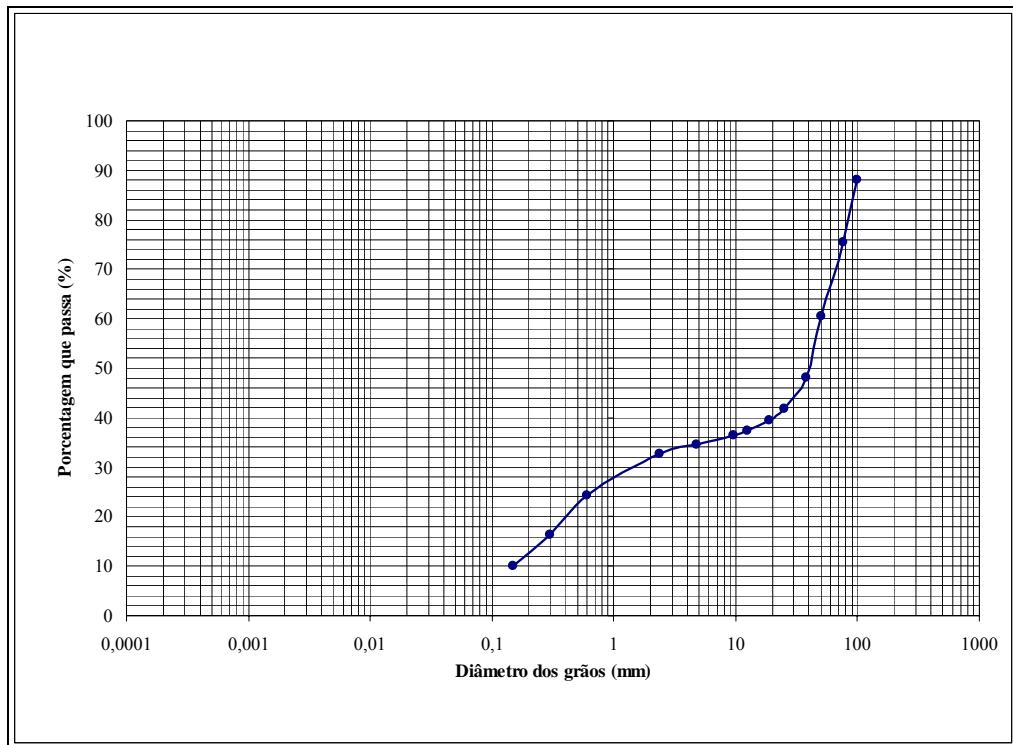


Figura 5.5 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-1.

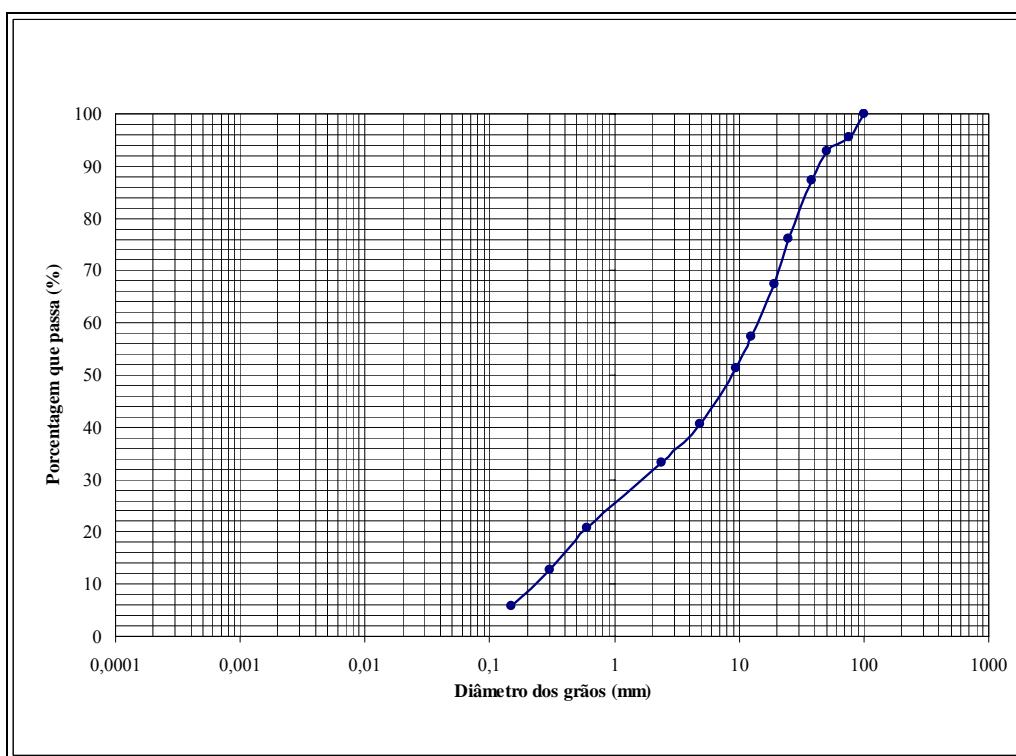


Figura 5.6 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-2.

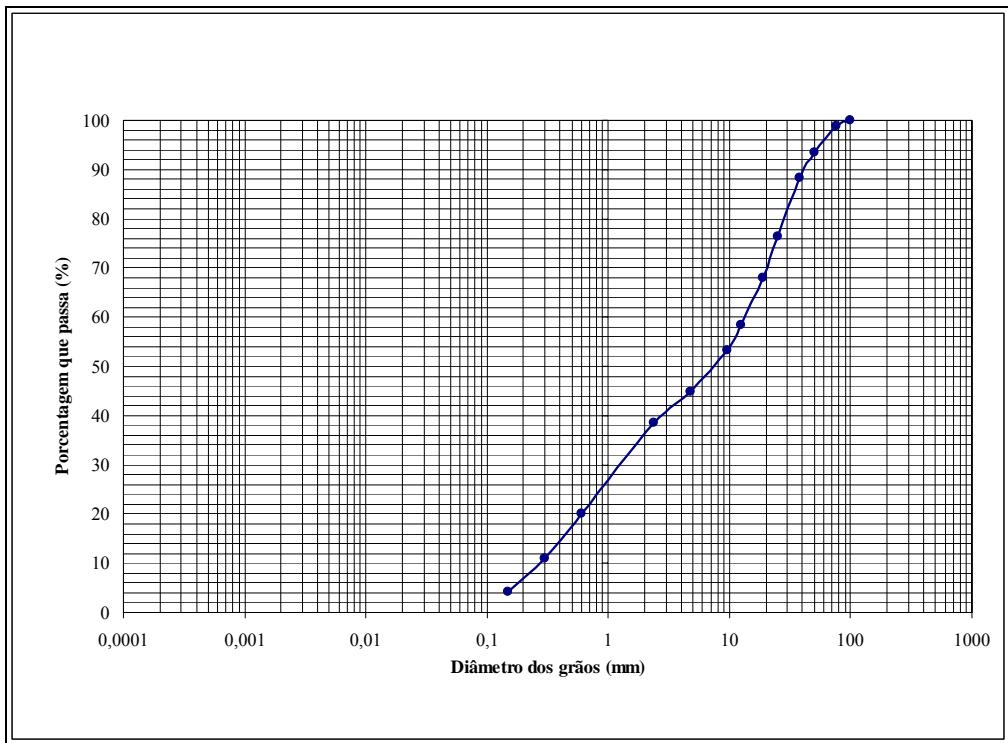


Figura 5.7 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-3.

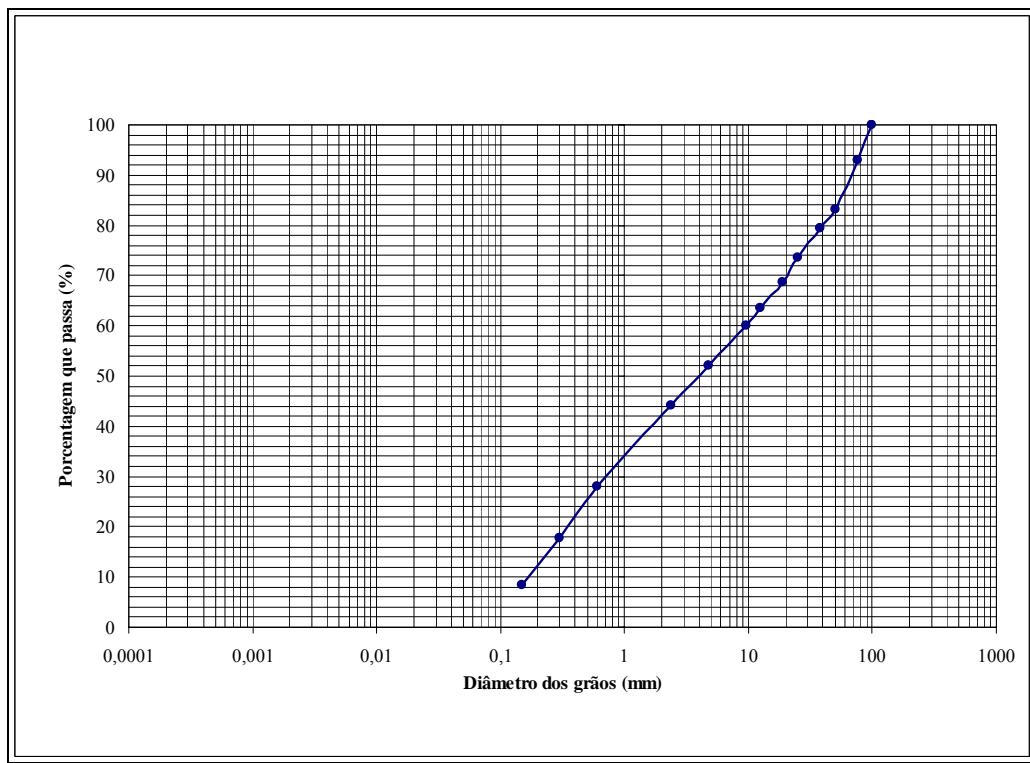


Figura 5.8 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-5/CO-1.

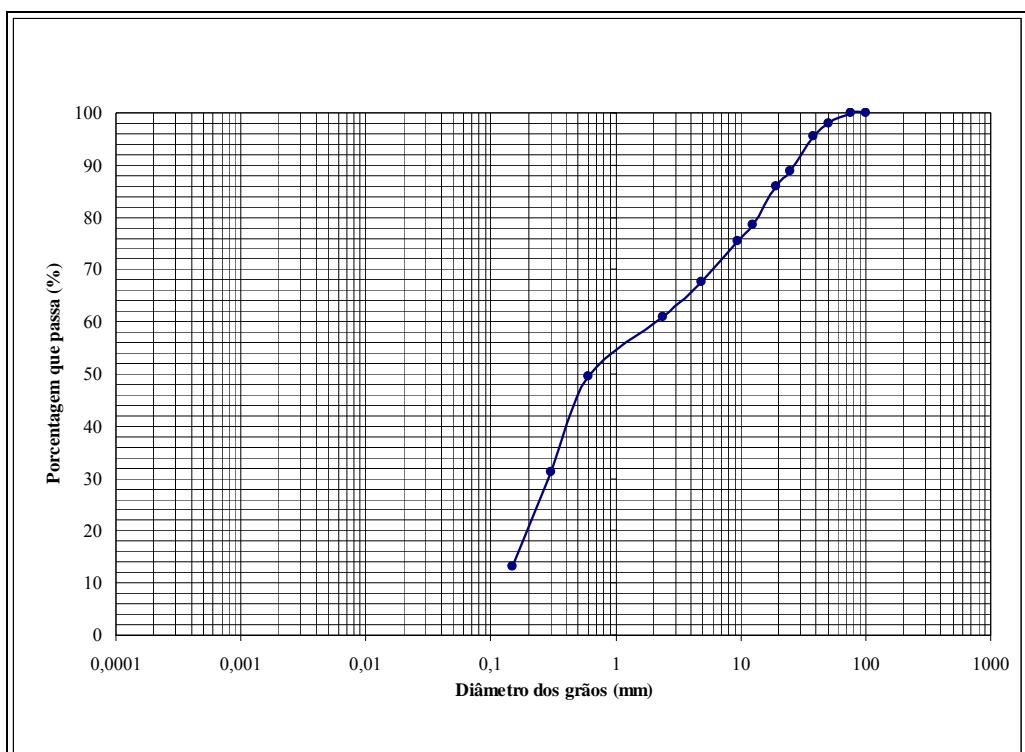


Figura 5.9 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-7/CO-1.

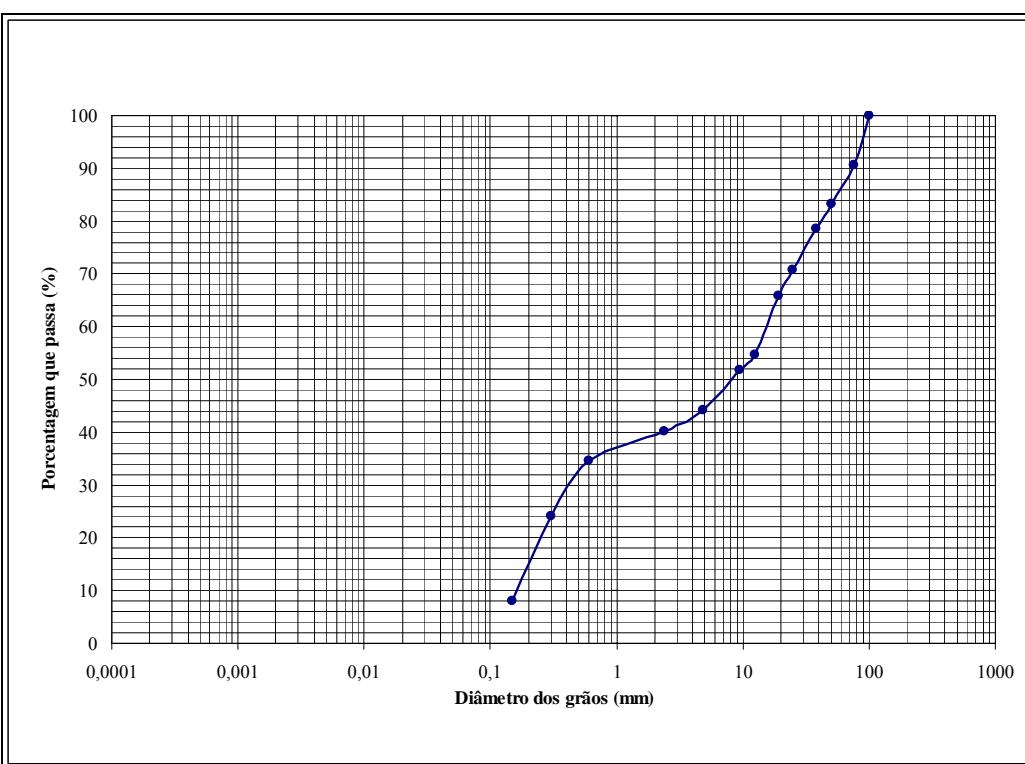


Figura 5.10 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-8/CO-1.

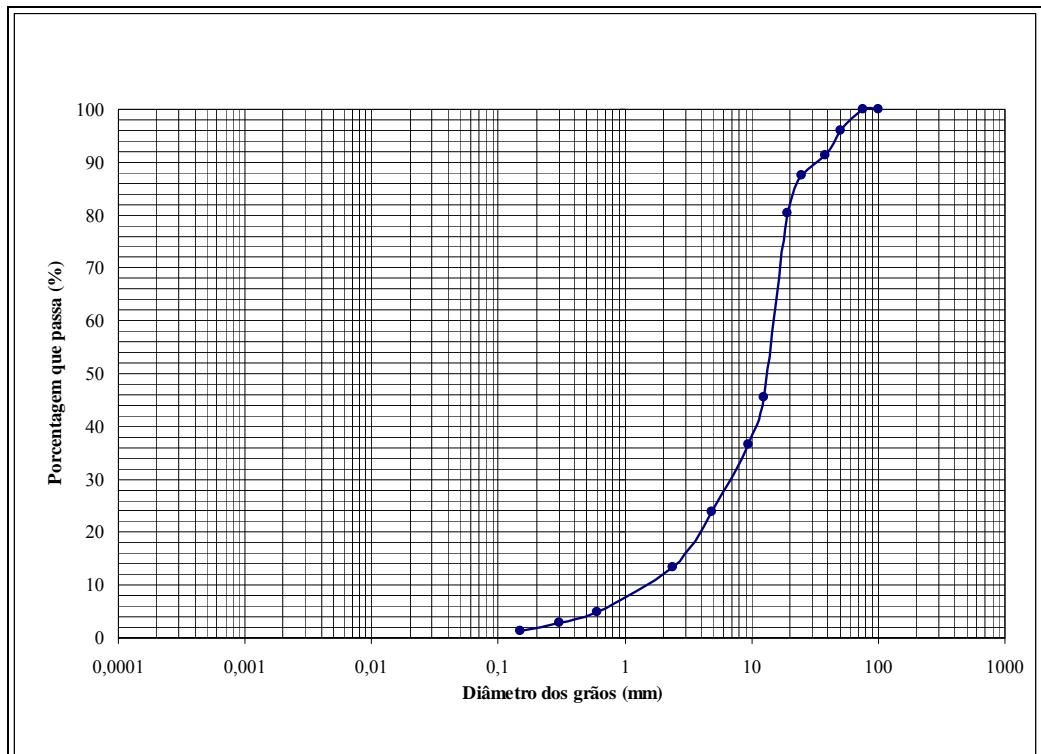


Figura 5.11 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-9/CO-1.

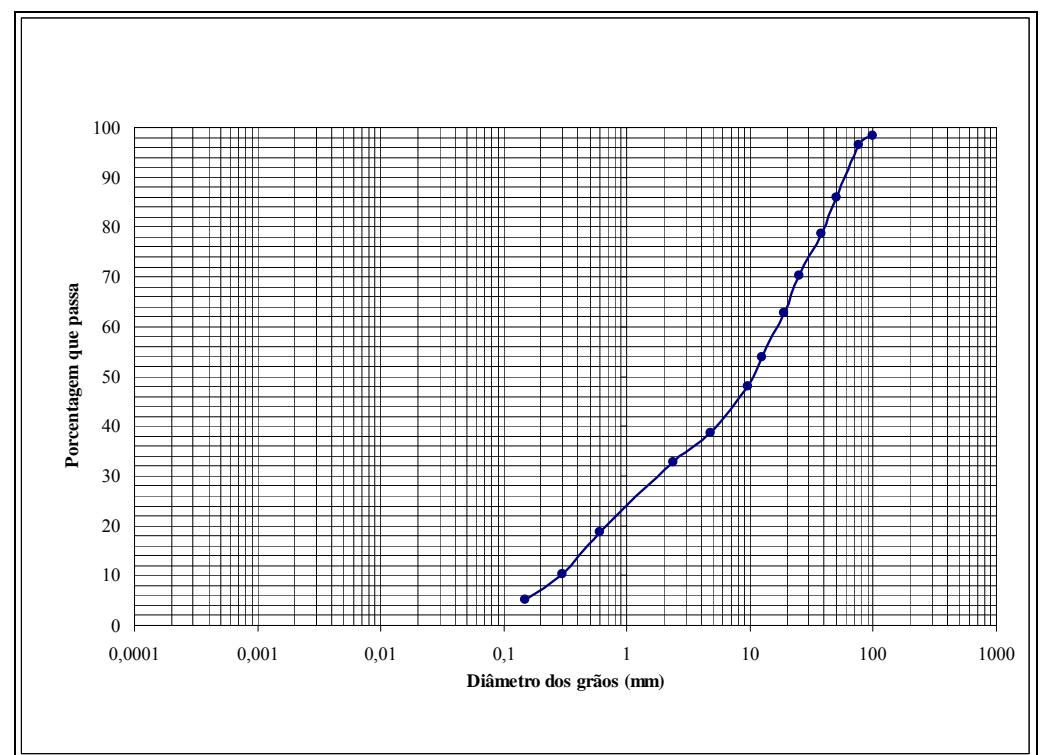


Figura 5.12 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-10/CO-1.

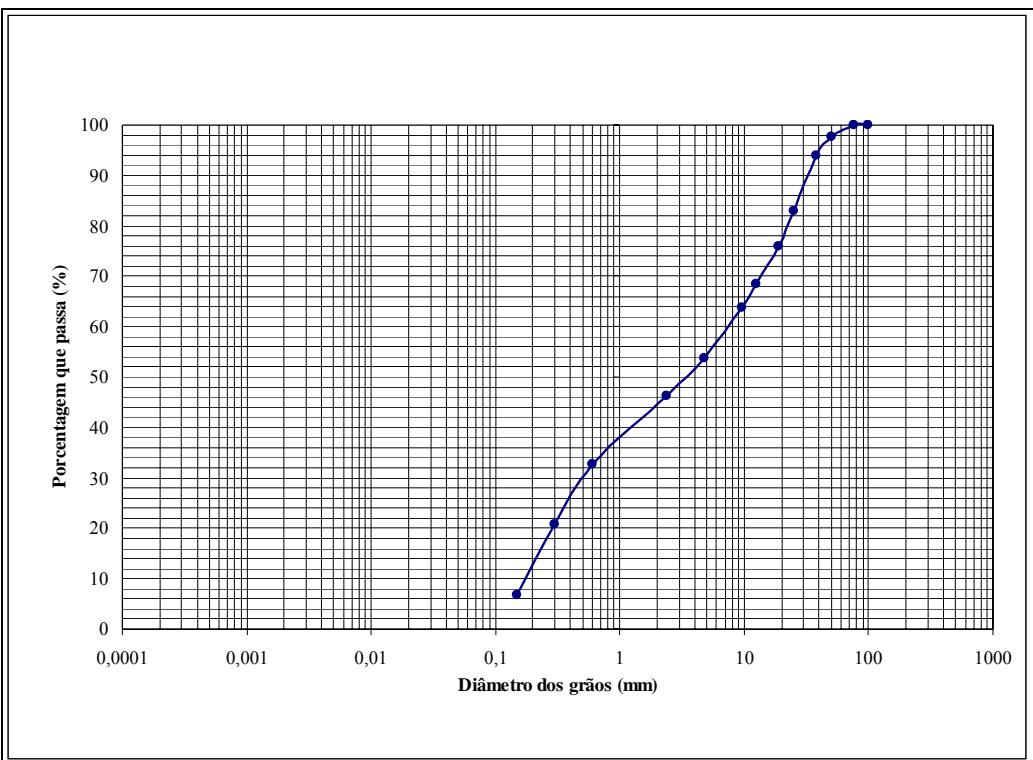


Figura 5.13 – Curva granulométrica da amostra de RSCD coletada em EC-11/CO-1.

Outros pontos que merecem destaque, ao se analisar individualmente cada curva, é que em EC-1/CO-1, há um trecho de uniformidade, com predominância de grãos com diâmetro entre 38 mm e 50 mm. Outros trechos de uniformidade são também notados em EC-1/CO-2 (predominância de grãos com diâmetro entre 0,60 mm e 0,30 mm), EC-2/CO-2 (predominância de grãos com diâmetro em torno de 50 mm), EC-4/CO-1 (predominância de grãos com diâmetro em torno de 50 mm), EC-7/CO-1 (predominância de grãos com diâmetro em torno de 0,3 mm).

Analizando as curvas granulométricas das amostras de RSCD pertencentes a canteiros de obras que se encontram em uma mesma fase ou etapa construtiva (como EC-1/CO-1, EC-1/CO-2, EC-4/CO-1, EC-5/CO-1 e EC-7/CO-1, que estão predominantemente na etapa de acabamento) percebe-se que não há uma curva padrão característica, apesar de haver um comportamento, até certo ponto similar, entre as curvas de EC-1/CO-2 e EC-5/CO-1. O mesmo pode ser dito das amostras de RSCD pertencentes aos canteiros de obras EC-8/CO-1, EC-9/CO-1 e EC-10/CO-1. Mesmo originadas em canteiros que se encontram em uma mesma etapa construtiva (reforma de fachada), as curvas granulométricas de tais amostras são completamente diferentes. Uma possível causa que pode justificar as diferenças nas curvas granulométricas citadas é a técnica construtiva e as características do material.

empregado. Na primeira comparação, foi verificado que em alguns canteiros (EC-1/CO-1, EC-1/CO-2 e EC-4/CO-1), o revestimento externo foi executado predominantemente com placas de granito, enquanto o revestimento interno foi executado com placas cerâmicas e argamassa industrializada. As placas de granito apresentam diferentes dimensões, para cada canteiro, e nos dois primeiros, a fixação delas foi feita por meio de *insertes*. Nos dois outros canteiros (EC-5/CO-1 e EC-7/CO-1), o revestimento externo foi executado predominantemente com placas cerâmicas (em cartelas) e argamassa industrializada, respectivamente.

Por outro lado observou-se que amostras de RSCD pertencentes a canteiros de obras que se encontram em fases ou etapas construtivas distintas podem gerar curvas granulométricas semelhantes. As curvas de EC-1/CO-2 e EC-11/CO-1 (que estão predominantemente nas fases de acabamento e alvenaria, respectivamente), EC-2/CO-1 e EC-7/CO-1 (que estão predominantemente nas fases de alvenaria e acabamento, respectivamente), EC-4/CO-3 e EC-10/CO-1 (que estão predominantemente nas fases de estrutura e reforma de fachada, respectivamente), apresentam certas semelhanças no comportamento, principalmente quando comparadas duas a duas, conforme os grupos citados.

### **5.1.3 – Componentes das amostras**

Os componentes encontrados em cada uma das amostras de RSCD coletadas estão listados na Tabela 5.4.

Como mencionado anteriormente, apesar de ter sido priorizada a coleta da parcela de entulho classe A, foram identificados alguns componentes pertencentes a outras classes, que, apesar de aparecerem listados, estão presentes em pequenas porcentagens.

Conforme demonstram os dados contidos na tabela citada, aparecem listados sete diferentes grupos de componentes, sendo os “finos” o componente com maior percentual de participação: 44% do total. O “material argamassado” e o “material cerâmico” vêm logo em seguida, com porcentagens de participação de 28% e 12%, respectivamente.

Tabela 5.4 – Componentes presentes nas amostras de RSCD (Termos percentuais em relação à massa).

Canteiros de obras \ Componentes	EC-1		EC-2		EC-4			EC-5	EC-7	EC-8	EC-9	EC-10	EC-11	Participação (%)	
	CO-1	CO-2	CO-1	CO-2	CO-1	CO-2	CO-3	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1	CO-1		
Concreto/bloco de concreto		0,79	17,29	54,43	5,05	13,12	22,06	11,54						1,37	9,67
Finos	24,38	59,64	56,93	33,71	34,07	36,51	44,97	52,94	67,26	43,25	22,35	39,32	53,85	43,78	
Gesso			0,95			0,97			0,71					0,20	
Material argamassado	70,36	32,63	24,04	1,96	18,60	21,36	5,76	15,22	19,33	47,87	22,50	59,10	20,94	27,67	
Material cerâmico	1,51	3,57			7,94	25,26	17,03	7,97	11,33	7,35	55,15	0,96	21,24	12,25	
Rocha e pedras naturais	3,75	3,37		9,90	30,72	2,78	10,18	12,33	1,37			0,62	1,90	5,92	
Outros			0,79		3,62					1,53			0,70	0,51	
TOTAL (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,00	

Por meio dos gráficos apresentados nas Figuras de 5.14 a 5.26, podem ser visualizados, em cada uma das amostras de RSCD coletada, os componentes e suas respectivas porcentagens. Tais componentes foram separados conforme procedimentos detalhados na subseção 3.1.4.4.

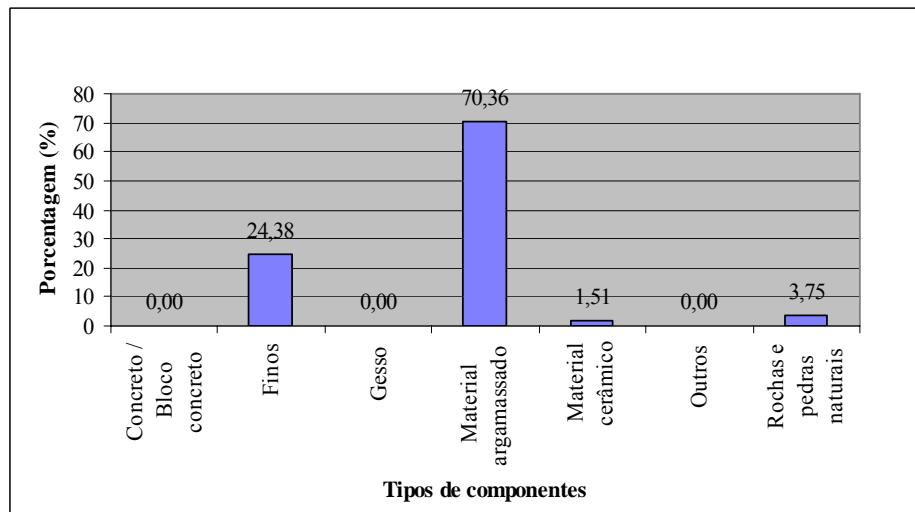


Figura 5.14 – Componentes presentes na amostra EC-1/CO-1 de RSCD.

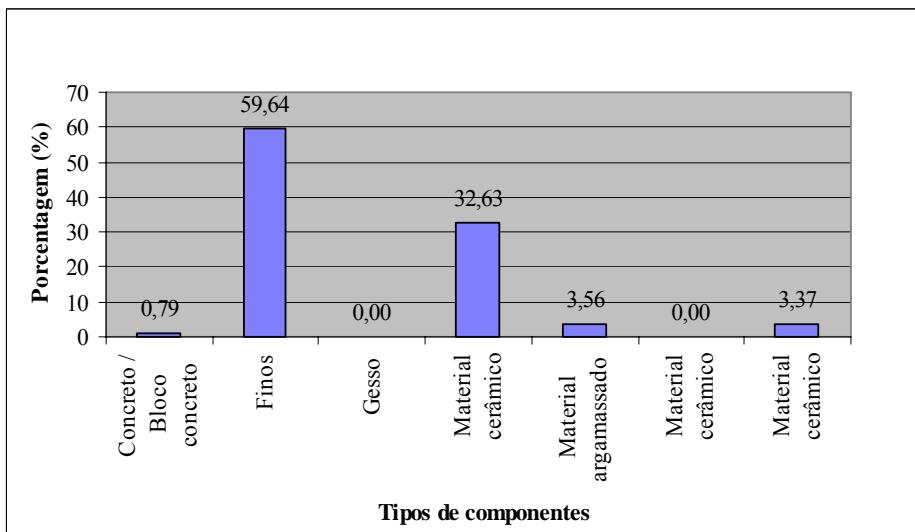


Figura 5.15 – Componentes presentes na amostra EC-1/CO-2 de RSCD.

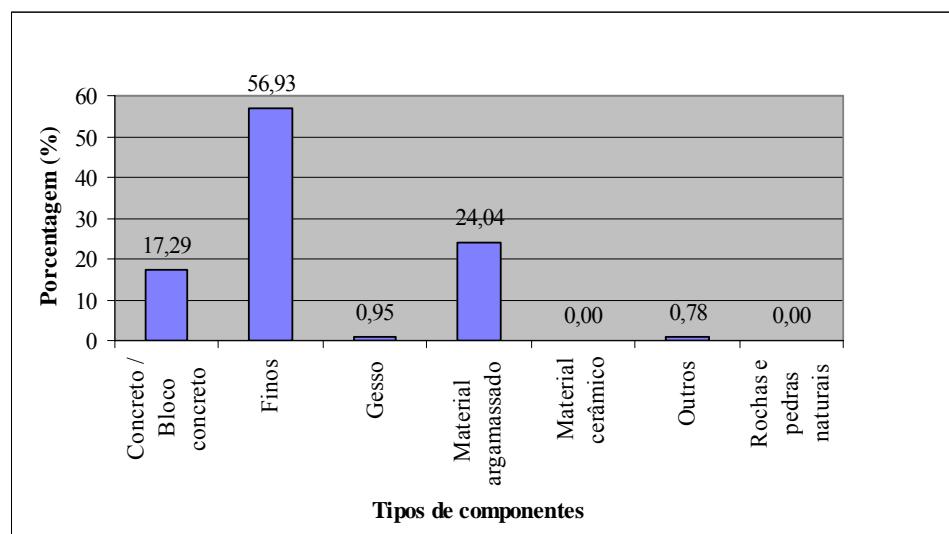


Figura 5.16 – Componentes presentes na amostra EC-2/CO-1 de RSCD.

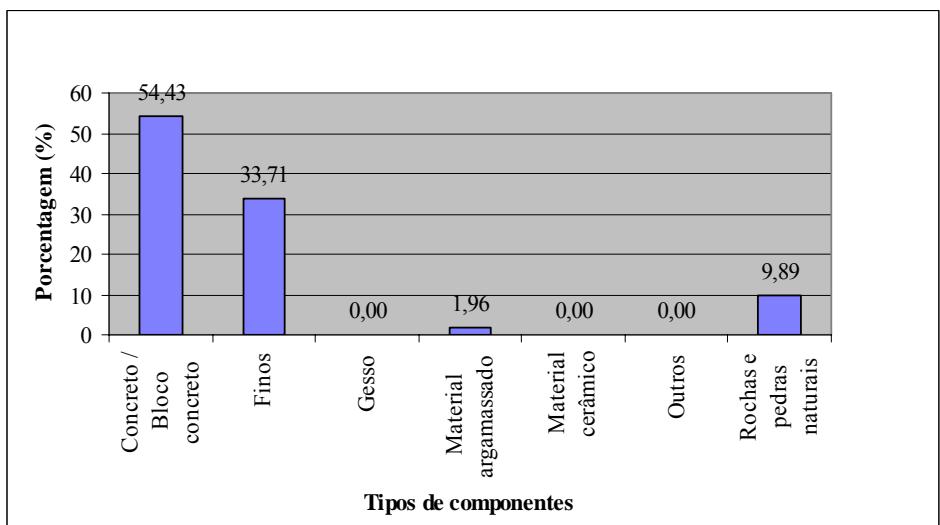


Figura 5.17 – Componentes presentes na amostra EC-2/CO-2 de RSCD.

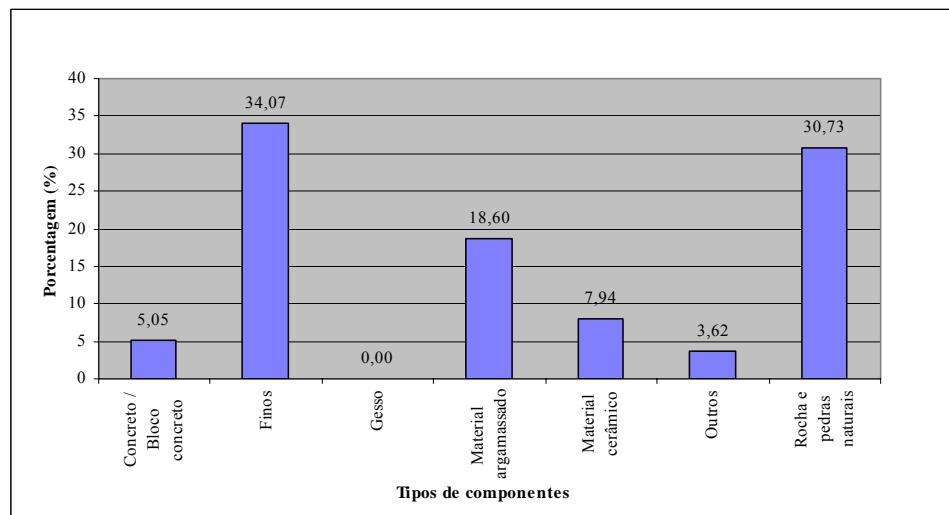


Figura 5.18 – Componentes presentes na amostra EC-4/CO-1 de RSCD.

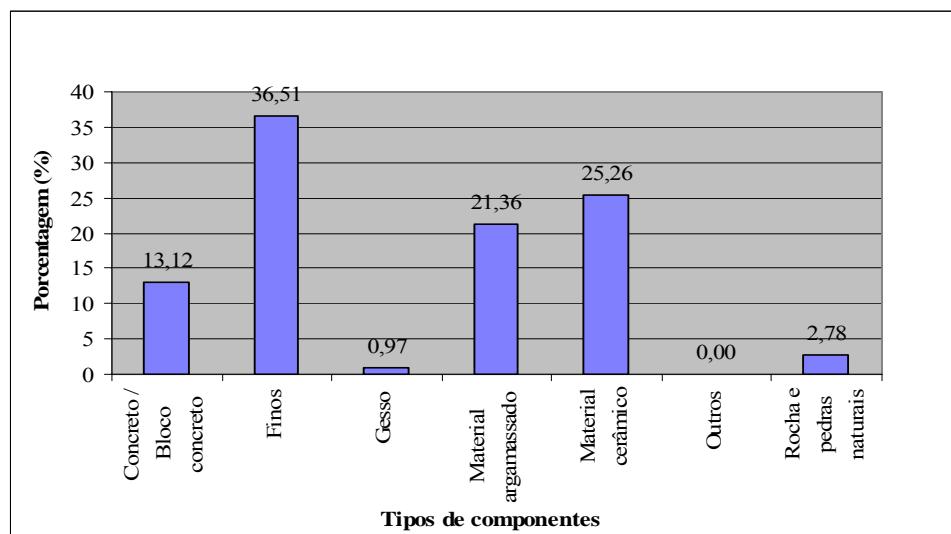


Figura 5.19 – Componentes presentes na amostra EC-4/CO-2 de RSCD.

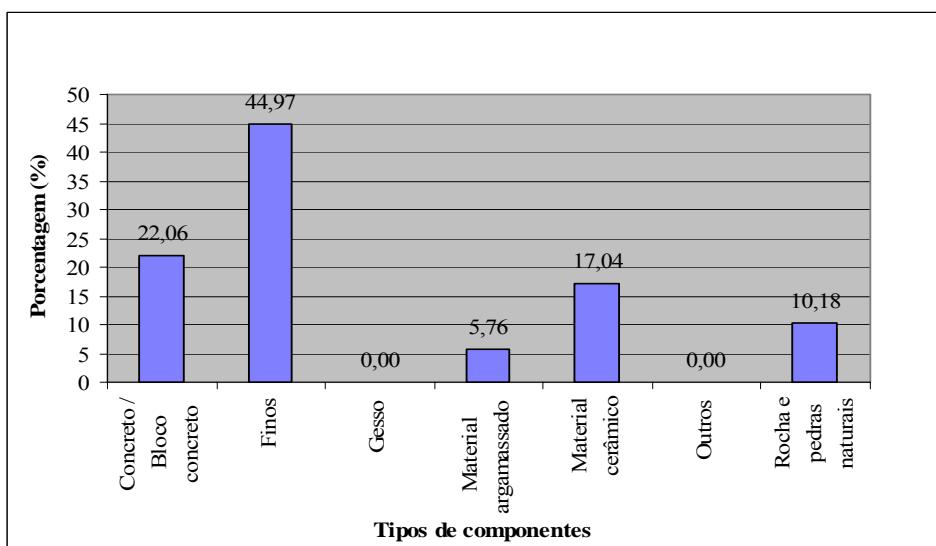


Figura 5.20 – Componentes presentes na amostra EC-4/CO-3 de RSCD.

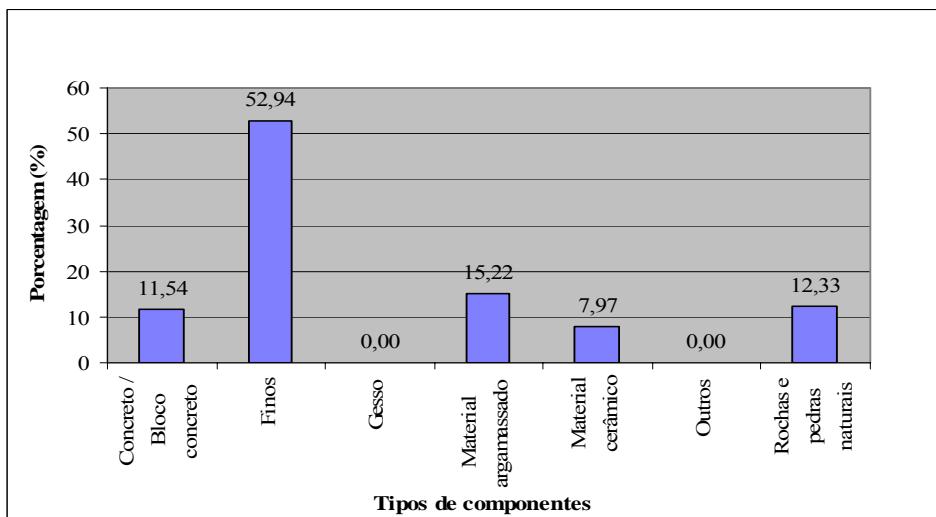


Figura 5.21 – Componentes presentes na amostra EC-5/CO-1 de RSCD.

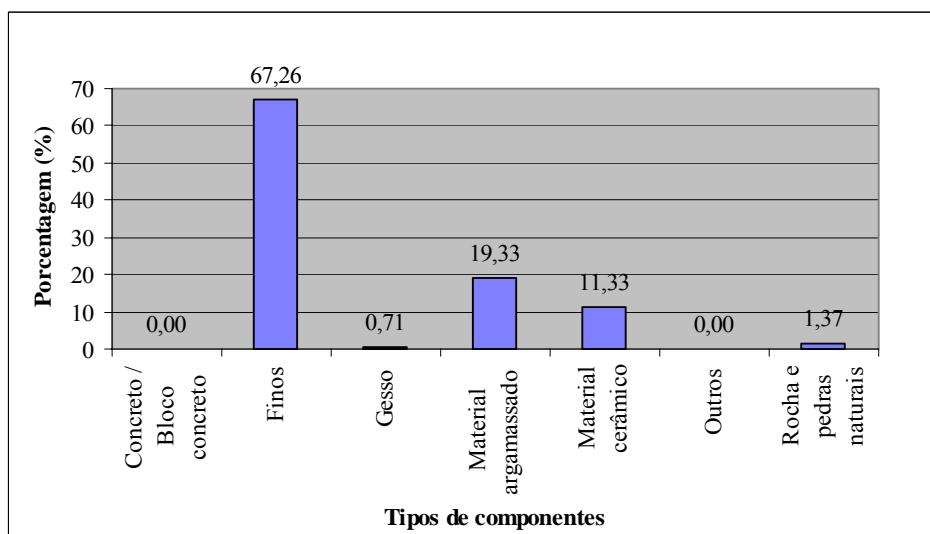


Figura 5.22 – Componentes presentes na amostra EC-7/CO-1 de RSCD.

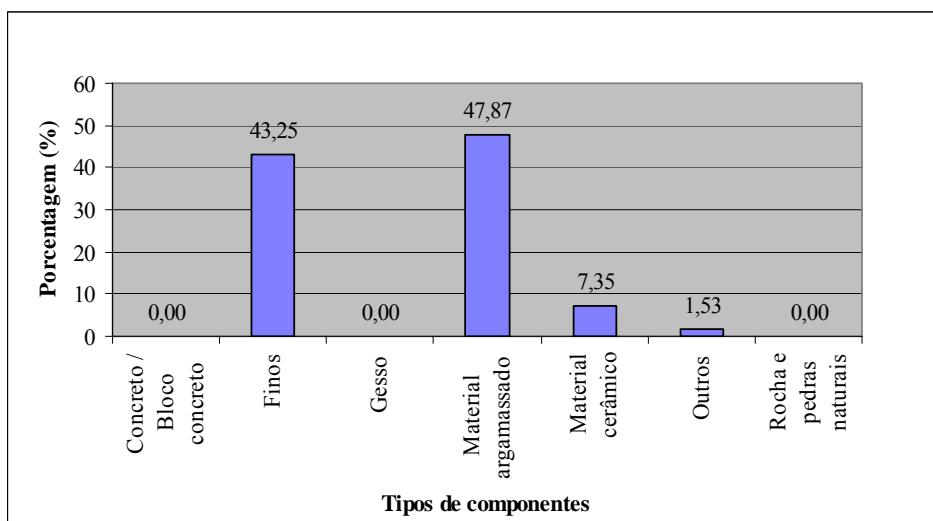


Figura 5.23 – Componentes presentes na amostra EC-8/CO-1 de RSCD.

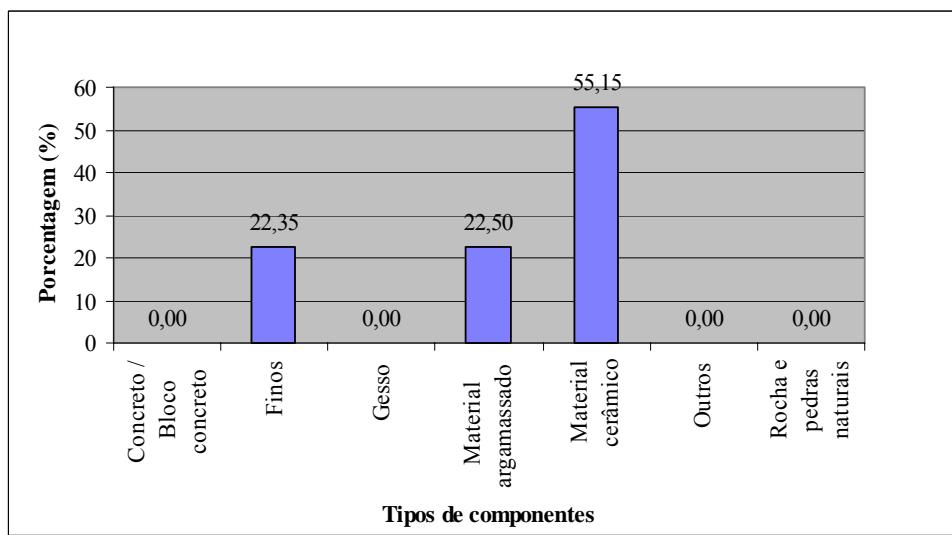


Figura 5.24 – Componentes presentes na amostra EC-9/CO-1 de RSCD.

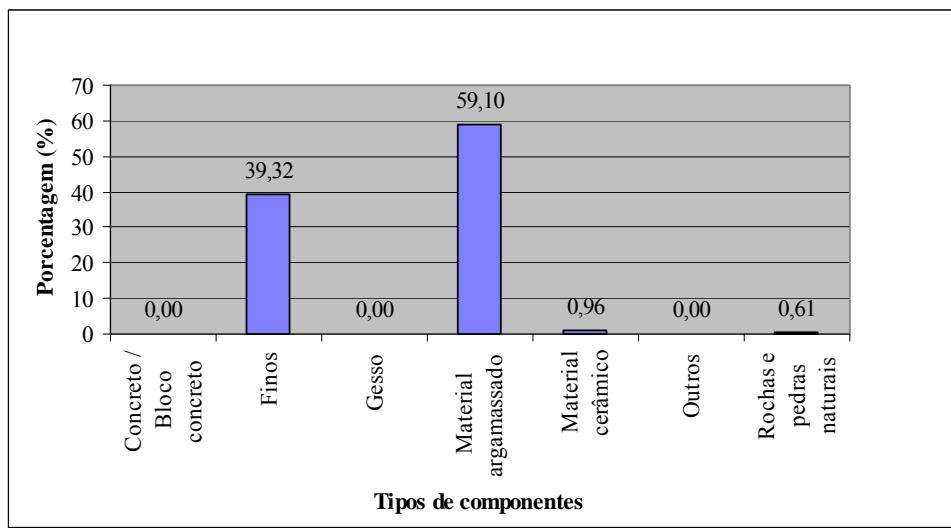


Figura 5.25 – Componentes presentes na amostra EC-10/CO-1 de RSCD.

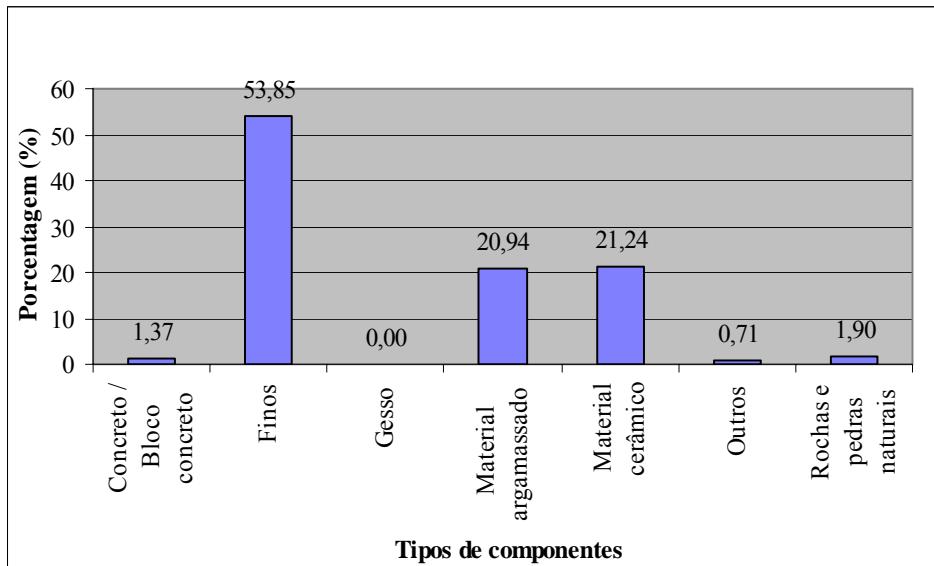


Figura 5.26 – Componentes presentes na amostra EC-11/CO-1 de RSCD.

Da avaliação individual de cada gráfico apresentado, observa-se que os componentes com maior participação e as amostras das quais se originaram são: material argamassado, com 70% de participação em EC-1/CO-1; concreto/bloco de concreto, com 54% de participação em EC-2/CO-2; rocha e pedras naturais, com 31% de participação em EC-4/CO-1; finos, com 67% de participação em EC-7/CO-1; material cerâmico, com 55% de participação em EC-9/CO-1.

Avaliando estes mesmos dados, agora com base nas etapas construtivas, o que se percebe é que a presença de um determinado componente e sua porcentagem não tem uma ligação estreita com a fase da obra em si, mas sim com o tipo de material escolhido. Como

exemplo, cita-se o caso das amostras EC-1/CO-1 e EC-1/CO-2. Apesar de provirem de canteiros de obras na mesma etapa construtiva, que utilizam materiais e técnicas construtivas muito semelhantes, as amostras apresentam porcentagens de participação bem diferentes para um mesmo componente (material argamassado → 70% e 33%, respectivamente; finos → 24% e 60%, respectivamente), ou mesmo um componente que só foi identificado na amostra EC-1/CO-2 (concreto/bloco de concreto). Ainda, em EC-8/CO-1, EC-9/CO-1 e EC-10/CO-1, amostras originadas de canteiros de obras em que se executavam reformas da fachada, além de terem sido identificados certos componentes em apenas uma delas, as porcentagens dos componentes comuns são demasiadamente diferentes: o material cerâmico tem porcentagem de participação de 55% em EC-9/CO-1, enquanto que em EC-8/CO-1 e EC-10/CO-1, as porcentagens são de 7% e 1%, respectivamente.

A causa que melhor justifica estas distorções está no fato de uma determinada atividade estar sendo executada na semana de coleta da amostra. Para o caso dos três canteiros enquadrados na etapa construtiva denominada outro (reforma de fachada), percebe-se que em algum deles, a principal atividade desenvolvida na semana de coleta foi o arrancamento do revestimento antigo da fachada, enquanto que nos demais, a atividade principal foi a execução do novo revestimento da fachada, com aplicação de nova camada de emboço ou assentamento do revestimento cerâmico. Ainda, Carneiro *et al.* (2001) afirmam que a composição dos RSCD é influenciada pelo processo, período e local de coleta da amostra.

Analizando os mesmos componentes, só que agrupando-os conforme a etapa construtiva a qual pertence o canteiro de obras que os originaram, percebe-se, conforme mostra o gráfico da Figura 5.27, que:

- O componente concreto/bloco de concreto teve sua maior porcentagem de participação nos canteiros de obras cuja etapa construtiva predominante é estrutura. A segunda maior porcentagem de participação deste mesmo componente foi verificada na etapa alvenaria;
- O componente fino, a exemplo do componente rocha e pedras naturais, teve suas maiores porcentagens de participação nos canteiros de obras cuja etapa construtiva predominante é acabamento;
- Os componentes material argamassado e material cerâmico ocorreram com maior porcentagem de participação nos canteiros de obras cuja etapa construtiva predominante é

outro (reforma de fachada). O material argamassado também teve presença marcante nos canteiros de obras cuja etapa construtiva predominante foi acabamento.

O fato do componente concreto/bloco de concreto ter ocorrido com maior freqüência nos canteiros cujas etapas construtivas predominantes são estrutura e alvenaria é perfeitamente coerente, uma vez que nestas etapas é usual o emprego, em grande quantidade, de materiais como concreto, para execução dos elementos da superestrutura, e de blocos de concreto, para execução das alvenarias de vedação.

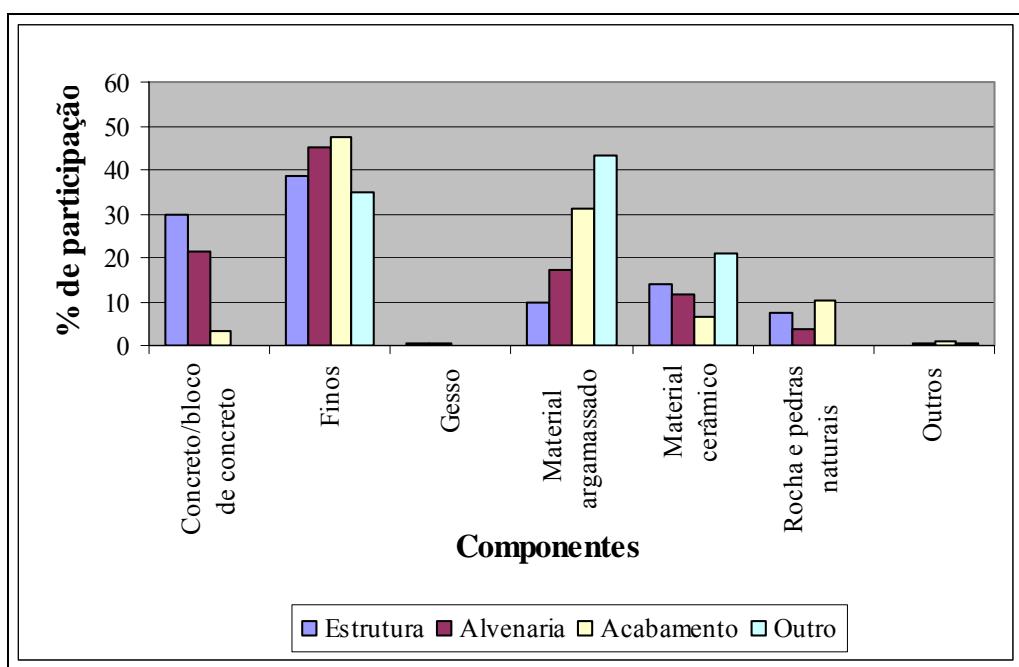


Figura 5.27 – Participação dos materiais componentes em função da etapa construtiva.

Com exceção do que ocorre em “outro – reforma fachada”, nas outras três etapas de construção a participação dos finos é superior à participação de todos os demais componentes listados. Calculando a média de participação deste componente em relação às etapas construtivas definidas, cujo valor é de aproximadamente 42%, conclui-se que quase a metade do entulho recolhido nos canteiros de obras é constituída por partículas classificadas como miúdas, com diâmetro máximo equivalente inferior a 4,8mm, conforme definição dada ao componente finos na subseção 3.1.4.4.

O que pode ser observado, em linhas gerais, é que a presença de certo componente e sua porcentagem de participação em uma ou mais etapas de construção é fortemente condicionada pelo tipo e características do material empregado. Para a etapa de construção

alvenaria, por exemplo, o tipo de bloco de vedação escolhido para a execução das alvenarias irá condicionar a participação de certos componentes. Se as alvenarias forem executadas com blocos cerâmicos, a tendência seria que o componente material cerâmico predominasse nesta etapa; em contrapartida, se as alvenarias forem executadas com blocos de concreto, o componente com maior participação provavelmente seria concreto/bloco de concreto.

Assim, a ocorrência e a quantidade de um componente qualquer no volume de RSCD gerado serão condicionadas mais fortemente pelo tipo de material escolhido e, de forma secundária, pela etapa construtiva em que se encontra o canteiro.

#### **5.1.4 – Difratometria**

Os resultados dos ensaios de espectrometria de raios-x das amostras de RSCD coletadas podem ser visualizados nas Figuras de 5.28 a 5.44.

Observa-se que o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) é o único mineral que ocorre em todas as amostras e sempre em grande intensidade. A presença marcante deste mineral pode estar associada ao emprego de certos materiais que o contém, como é o caso da areia. Por ser usualmente utilizada na fabricação e/ou preparo de materiais e componentes, como blocos de vedação, argamassas de assentamento e de revestimento, concretos e muitos outros, que são empregados em todas as etapas de uma construção, é que a areia, e consequentemente o quartzo aparece em 100% das amostras.

A calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), a portlandita ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), a dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) e a ilita ( $\text{KH}_3\text{OAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ ) são os outros minerais com presença comum, sendo encontrados na maioria das amostras, apesar de não estarem presentes em todas elas.

Avaliando os minerais por etapa construtiva, percebe-se que alguns deles ocorrem de forma bem particularizada. Assim, pode-se destacar que:

- Quartzo e rutila ( $\text{TiO}_2$ ) são os minerais que ocorrem em todos os canteiros cuja etapa construtiva predominante é acabamento;

- Quartzo e calcita são os minerais que ocorrem em todos os canteiros cuja etapa construtiva predominante é alvenaria;
- Quartzo e ilita são os minerais que ocorrem em todos os canteiros cuja etapa construtiva predominante é estrutura;

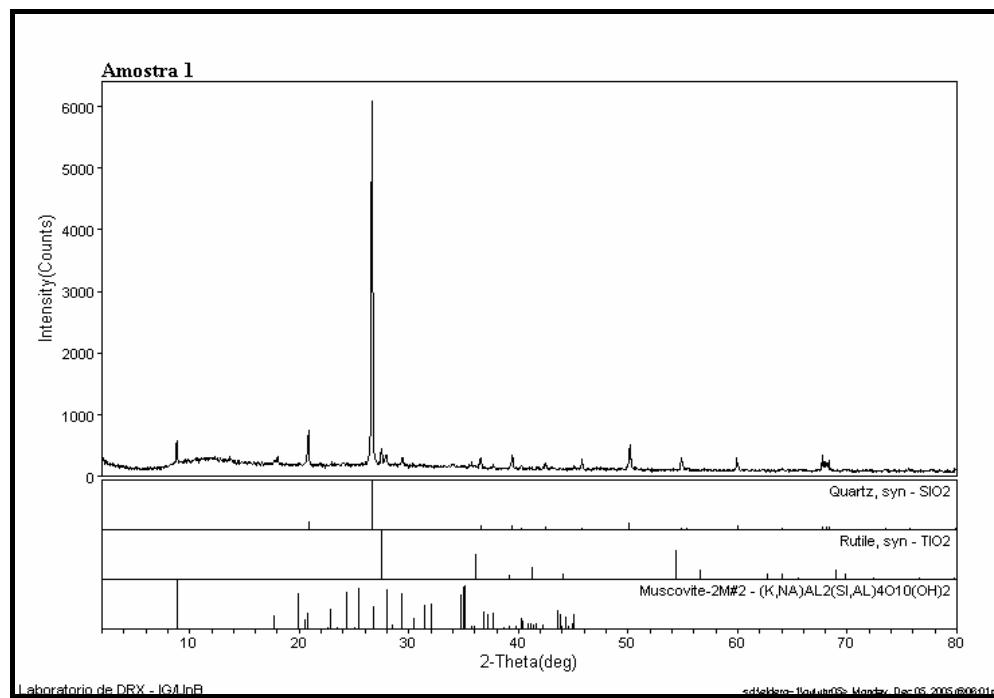


Figura 5.28 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-1/CO-1.

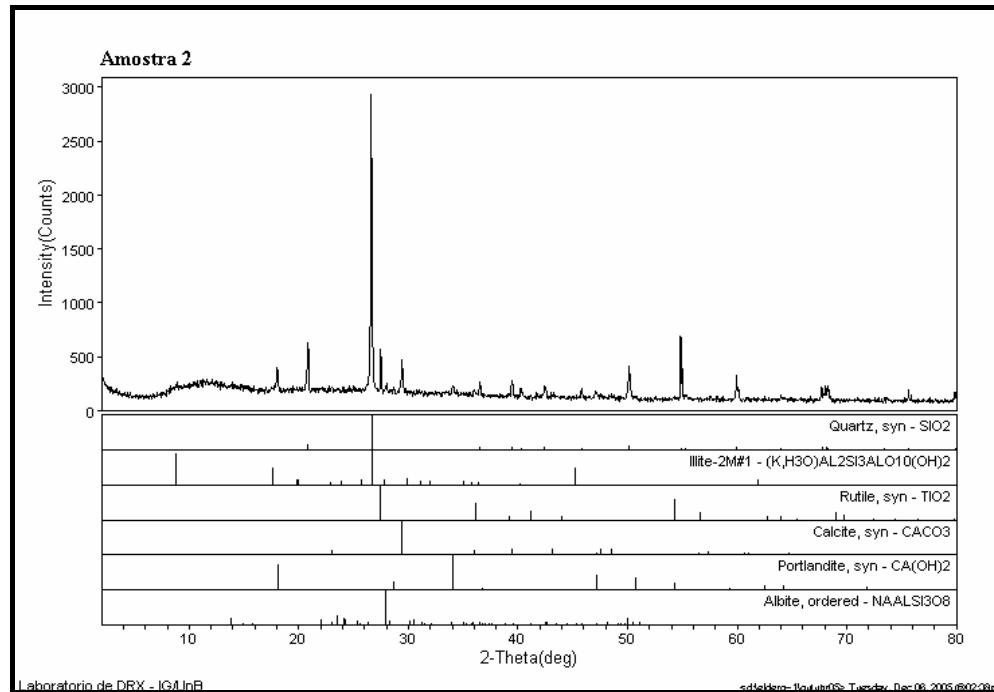


Figura 5.29 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-1/CO-2.

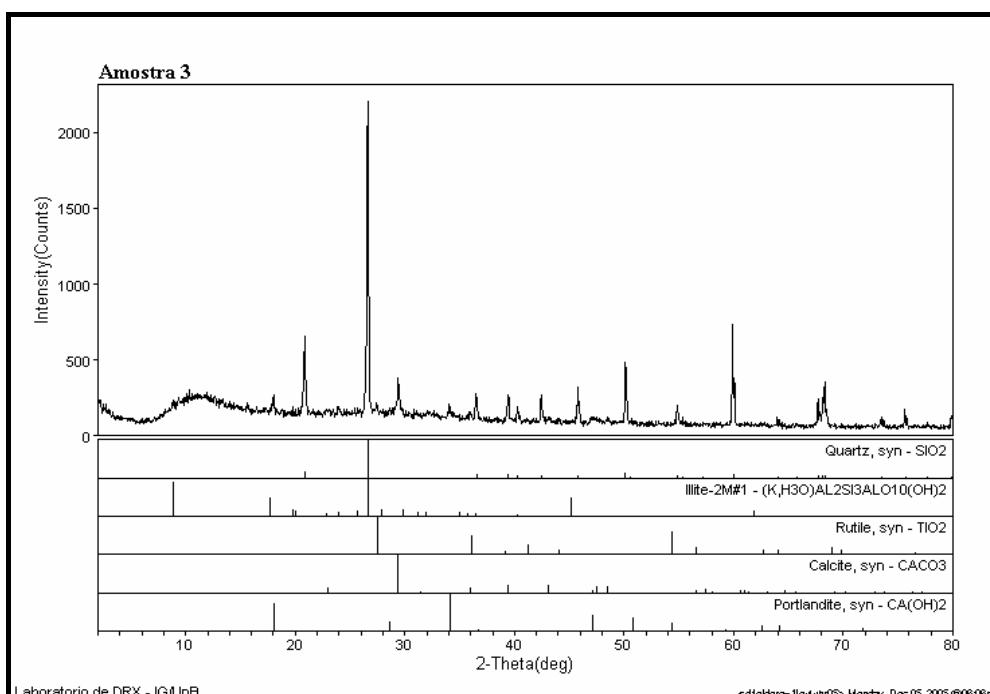


Figura 5.30 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-2/CO-1.

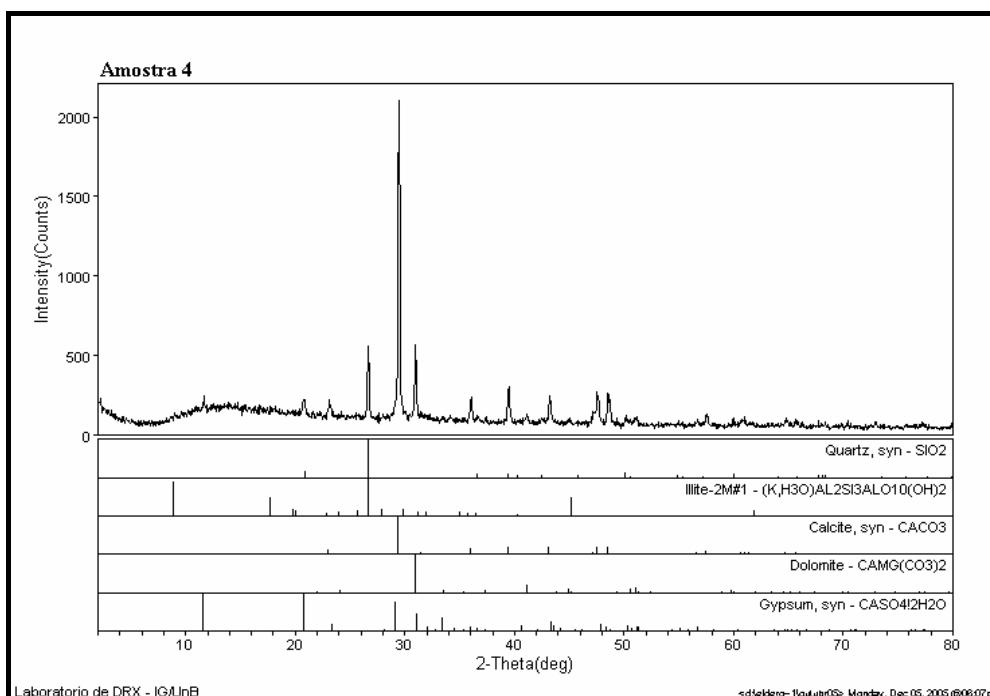


Figura 5.31 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-2/CO-2 (A).

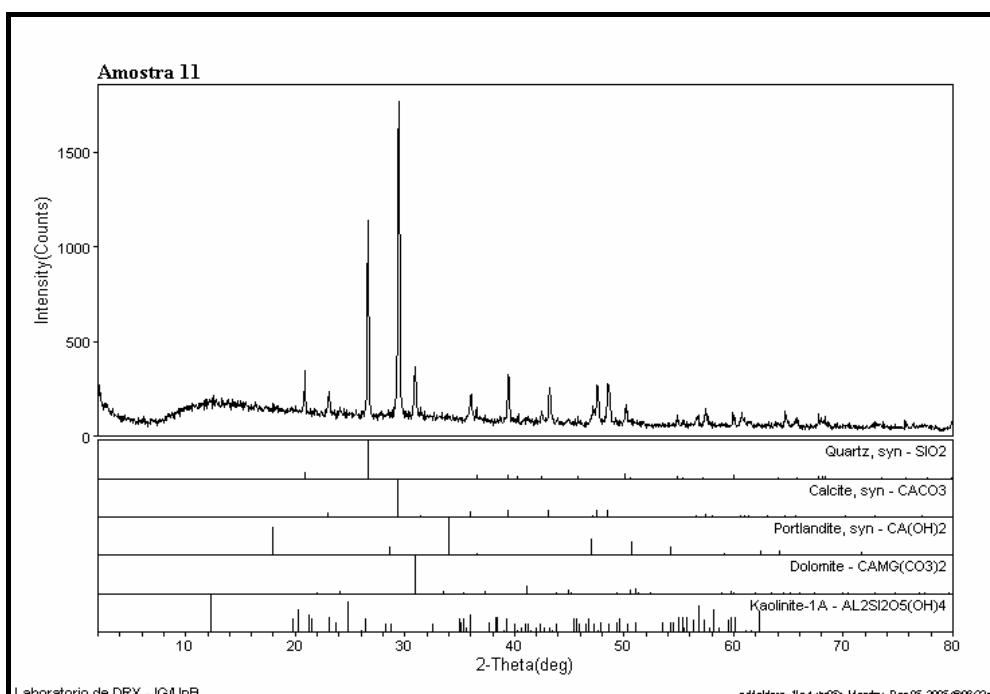


Figura 5.32 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-2/CO-2 (B).

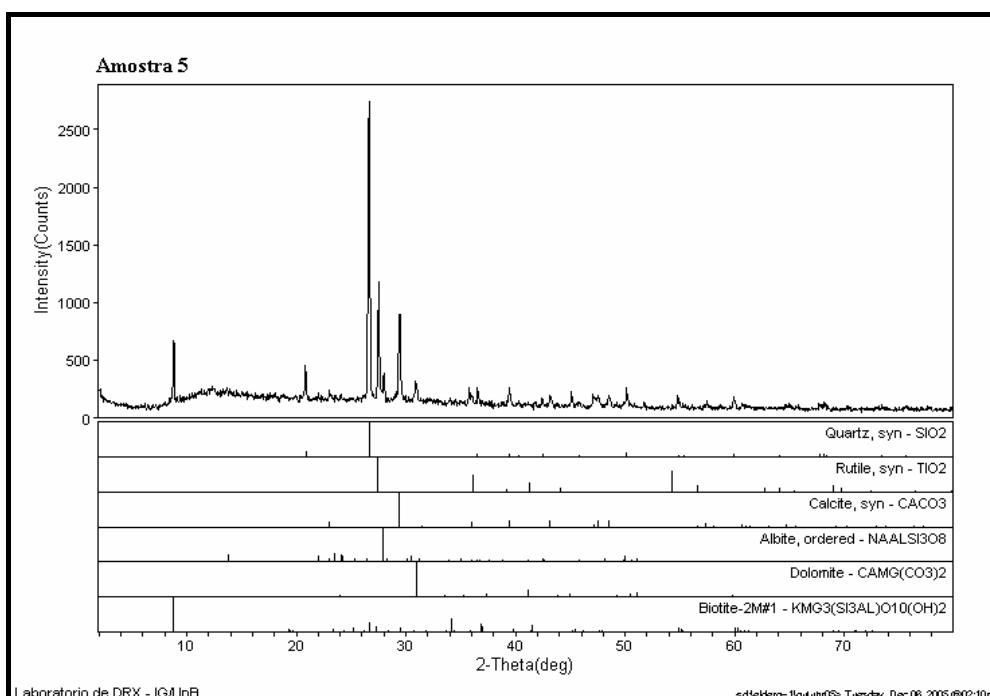


Figura 5.33 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-1.

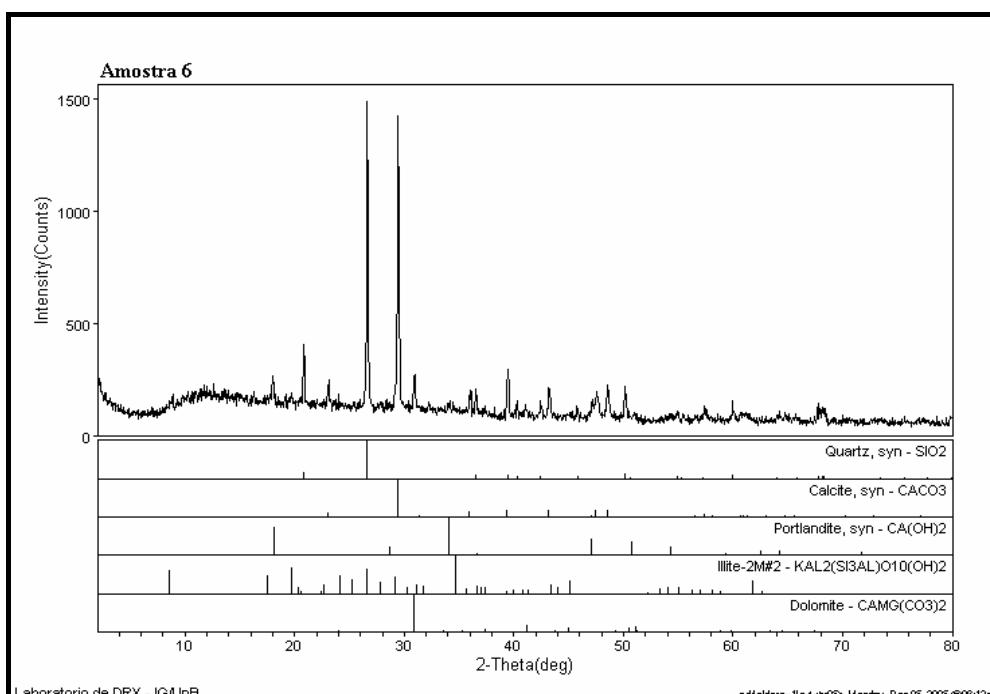


Figura 5.34 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-2.

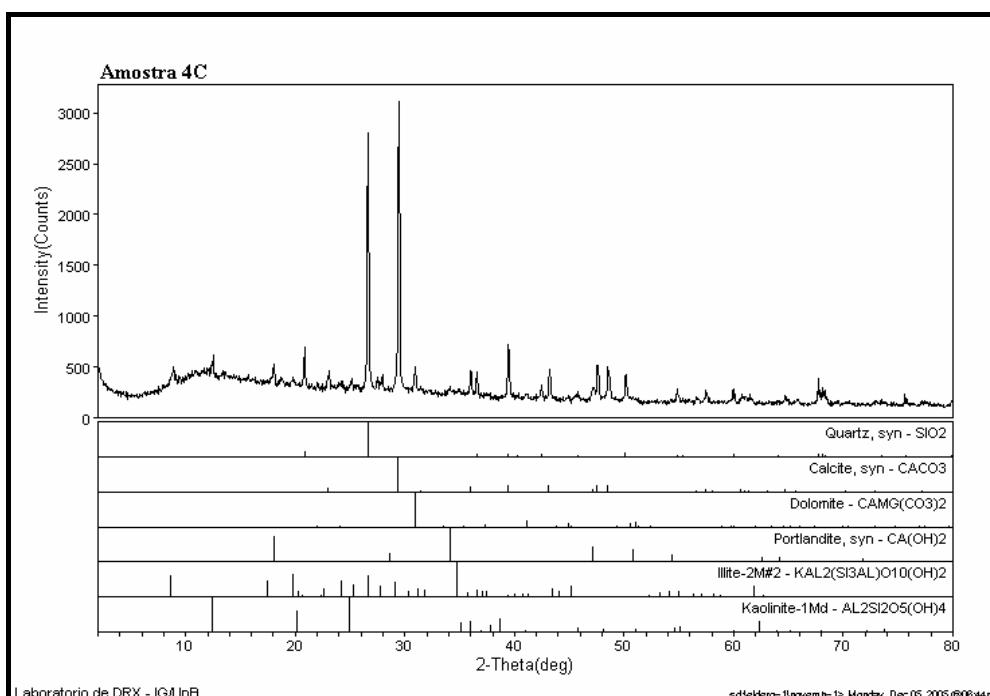


Figura 5.35 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-3 (A).

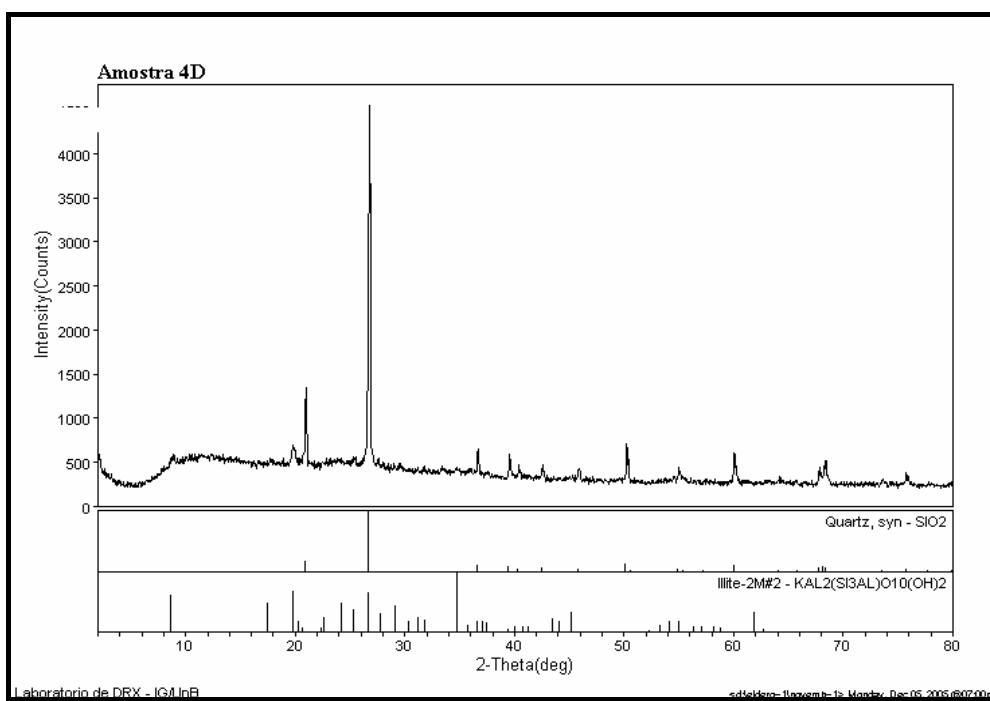


Figura 5.36 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-4/CO-3 (B).

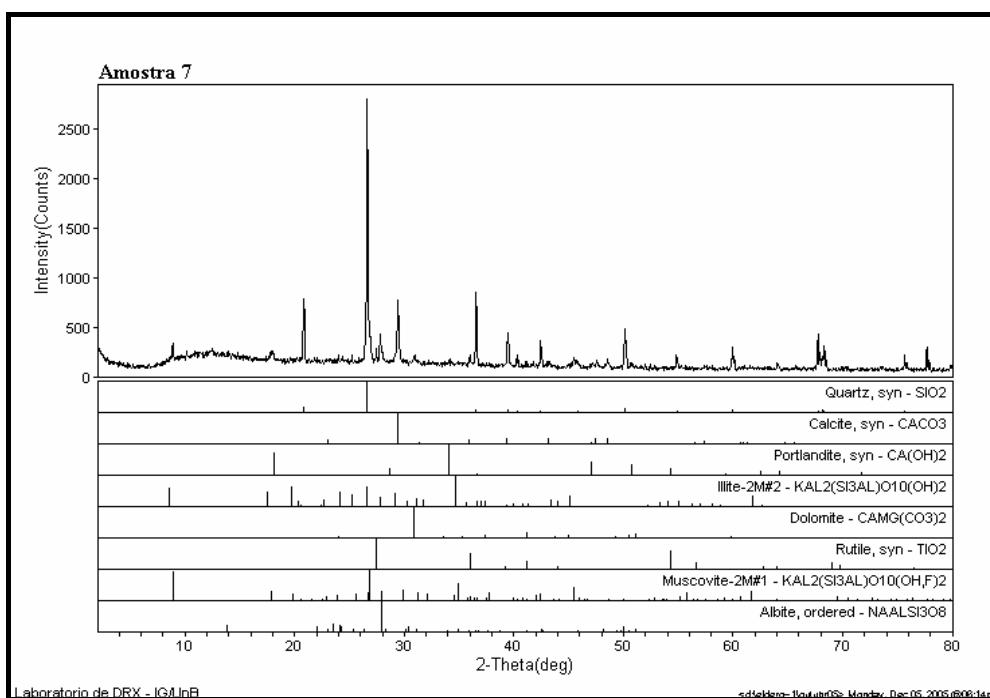


Figura 5.37 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-5/CO-1.

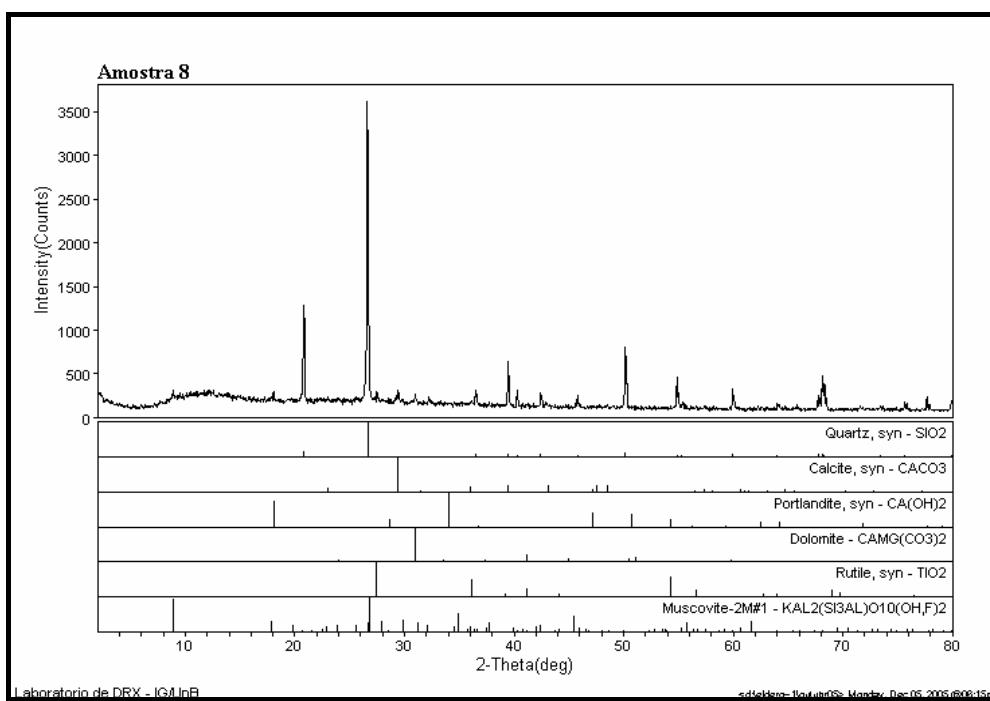


Figura 5.38 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-7/CO-1.

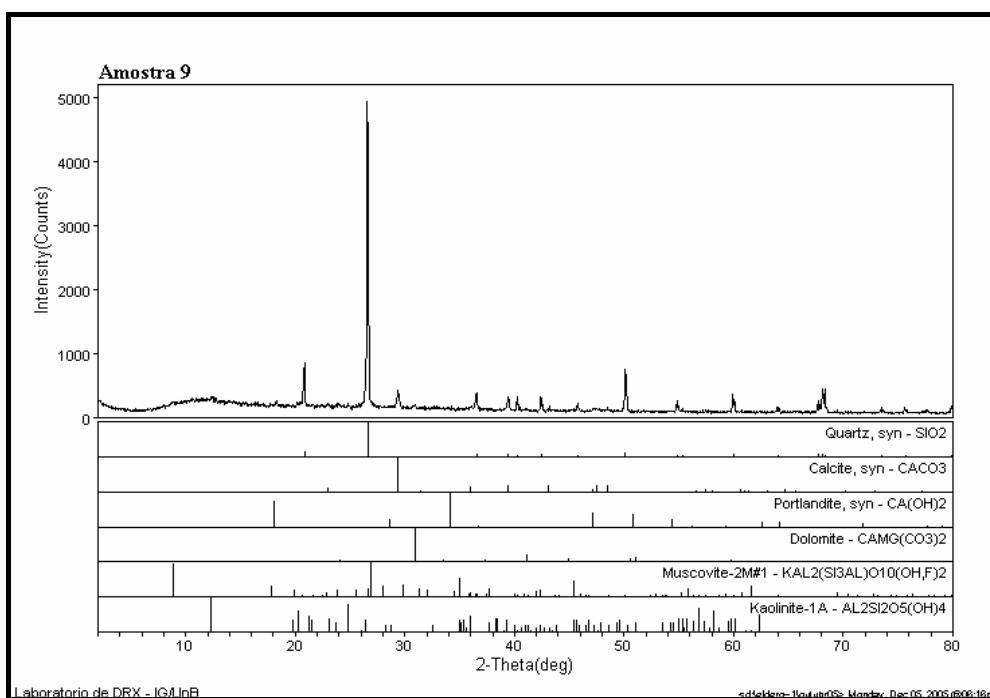


Figura 5.39 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-8/CO-1.

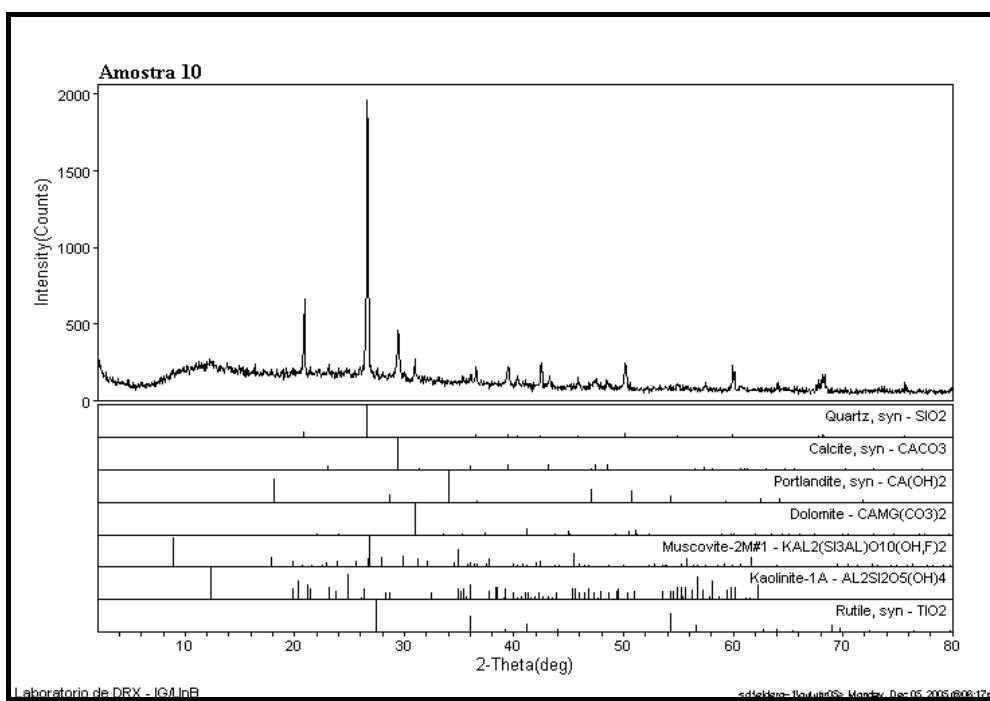


Figura 5.40 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-9/CO-1.

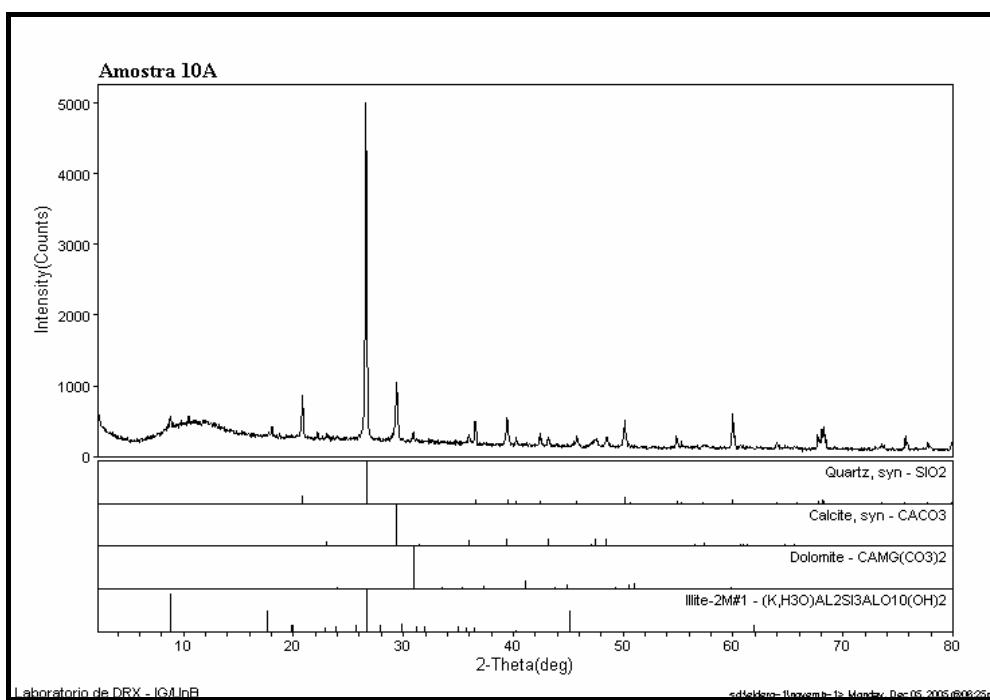


Figura 5.41 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-10/CO-1 (A).

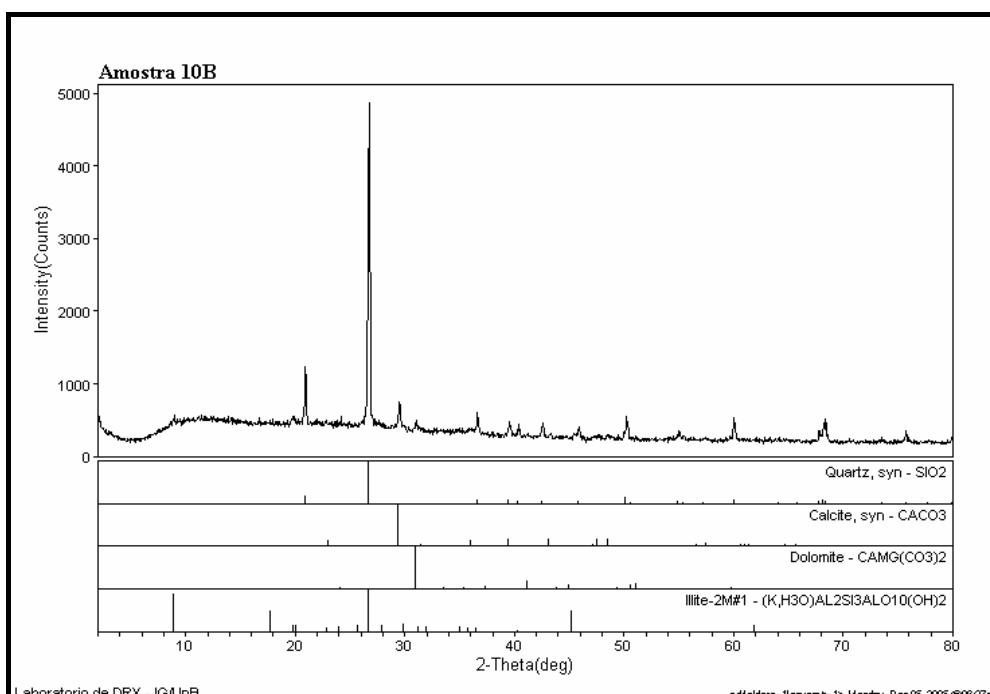


Figura 5.42 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-10/CO-1 (B).

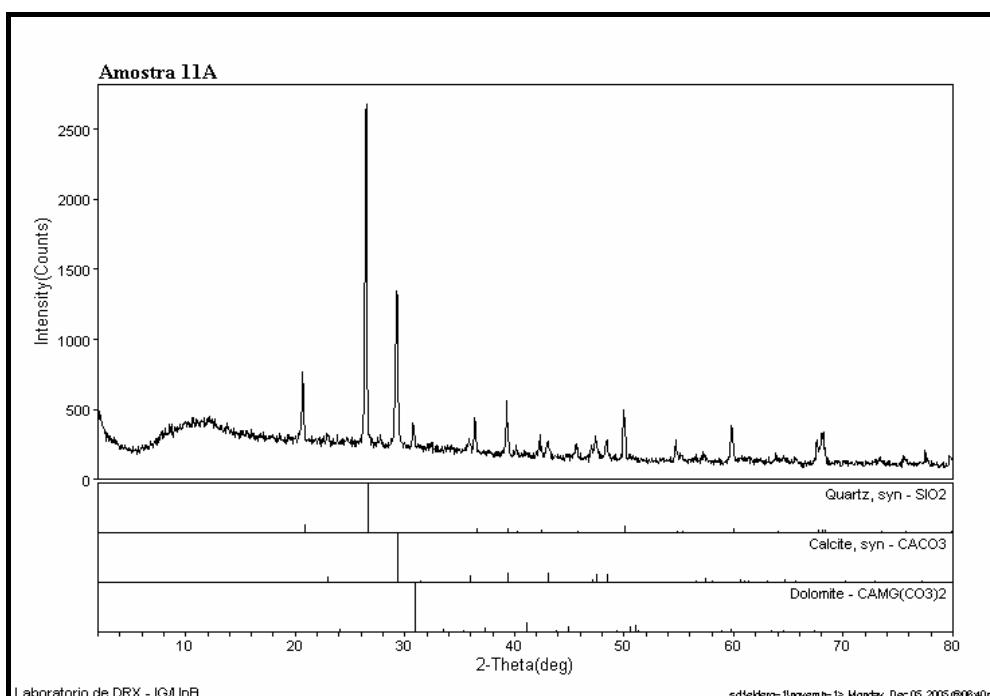


Figura 5.43 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-11/CO-1 (A).

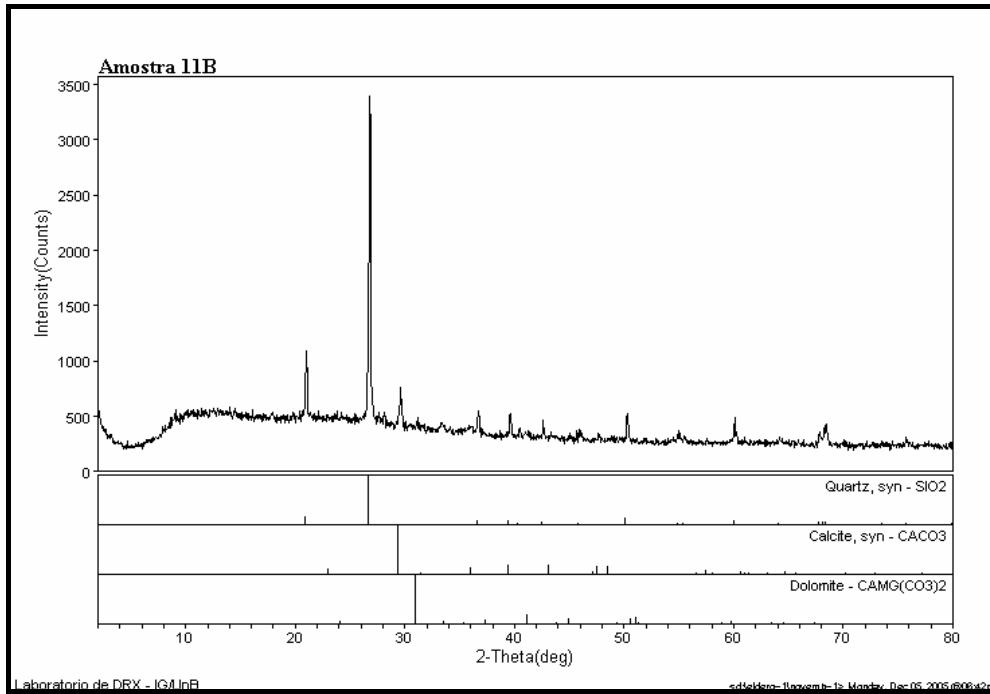


Figura 5.44 – Resultado do ensaio de difratometria da amostra EC-11/CO-1 (B).

- Quartzo, calcita e dolomita são os minerais que ocorrem em todos os canteiros cuja etapa construtiva predominante é outro (reforma fachada);
- Biotita ( $KMg_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$ ) e albita ( $NaAlSi_3O_8$ ) são os minerais que só ocorrem nos canteiros cuja etapa construtiva predominante é acabamento;
- Muscovita ( $KNaAl_2(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$ ) é o mineral que só ocorre nos canteiros cujas etapas construtivas predominantes são acabamento e outro (reforma de fachada).
- Gipsita é o mineral que só ocorre nos canteiros cujas etapas construtivas predominantes são alvenaria e estrutura.

Avaliando as amostras que tiveram os componentes separados em duas amostras parciais, de modo a concentrar em uma delas os materiais com presença marcante de aglomerantes e na outra, materiais com presença marcante de argilo-minerais, percebe-se que:

- Comparando EC-2/CO-2 (A) e EC-2/CO-2 (B): os minerais quartzo, calcita e dolomita estão presentes em ambas; no entanto, os minerais ilita e gipsita só aparecem em EC-2/CO-2 (A), enquanto que portlandita e caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) só aparecem em EC-2/CO-2 (B);

- Comparando EC-4/CO-3 (A) e EC-4/CO-3 (B): os minerais quartzo e ilita estão presentes em ambas; no entanto, calcita, dolomita, portlandita e caulinita só aparecem em EC-4/CO-3 (A).
- Comparando EC-10/CO-1 (A) e EC-10/CO-1 (B): não houve distinção; os minerais que ocorreram na primeira amostra também ocorreram na outra.
- Comparando EC-11/CO-1 (A) e EC-11/CO-1 (B): não houve distinção; os minerais que ocorreram na primeira amostra também ocorreram na outra.

Apesar dos difratogramas mostrados relacionarem os minerais presentes nas amostras de RSCD coletadas, estes mesmos minerais podem estar associados a determinadas substâncias ou fases que podem apresentar propriedades estáveis ou não. Algumas substâncias podem reagir com determinados elementos ou mesmo com o meio ambiente, sofrendo alterações alotrópicas e alterações de volume, provocando reações álcali-agregados.

Em algumas amostras, principalmente naquelas originadas em canteiros cujas etapas construtivas predominantes são estruturas e alvenaria, foram identificadas formas de óxidos e carbonatos, como a exemplo do verificado nos minerais rutila ( $TiO_2$ ) e calcita. Segundo John e Rocha (2003), certas formas de óxidos, como o CaO encontrado nas fases alotrópicas do  $C_2S$ , são potencialmente expansivas. Em materiais de propriedades cerâmicas, por exemplo, o periclásio pode vir a ser encontrado na análise difratométrica. Este, quando associado à forma MgO, pode vir a gerar expansões intensas, o que pode trazer graves problemas.

Outros minerais identificados, como a portlandita e a caulinita, quando ocorrem sob a forma de certos hidróxidos, podem gerar certas propriedades aglomerantes. Assim, agregados reciclados de amostras de entulho contendo tais minerais podem possibilitar a redução do consumo de cimento ou outros aglomerantes, uma vez que possuem propriedades cimentantes por si só (JOHN, V. M; ROCHA, J. C., 2003).

Algo que deve ser evidenciado sobre a recente discussão é a importância da realização das investigações difratométricas. Os ensaios de difratometria possibilitam identificar, além das estruturas cristalinas, fases mal cristalizadas e cripto-cristalinas, que passariam despercebidos se a caracterização estivesse limitada exclusivamente a ensaios químicos.

Quando, pois, estes ensaios são realizados conjuntamente com o primeiro, as possibilidades de uma melhor caracterização do entulho são maiores.

## **6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Este capítulo apresenta as conclusões finais sobre os assuntos tratados nos capítulos quatro e cinco, enfocando as análises físicas e microestrutural realizadas a partir dos ensaios laboratoriais feitos, bem como as informações obtidas das investigações sobre a atual gestão de RSCD em Brasília e no Distrito Federal.

### **6.1 – CONCLUSÕES**

Ao fim deste trabalho, tomando por base os resultados dos ensaios laboratoriais realizados e os dados obtidos das investigações na municipalidade, pode-se afirmar que a atual gestão de RSCD precisa ter suas ações, predominantemente de caráter corretivo, substituídas por outras, de caráter integrado e diferenciado. O ponto inicial pode estar na implantação do plano integrado de gerenciamento de resíduos sólidos, e em particular, na implantação do PIGRCC.

Conforme mencionado nos capítulos anteriores, apesar de estarem ocorrendo mudanças, ainda há muito a ser feito. As intenções de se implantar um novo aterro sanitário na região administrativa de Samambaia, necessário em vista da atual situação do aterro controlado do Jóquei Clube (com sua atual capacidade quase esgotada), não substitui ou elimina a necessidade de implantação de aterros próprios para a disposição do entulho classe A (conforme exige a resolução nº. 307 do CONAMA). Além destes, áreas de armazenamento temporário de entulho, tais como as áreas de transbordo e triagem em processo de implantação, precisam ser pensadas. Estas devem ser distribuídas em pontos geograficamente estratégicos, abrangendo todas as regiões administrativas do DF, em quantidade e com capacidade adequada conforme o local a ser implantado. Em contribuição, pode ser citado o trabalho de Andrade (1999), que, por meio do uso de sistemas de identificação geográfica, identificou áreas potenciais para implantação de aterros sanitários no DF.

Conforme apresentado neste trabalho, há uma quantidade diária de entulho gerada em todo o Distrito Federal da ordem de 5.500 toneladas, sendo que mais de 50% deste total é passível de reutilização ou mesmo reciclagem. Pode-se afirmar, portanto, que uma imensa massa de resíduos está sendo desperdiçada. Mesmo havendo duas “mini-usinas” de

beneficiamento de RSCD em Brasília, elas são incapazes de beneficiar este volume diário de entulho gerado, além do que, quase que a totalidade deste chega misturado. A separação na fonte, um dos principais itens do PGRCC, precisa ser implantada em todos os canteiros de obras da cidade, a fim de facilitar o processo de reciclagem. Dos catorze canteiros selecionados, apenas os das empresas EC-1, EC-6 e EC-7 realizavam a separação. Algumas outras empresas concordaram em quantificar separadamente as classes de RSCD geradas durante a fase de pesquisa, não havendo, no entanto, o interesse de realizar a segregação nos demais canteiros que possuíam ou mesmo após o término da pesquisa. A pouca importância dada a esta medida, ou mesmo a falta de sua aplicação, talvez se justifique pelo desconhecimento da existência da própria resolução nº. 307 do CONAMA pela maioria dos engenheiros entrevistados. Ainda, a maioria dos que responderam conhecer a referida resolução, afirmam que nunca a leram ou pouco sabem de suas determinações.

Neto (2005) afirma que durante todo o período de construção, pode se definir uma porcentagem de geração de RSCD ao longo das etapas construtivas realizadas, conforme mostra a Figura 6.1.

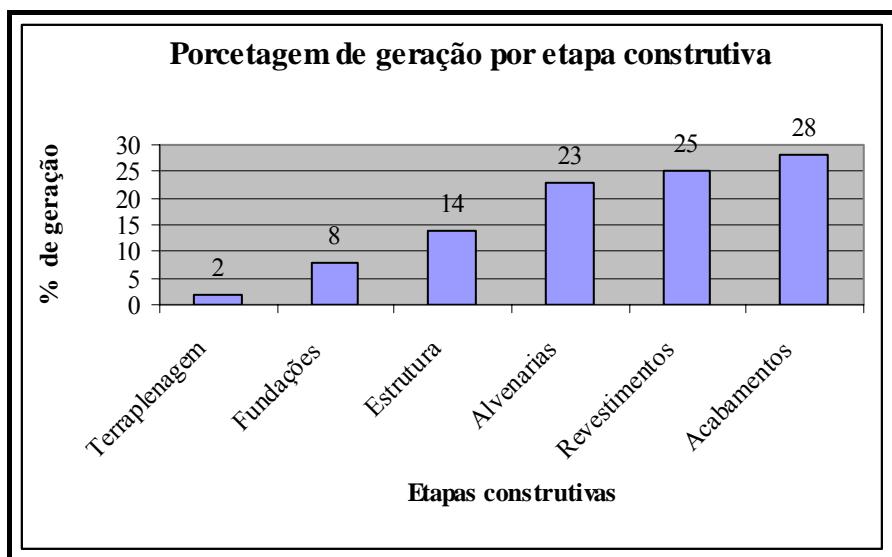


Figura 6.1 – Porcentagem de geração de RSCD por etapa construtiva.

Segundo a figura anterior, mais de 70% do total de RSCD gerado em canteiros de obras ocorre nas etapas de alvenaria, revestimento e acabamento, sendo esta última a campeã de geração.

Observa-se, porém, que a porcentagem de resíduo por etapa é variável de acordo com o processo construtivo empregado, bem como, com a localização geográfica, onde influenciam fatores como tipo de fundação executada, a necessidade de rebaixamento do nível do terreno, dentre outros. Em Brasília, por exemplo, é comum a execução de pavimentos no sub-solo, o que exige a escavação de um considerável volume de terra. Assim, as porcentagens associadas às etapas de terraplenagem e fundações na figura anterior, provavelmente seriam maiores, e por conseguinte, as porcentagens das demais etapas diminuiriam, para este caso.

Quanto à participação de cada classe de RSCD em relação ao volume total de entulho produzido nos canteiros de obras, percebe-se, na Figura 6.2, que mais de 50% do seu total pode ser submetido à reciclagem primária e secundária. A grande maioria dos componentes pertencentes à classe A (com uma participação de 33%), e boa parte dos componentes da classe B (com participação de 13%), além de uma considerável parcela dentro da classe “misturado” que pode vir a ser reciclada se devidamente segregada, podem ser diretamente reutilizados ou reciclados e empregados dentro do próprio canteiro de obras. É importante ressaltar que as porcentagens mostradas foram obtidas com base no volume gerado. Se as representarmos em termos de massa, os valores podem sofrer consideráveis modificações. Com uma razoável precisão, pode-se considerar que a massa específica dos componentes da classe A é cerca de duas vezes superior ao da classe B, dependendo dos componentes presentes em cada uma delas. Assim, chegar-se-ia a um percentual de participação da classe A, frente à massa total gerada, de aproximadamente 60%, índice que se aproxima dos valores apresentados por pesquisadores como Pinto (1999) e Carneiro, *et al.* (2001). Valores mais precisos sobre a participação de cada classe na composição total do entulho gerado poderão ser obtidos a partir da implantação das atividades de segregação e coleta diferenciada nos canteiros de obras.

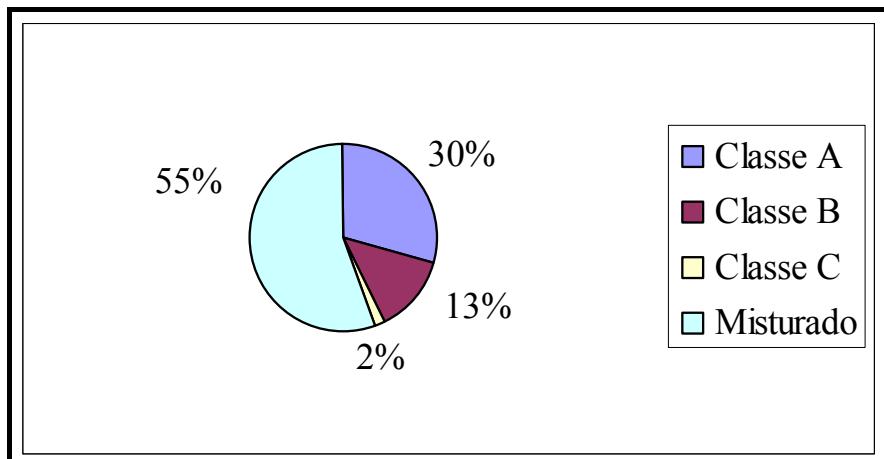


Figura 6.2 – Participação das classes de RSCD (em termos de volume).

É certo que a participação de uma dada classe de RSCD na quantidade total de entulho gerada irá depender da etapa construtiva em que se encontra a obra mas, dentro desta mesma etapa, a geração pode ainda ser influenciada pelos materiais e técnicas construtivas empregados. Apesar da influência dos materiais e técnicas construtivas na geração de RSCD não ter sido abordada com mais afinco neste trabalho, a influência causada por estes parâmetros talvez justifique a significativa diferença na média de geração diária de RSCD entre os canteiros EC-5/CO-1 e EC-7/CO-1 (que foi de 10,81 m<sup>3</sup>/dia e 1,76 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente), bem como os diferentes componentes identificados (e suas respectivas porcentagens).

Apesar de terem sido encontrados diferentes componentes dentre as classes de RSCD, e naqueles componentes comuns, terem ocorrido diferentes porcentagens de participação, uma média pôde ser calculada, obtendo-se o gráfico apresentado na Figura 6.3.

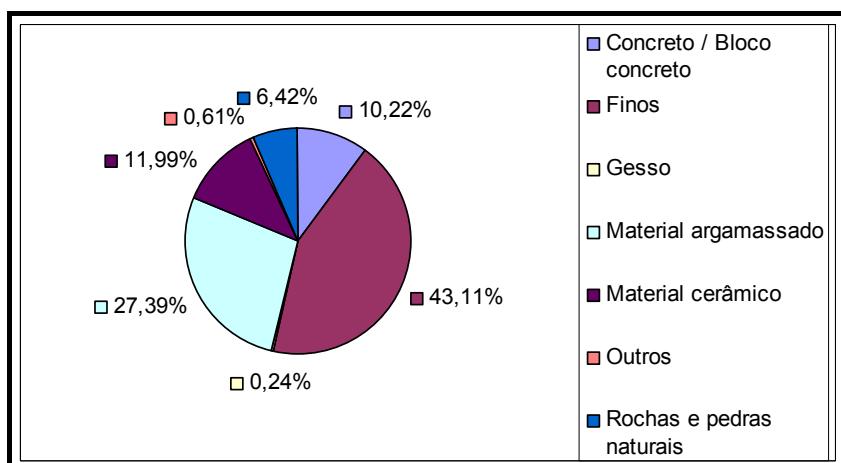


Figura 6.3 – Participação média dos componentes (em termos de volume).

Em estudo semelhante, Zordan (1997) obteve as seguintes porcentagens de participação: 37,4% de argamassa, 21,1 % de concreto e 20,8% de materiais cerâmicos não polidos.

Com exceção dos componentes gesso e outros, todos os demais podem ser reincorporados à construção civil mediante processos de reutilização e reciclagem. Estes componentes, que juntos somam 99% de participação no volume total de entulho produzido, quando não apresentam nenhuma restrição física, química ou microestrutural, podem ser convertidos em agregados reciclados com grandes possibilidades de aplicação. A alta porcentagem de finos leva a refletir também sobre a aplicação direta deste componente, sem a necessidade de submetê-lo a processos de beneficiamento, o que incorreria em minimização da energia gasta para beneficiar o RSCD gerado na municipalidade.

A realização do ensaio de granulometria, além de revelar a inexistência de uma curva padrão característica associada a cada etapa construtiva, mostra que o simples peneiramento da amostra, sem ter que submetê-la a qualquer processo de britagem ou moagem, fornece material com granulometria, forma e textura que possibilitam sua aplicação como agregado reciclado (ver Fotografias 6.1 a 6.3). Isto, claro, não dispensa a realização de estudos mais detalhados, além dos que foram realizados, a fim de que se constate o atendimento de certas condições físicas, químicas e microestruturais.

Os resultados dos ensaios de difratometria identificaram os principais minerais que estão usualmente presentes nos materiais comumente empregados nas obras de construção civil. Os minerais identificados, a princípio, não trazem nenhuma restrição de uso, podendo o entulho ser reciclado e reincorporado à cadeia produtiva da construção civil, caso as condições citadas no parágrafo anterior também sejam atendidas.



Fotografia 6.1 – Componentes da amostra de RSCD coletada em EC-1/CO-2.



Fotografia 6.2 – Componentes do grupo “finos” da amostra de RSCD coletada em EC-8/CO-1.



Fotografia 6.3 – Componentes da amostra de RSCD coletada em EC-4/CO-2.

É importante ressaltar aqui que, para uma caracterização completa dos RSCD, a fim de se indicar suas verdadeiras potencialidades de uso, seria necessário determinar (ROCHA, J. C.; JOHN, V. M., 2003):

- A composição química do resíduo de forma quantitativa, por técnicas gravimétricas por via úmida, fluorescências de raios X, ICP, de forma completa, uma vez que teores na faixa do ppb (partes por bilhão) pode ser um fator de preocupação para algumas substâncias;
- Suas características microestruturais (arranjo atômico, fases cristalinas, teor de vidro, teor e natureza dos voláteis, etc.) por técnicas como difração de raios X, termogravimetria, calorimetria de varredura, microscopia eletrônica de varredura, incluindo microanálises químicas;
- As características físicas, como massa específica real, granulometria, porosidade (por intrusão de mercúrio ou absorção de líquidos), eventualmente as características mecânicas, além da caracterização ambiental;

- Outras características relevantes, como poder calorífico, condutividade térmica, radioatividade, etc.

## **6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestões para trabalhos futuros, visando ampliar os conhecimentos acerca da atual gestão de RSCD e acerca das características do entulho em estado *in natura* e depois de beneficiado, propõem-se:

- Estudo de alterações/melhorias na estrutura do sistema de limpeza urbana, mas especificamente na coleta, transporte e disposição do RSCD, de madeira a integrar todas as ações e os diversos geradores, atribuindo as responsabilidades de cada parte (setor público e setor privado);
- Estudo da implantação de aterros destinados ao recebimento exclusivo do RSCD classe A, em quantidade e localização adequadas ao volume de entulho gerado diariamente em todo o Distrito Federal;
- Estudo da implantação de áreas para recebimento voluntário de pequenos volumes de RSCD, em quantidade e localização adequadas ao volume de entulho gerado diariamente em todo o Distrito Federal;
- Estudo da implantação de usinas de beneficiamento de RSCD em complementação ou substituição às mini-usinas existentes, em quantidade, localização e com capacidade produtiva que permitam a reciclagem de todo o volume de RSCD capaz de ser reaproveitado;
- Estudo da necessidade de adaptações nas determinações da resolução nº. 307 do CONAMA, uma vez que julga-se necessária uma separação mais criteriosa dos RSCD, diferenciando-os não exclusivamente nas classes A, B, C e D, mas, diferenciando importantes componentes dentro de uma mesma classe, que tenha aplicação bem definida (como os restos de concreto e de certas rochas na produção de concretos de agregado reciclado);
- Estudo de formas diferenciadas de coleta, por etapa construtiva, priorizando a triagem dos componentes típicos de cada uma delas, de forma que não se misturem componentes mais nobres ou de uso específico a outros que possam impor restrições ao seu uso;

- Fabricação de matérias-primas e componentes, com substituição parcial ou total do agregado convencional por agregado reciclado, a serem usados novamente na cadeia produtiva da construção civil;
- Estudo técnico e econômico do emprego destas novas matérias-primas e componente reciclados de RSCD frente ao uso dos materiais tradicionais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMORIM, V. P. **Resíduos sólidos urbanos – O problema e a solução.** Brasília: Roteiro Editorial LTDA, 1996. 1 v. 280 p.

ANDRADE, F. S. **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na Identificação de Áreas Potenciais para Instalação de Aterros Sanitários no Distrito Federal.** Brasília, 1999, 131 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados.** São Paulo, 2000, 155p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004/2004. **Resíduos sólidos: classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007/2004. **Amostragem de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.980/1993. **Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.216/1987. **Amostragem de agregados.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.217/1987. **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.251/1982. **Agregados em estado solto – Determinação da massa unitária.** Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.941/1987. **Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53/2003. **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NRB 14656/2001. **Cimento Portland e matérias-primas - Análise química por espectrometria de raio x: método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2001.

BELACAP – Serviço de Ajardinamento e Limpeza Urbana. Portal oficial do governo do Distrito Federal. Infra-estrutura física da BELACAP-DF. Disponível em: <[http://www.belacap.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD\\_CHAVE=4122](http://www.belacap.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=4122)>. Acesso em: 30 de março de 2005.

**BLUMENSCHEN, R. N. A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção.** Brasília, 2004, 249 p. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília.

**BRASIL, Leis. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA.** RESOLUÇÃO nº. 307, de julho de 2002.

**BRASIL.** Constituição (1988). Art. 255 da Constituição Federal, Da ordem social e do Meio Ambiente. Brasília, 1990.

**BRASIL.** Lei nº. 10.311, de 12 de maio de 1999. Institui o selo verde para empresas que executam programas de reciclagem e preservação do meio ambiente. São Paulo, 1999. Disquete 3<sup>1/2”</sup>.

**BRASIL.** Lei nº. 3.224, de 02 de dezembro de 2003. Institui a política de gestão de reciclagem de resíduos sólidos e dá outras providências. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.mpdft.gov.br/ASSJUR/ldf/ldf.htm>>. Acesso em: 20 de abril de 2005.

**BRASIL.** Lei nº. 3.234, de 3 de dezembro de 2003. Institui a política de gestão de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil e dá outras providências. Brasília-DF, 04 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.mpdft.gov.br/ASSJUR/ldf/ldf.htm>>. Acesso em: 10 de abril de 2005.

**BRASIL.** Lei nº. 3.517, de 27 de dezembro de 2004. Institui a coleta seletiva no Distrito Federal e dá outras providências. Brasília-DF, 28 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.mpdft.gov.br/ASSJUR/ldf/ldf.htm>>. Acesso em: 10 de abril de 2005.

**BRASIL.** Lei nº. 462, de 22 de junho de 1993. Dispõe sobre a reciclagem de resíduos sólidos e dá outras providências. Brasília, 1993. Disponível em: <<http://www.mpdft.gov.br/ASSJUR/ldf/ldf.htm>>. Acesso em: 20 de abril de 2005.

**BRASIL.** Lei nº. 9.605, de 13 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Brasília, 1998. Disquete 3<sup>1/2”</sup>.

**CALDERONI, Sabetai.** **Os bilhões perdidos no lixo.** 4 ed. São Paulo: Humanitas editora / FFLCH/ USP, 2003.

**CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S.** **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção – Projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

**CARNEIRO, F. P.; MELO, A. B.; BARKOKÉBAS, B. Jr.; SOUZA, C. M.** Resíduos de construção e demolição na região metropolitana do Recife – RMR: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais eletrônicos.** 1 CD-ROM.

**CASTRO, C. A. A.; SCHALCH, V.; FERNANDES, J. L.; LEITE, W. C. A.** Caracterização Física e Granulométrica dos Entulhos Gerados na Construção Civil na Cidade de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1999. Florianópolis. **Anais Eletrônicos**. 1 CD-ROM.

CIB. Agenda 21 para a Construção Sustentável. Tradução de: **Agenda 21 on sustainable construction**. CIB Report Publication 237. EPUSP-USP. São Paulo, 2000, 131 p.

COMISSAO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO-CMMAD. Relatório Brundtland: Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

COSTA, J. F. Curso de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Natal, março 2005. CD-ROM.

DACOL, S. **O potencial tecnológico da indústria da construção civil: uma proposta de modelo**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

FERREIRA, A. B. H. **O novo dicionário Aurélio – Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira Editora, 2000. CD-ROM.

GRIGOLI, A. S. Resíduo de construção civil utilizado como material de construção civil no local onde foi gerado. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2000. São Paulo. **Anais eletrônicos**. 1 CD-ROM. São Paulo: IBRACON, 2000.

HENDRIKS, CH. F.; PIETERSEN, H. S. **Sustainable raw materials: construction and demolition waste**. Report 22. France: RILEM / Publications s.a.r.l., 2000.

HENDRIKS, CH. F., MIJKERK, A. A., VANEOPPEN, A. E. **The Building Cycle**. A&E Anea Techinical Publications. Netherlands, 2000, 223p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão/ Departamento de População e Indicadores Sociais, 397 p. 2000.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCHES AND INOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - CIB. **Agenda 21 para construção sustentável**. São Paulo: ed. De G. Weinstock, D. M. Weisntock, 2000. (Tradução do relatório CIB – Publicação 237, por I. Gonçalves e T. Weinstock).

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000, 102 p. Tese (Livre docência). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

JOHN, V. M.; ROCHA, J. C. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 2003. Anais, Coleção Habitare, v. 1. Porto Alegre, 2003.

LAURITZEN, E. K. RLEM, Bulletin: Third International RILEM Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. **Materials and structures**. V. 27, nº 169, 1994.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 15 ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

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

NÓBREGA, A. R. S. **Contribuição ao diagnóstico da geração do entulho da construção civil no município de Campina Grande**. Campina Grande, 2002, 110p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

NUNES, K. R. A. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. Rio de Janeiro, 2004. Tese (Doutorado). Departamento de Ciências em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999, 190 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PROGRAMA BRASILEIRO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL. In: CONFERENCIA DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL, Madrid. Anais, 2001. CD-ROM.

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Distrito Federal. Disponível em: <http://www.semarh.df.gov.br/>. Acesso em: 05 de abril de 2005.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico da Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2002. Ministério de Estado das Cidades / Programa de Modernização do Setor Saneamento, 218 p. 2002.

SOIBELMAN, Lúcio. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. Porto Alegre, 1993, 127 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VÁZQUEZ, Enric. In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. C. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001, p. 22 – 25.

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

## **APÊNDICES**

## **APENDICE A – LEIS, RESOLUÇÕES E NORMAS REFERENTES À GESTÃO DE RSU E RSCD.**

- Art. 255 da Constituição Federal (1988). Título VIII – Da Ordem Social, Capítulo VI – Do Meio Ambiente;
- Lei orgânica do Distrito Federal;
- Lei Nº. 41, de 13 de setembro de 1989 – Dispõe sobre a política ambiental do Distrito Federal e dá outras providências;
- Lei Nº. 462, de 22 de junho de 1993 – Dispõe sobre a reciclagem de resíduos sólidos no Distrito Federal e dá outras providências;
- Lei Nº. 1.875, de 15 de janeiro de 1998 – Acrescenta parágrafo único ao art. 5º da lei nº. 462 de 22 de junho de 1993;
- Lei Nº. 3.234 de 02 de fevereiro de 2003 – Institui a política de gestão de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil e dá outras providências;
- Lei Nº. 3.517, de 27 de dezembro de 2004 – Dispõe sobre a coleta seletiva no distrito federal e dá outras providências;
- Lei N 9.605, de 15 de fevereiro de 1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº. 1, de 23 de janeiro de 1986 – Critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da avaliação de impacto ambiental;
- Resolução CONAMA nº. 1-A, de 23 de janeiro de 1986 – Dispõe sobre transporte de produtos perigosos em território nacional;
- Resolução CONAMA nº. 2, de 18 de abril de 1996 – Determina a implantação de unidade de conservação de domínio público e uso indireto, preferencialmente Estação Ecológica, a ser exigida em licenciamento de empreendimentos de relevante impacto ambiental, como reparação dos danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas, em montante de recursos não inferior a 0,5 % (meio por cento) dos custos totais do empreendimento.
- Resolução CONAMA nº. 5, de cinco de agosto de 1993 – Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários;

- Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002 – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil.
- NBR 8.419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos;
- NBR 8.849 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos;
- NBR 10.004 – Resíduos Sólidos: classificação;
- NBR 10.007 – Amostragem de resíduos sólidos;
- NBR 11.174 – Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes;
- NBR 12.235 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos;
- NBR 12.980 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos;
- NBR 13.221 – Transporte e resíduos: procedimento;
- NBR 13.463 – Coleta de resíduos sólidos;
- NBR 13.896 – aterro de resíduos não perigosos: critérios para projetos, implantação e operação: procedimento;
- NBR 15.112 – Resíduo sólido de construção civil e resíduos volumosos. Áreas de transbordo e triagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.113 – Resíduo sólido de construção civil e resíduos inertes. Aterros. Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.114 – Resíduo sólido de construção civil. Áreas de reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação: procedimentos;
- NBR 15.116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Terminologia e classificação.

## **APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS CONSTRUTORAS – BRASÍLIA/DF.**

### **IDENTIFICAÇÃO**

1.) Nome ou razão social da empresa construtora:

---

---

---

2.) A empresa construtora está sediada em que cidade?

---

3.) Quanto tempo de atuação no mercado da construção civil? A empresa atua em outros mercados, além do da construção civil? Quais?

---

---

---

4.) Dados da obra:

4.1) Nome da obra: \_\_\_\_\_

---

4.2) Localização (endereço): \_\_\_\_\_

---

---

4.3) Tipo (residencial, comercial ...): \_\_\_\_\_

4.4) N° de pavimentos e área construída: \_\_\_\_\_

---

4.5) Data de início e de término (previsão) da obra: \_\_\_\_\_

---

4.6) Nº de funcionários: \_\_\_\_\_

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

1.) A empresa construtora possui algum certificado de qualificação (ISO, PBQP-H ...) ?  
Qual?

---

---

2.) A empresa construtora possui algum programa de gerenciamento de resíduos?

---

---

3.) É feita coleta seletiva ou mesmo triagem dos resíduos na obra?

---

---

4.) A empresa (seus dirigentes) têm conhecimento da Resolução Nº 307 do CONAMA?

---

5.) Os funcionários da empresa construtora e os funcionários da obra em questão recebem algum treinamento/curso sobre o gerenciamento dos resíduos?

---

## **INFORMAÇÕES DE CARÁTER PESSOAL**

1.) Você conhece alguma lei, norma ou resolução que trate do gerenciamento de resíduos da construção civil? Qual?

---

---

2.) Você aprova a utilização de materiais reciclados na construção civil? Você usaria na obra em que trabalha?

---

---

3.) Você compraria algum imóvel em que se utilizou material reciclado? Se “não”, por quê?

---

---

---

4.) Você acha que o setor da construção civil do DF está capacitado para o processo de gerenciamento de resíduos? Se “não”, o que você julga ser necessário para tal e em quantos anos isso estaria em prática?

---

---

---

---

---

5.) A empresa em que trabalha está capacitada para participar de programas de gerenciamento de resíduos?

---

## **CARACTERIZAÇÃO**

1.) Qual a quantidade (em caçambas ou quilo) de resíduos produzidos no canteiro de obras (se houver algum controle, favor anexar ao questionário)?

---

2.) O resíduo é transportado pela própria empresa ou por empresa coletora? Qual?

---

---

3.) Qual foi o critério de escolha da empresa coletora (rapidez, preço...)?

---

---

4.) Qual o valor pago por caçamba ou quilo de entulho recolhido?

---

5.) Alguma parte do entulho é reutilizado ou mesmo reciclado? Em que?

---

---

6.) Onde o entulho é depositado?

---

7.) Alguma parte do entulho é vendida? Qual? O que é feito com o benefício da venda?

---

---

---

Responsável pelo preenchimento: \_\_\_\_\_

Cargo ou função: \_\_\_\_\_

Contatos: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE C – TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS VALORES DE MASSA UNITÁRIA.**

Sequência ordenada dos números da amostra (massas unitárias - kg/dm <sup>3</sup> )												
1,201	1,210	1,243	1,251	1,273	1,289	1,291	1,386	1,393	1,399	1,427	1,436	1,443

### **Medidas de tendência central**

Média = 1,326  
Posição da mediana = 7  
Mediana = 1,291

### **Medidas de variação**

Variância = 0,0080  
Desvio Padrão = 0,0896  
Coeficiente de variação = 6,76%

Como a seqüência de valores de massas unitárias não apresenta valores extremos, a média aritmética calculada é a medida de tendência central mais adequada.

## APÊNDICE D – ÍNDICES FÍSICOS: COEFICIENTE DE NÃO UNIFORMIDADE E DE CURVATURA.

Tabela C. 1 – Coeficiente de não uniformidade e coeficiente de curvatura das amostras de RSCD.

Canteiros de obras		Índices				
		D <sub>60</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>10</sub>	CNU	CC
EC-1	CO-1	38,00	11,00	0,33	115,15	9,65
	CO-2	4,20	0,50	0,25	16,80	0,24
CO-2	CO-1	5,20	0,70	0,22	23,64	0,43
	CO-2	35,00	2,80	0,28	125,00	0,80
EC-4	CO-1	49,00	1,50	0,15	326,67	0,31
	CO-2	14,00	1,70	0,23	60,87	0,90
	CO-3	14,00	4,00	0,29	48,28	3,94
EC-5	CO-1	9,10	0,70	0,18	50,56	0,30
EC-7	CO-1	2,00	0,29	0,15	13,33	0,28
EC-8	CO-1	16,00	0,40	0,17	94,12	0,06
EC-9	CO-1	15,00	6,60	1,60	9,38	1,82
EC-10	CO-1	16,00	1,80	0,30	53,33	0,68
EC-11	CO-1	7,30	0,50	0,18	40,56	0,19

## **APÊNDICE E – TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS VALORES DE GERAÇÃO DE RSCD**

Sequência ordenada dos números da amostra (geração diária de RSCD, em m <sup>3</sup> /dia)												
0,98	1,45	1,52	1,58	1,76	2,27	2,73	2,86	3,31	4,53	4,66	5,40	10,81

**Medidas de tendência central**

$$\begin{array}{ll} \text{Média} = & 3,374 \\ \text{Posição da mediana} = & 7 \\ \text{Mediana} = & 2,730 \end{array}$$

**Medidas de variação**

$$\begin{array}{ll} \text{Variância} = & 6,9154 \\ \text{Desvio Padrão} = & 2,6297 \\ \text{Coeficiente de variação} = & 77,94\% \end{array}$$

Como a seqüência de valores de geração de RSCD apresenta valores extremos, a mediana é a medida de tendência central mais adequada.