

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO AO  
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

**LUCAS BASTIANELLO SCREMIN**

Florianópolis  
2007

**LUCAS BASTIANELLO SCREMIN**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO AO  
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

**Orientador: Prof. Armando Borges de Castilhos Jr., Dr.**

**Co-Orientadora: Prof Janaíde Cavalcante Rocha, Dr<sup>a</sup>.**

Florianópolis  
2007

S433d Scremin, Lucas Bastianello

Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte / Lucas Bastianello Scremin. Florianópolis (SC): USFC/ENS; 2007.

121 p. il.

Possui Bibliografia.

Possui Quadros e Tabelas.

1. Engenharia Sanitária. 2. Resíduos Sólidos Urbanos. 3. Resíduos de Construção e Demolição. I. Título.

CDD 21ª ed.– 628.445 0981

# TERMO DE APROVAÇÃO

**“Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição para Municípios de Pequeno Porte”**

**Lucas Bastianello Scremin**

A Dissertação foi julgada e aprovada pela banca examinadora no Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

Aprovado por:

---

*Prof. Fernando Soares Pinto Sant'Anna, Dr.*

---

*Prof. Sebastião Roberto Soares, Dr*

---

Prof. Claudio de Souza Kazmierczak, Dr.

---

Prof. Sebastião Roberto Soares, Dr.  
(Coordenador do PPGEA)

---

Prof. Armando Borges de Castilhos Júnior, Dr  
( Orientador)

FLORIANÓPOLIS  
Abril/2007

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, pelo apoio institucional e técnico.

Ao orientador, Professor Armando Borges de Castilhos Jr. por sua disponibilidade, confiança e interesse no acompanhamento desse trabalho.

À professora Janaíde Cavalcante Rocha, pela confiança em delegar parte de seu projeto para desenvolvimento dessa dissertação.

Aos professores Claudio de Souza Kazmierczak , Fernando Soares Pinto Sant'Anna e Sebastião Roberto Soares, pela disponibilidade em participar da banca examinadora e pelas valiosas críticas e sugestões que muito contribuíram para a finalização desse trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos (LARESO), pela paciência e companheirismo nesse processo de desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo apoio financeiro.

A Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen-RS, especialmente ao funcionário Osmar e aos engenheiros Paulo e Renato, e a empresa Tele-Entulho Barril, pela colaboração na coleta dos dados.

E, em especial, a minha família, meus irmãos Felipe e Mateus, meus pais Marcos e Sandra, pelo carinho, apoio e incentivo oferecidos em todos os momentos do desenvolvimento deste trabalho.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

“Acho que o que vai nos salvar é a velha frase de Maquiavel: ou fazemos as coisas certas por virtude, ou por necessidade. E no meio ambiente, vamos fazer por necessidade”.

(Goldemberg)

## RESUMO

SCREMIN, Lucas Bastianello Scremin. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição para Municípios de Pequeno Porte.** Florianópolis, 2007. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC.

Neste trabalho tem-se por objetivo desenvolver um sistema de apoio ao gerenciamento dos resíduos de construção e demolição – RCD em municípios de pequeno porte, através do desenvolvimento de um programa computacional (software). O desenvolvimento do sistema se deu em quatro etapas. A primeira etapa compreendeu a aquisição de conhecimentos, referentes aos RCD e aos sistemas de apoio a decisão. Na segunda etapa, em função dos conhecimentos adquiridos, estabeleceu-se um modelo conceitual expresso na forma de fluxogramas, que serviram de base para a verificação da lógica do processo. Estabelecido o modelo conceitual, realizou-se a codificação dos mesmos, com o auxílio de um técnico em informática – etapa 3. A quarta e última etapa, realizada durante e após a codificação do mesmo, refere-se a avaliação prévia do sistema desenvolvido. O sistema desenvolvido permite por meio de uma interface interativa e acessível funções como: provimento de informações referentes aos RCD ao usuário, auxílio no diagnóstico dos RCD no município e, a partir do diagnóstico, propor estratégias de gestão. Através de uma avaliação prévia realizada com possíveis futuros usuários, concluiu-se que o sistema desenvolvido pode ser de grande valia no auxílio ao gerenciamento em municípios, colaborando assim para o atendimento das exigências da legislação e conseqüente conservação do meio ambiente.

Palavras chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Resíduos de Construção e Demolição, Gerenciamento de Resíduos, Sistemas de Apoio a Decisão, Municípios de pequeno porte.

## ABSTRACT

SCREMIN, Lucas Bastianello Scremin. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição para Municípios de Pequeno Porte.** Florianópolis, 2007. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC.

The main goal in this research is to develop a support system on construction and demolition waste management in small cities, through a computer software. The development of the system happened in 4 main stages. The first stage was based on data acquisition on construction and demolition waste and their management and decision making systems. On the second stage, based on the previously collected information, a conceptual model was established and expressed in flowcharts, which were the starting point for the logic verification of the process. As the model was established, a computer programmer developed its codification – stage 3. The fourth and last stage, done during and after the codification stage, refers to the previous evaluation of the developed system. The computer program allows, through an interactive and accessible interface, functions such as: information on the construction and demolition waste to the users of the software, aid on the municipal construction and demolition waste situation and, based on the detected diagnosis, propose possible management strategies. An evaluation carried through with possible future users of the decision making software showed that the developed system may have great value on aiding small towns with their construction and demolition waste management, contributing to the following through of the demands established by law and the consequent environmental conservation.

Key Words: Construction and Demolition Waste, Waste management, Support System, SmallCities.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA</b>	<b>12</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
<b>2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</b>	<b>16</b>
2.1.1 Características dos RSU	18
2.1.2 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU no Brasil	19
2.1.3 Gerenciamento dos RSU	20
<b>2.2 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>22</b>
<b>2.3 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO – RCD</b>	<b>25</b>
2.3.1 Definição, Classificação e Composição	25
2.3.2 Origem	28
2.3.3 Geração de Resíduos de Construção e Demolição – RCD	29
2.3.4 Coleta e transporte dos RCD	31
2.3.5 Disposição Final dos RCD	33
2.3.6 Reciclagem e reutilização dos RCD	35
2.3.7 Legislação e Normas referentes aos RCD	40
2.3.8 Gerenciamento e gestão dos RCD	43
2.3.9 Metodologia para a realização do Diagnóstico da Situação dos RCD em municípios	45
2.3.10 Dimensionamento das ações estruturantes do novo sistema de gestão	55
<b>2.4 PRINCÍPIOS DA MODELAGEM DE CONHECIMENTOS E APOIO À DECISÃO</b>	<b>63</b>
2.4.1 Sistemas de Apoio à Decisão	63
2.4.1.4 Sistemas especialistas	65
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>68</b>
<b>3.1 ETAPA 1: AQUISIÇÃO DOS CONHECIMENTOS</b>	<b>68</b>
<b>3.2 ETAPA 2: ESTRUTURAÇÃO DOS CONHECIMENTOS</b>	<b>69</b>
<b>3.3 ETAPA 3: CODIFICAÇÃO</b>	<b>69</b>
<b>4 ESTRUTURAÇÃO DO MODELO</b>	<b>71</b>
<b>4.1 MODELO CONCEITUAL ESTABELECIDO</b>	<b>71</b>
<b>4.2 INSTANCIAÇÃO DO MODELO</b>	<b>73</b>
4.2.1 Estágio 1: Informações necessárias para a utilização da ferramenta	73
4.2.2 Estágio 2: Caracterização dos RCD no município	75
4.2.3 Estágio 3: Alternativas de gestão dos RCD no município	91

5 CODIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO PRÉVIA DO MODELO _____	113
<b>5.1 CODIFICAÇÃO DO MODELO _____</b>	<b>113</b>
<b>5.2 AVALIAÇÃO PRÉVIA DO MODELO _____</b>	<b>118</b>
<b>5.3 PRINCIPAIS RESULTADOS: AVALIAÇÃO PRÉVIA DO SISTEMA _____</b>	<b>120</b>
<b>6 CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS _____</b>	<b>123</b>
<b>6.1 CONCLUSÕES FINAIS _____</b>	<b>123</b>
<b>6.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS _____</b>	<b>125</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>126</b>
<b>ANEXOS _____</b>	<b>136</b>
<b>APÊNDICE _____</b>	<b>140</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Caracterização e classificação de resíduos</i>	17
<i>Figura 2 - Exemplo de estrutura organizacional do sistema de gerenciamento integrado</i>	21
<i>Figura 3 – Caminhão poli-guindaste com caçamba metálica</i>	31
<i>Figura 4 – Caminhão poliguindaste com caçamba metálica</i>	32
<i>Figura 5 – Bota-fora em município de pequeno porte no RS RCD misturados com outros resíduos</i>	33
<i>Figura 6 – Plano Integrado de gerenciamento de RCD</i>	41
<i>Figura 7 – Iniciativas Estruturadoras do Sistema de Gestão Sustentável</i>	44
<i>Figura 8 – Layout de um PEV</i>	57
<i>Figura 9 – Estrutura básica de um sistema especialista</i>	66
<i>Figura 10 - Estrutura metodológica para o desenvolvimento do trabalho</i>	68
<i>Figura 11 - Modelo conceitual estabelecido</i>	71
<i>Figura 12 - Fluxograma geral do estágio 2</i>	84
<i>Figura 13 - Aspectos demográficos</i>	84
<i>Figura 14 – Informações para determinação da metodologia de quantificação</i>	85
<i>Figura 15 - Caracterização dos agentes coletores</i>	85
<i>Figura 16 - Cadastramento e caracterização do Agente Público de coleta</i>	86
<i>Figura 17 - Caracterização da coleta realizada por empresas privadas</i>	87
<i>Figura 18 - Caracterização qualitativa dos RCD no município</i>	88
<i>Figura 19 - Caracterização da estimativa de quantificação e geração per capita dos RCD</i>	89
<i>Figura 20 - Caracterização da estimativa de geração de RCD em novas construções</i>	89
<i>Figura 21 - Caracterização do destino final atual dos RCD no município</i>	90
<i>Figura 22 - Caracterização do volume de RCD descartado irregularmente no município</i>	91
<i>Figura 23 - Caracterização dos Impactos Econômicos</i>	91
<i>Figura 24 - Fluxograma geral do estágio 3</i>	101
<i>Figura 25 - Dimensionamento da Rede de Gestão de pequenos volumes</i>	102

<i>Figura 26 - Cadastramento de áreas para a implantação de PEVs</i>	103
<i>Figura 27 - Dimensionamento do número de caçambas a serem disponibilizadas em pontos de deposição irregular</i>	104
<i>Figura 28 - Determinação do responsável pelo gerenciamento dos grandes volumes e características das ATT</i>	105
<i>Figura 29 - Caracterização do destino final por classe</i>	106
<i>Figura 30 - Destinação final dos RCD classe A</i>	106
<i>Figura 31 - Caracterização da destinação dos RCD classe A - reciclagem/reutilização</i>	107
<i>Figura 32 - Caracterização da destinação dos RCD classe A - Aterro</i>	108
<i>Figura 33 - Cadastramento de áreas para a implantação de ATT e central de reciclagem</i>	109
<i>Figura 34 - Caracterização da destinação final dos RCD - Classe B</i>	110
<i>Figura 35 - Caracterização da destinação final dos RCD Classe C e D</i>	111
<i>Figura 36 - Caracterização final de outros resíduos (Poda e Volumosos)</i>	111
<i>Figura 37 - Caracterização do Programa de Informação Ambiental e Fiscalização e Base Jurídica</i>	112
<i>Figura 38 - Tela de abertura e menu das principais funções</i>	113
<i>Figura 39 – Interface referente a parte das definições apresentadas ao usuário</i>	114
<i>Figura 40 - Interface referente a escolha da metodologia de quantificação</i>	114
<i>Figura 41 - Interface referente ao cadastramento dos agentes coletores</i>	115
<i>Figura 42 - Interface referente a planilha de cadastramento dos dados sobre a movimentação de carga</i>	115
<i>Figura 43 - Interface referente ao resultado da estimativa do volume de RCD gerado no município</i>	116
<i>Figura 44 - Interface referente a caracterização da destinação final e cadastramento das áreas de Bota fora/aterro</i>	116
<i>Figura 45 - Interface referente a gestão dos pequenos volumes</i>	117
<i>Figura 46 - Interface referente as opções de destinação final disponíveis ao usuário</i>	117
<i>Figura 47 - Caracterização qualitativa dos RCD no município de Fred. Westphalen - RS</i>	119

## LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1 - Origem dos RCD em alguns municípios brasileiros _____	29
<i>Tabela 1 – Quantidade de RSU gerada e coletada por macrorregião do Brasil ____</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 2 - Destinação final dos RSU por macrorregião _____</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 3 - Composição dos RCD em algumas cidades brasileiras_____</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 4 - Composição dos RCD nos EUA em 1996 _____</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 5 - Origem dos RCD gerados nos EUA _____</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 6 - Geração total de resíduos, geração per capita e % dos RSU em alguns municípios _____</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 7 – Taxa de geração per capita de RCD em países Europeus _____</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 8 - Equipamentos utilizados na reciclagem de RCD em canteiro de obras _____</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 9 – Equipamento utilizados para reciclagem dos RCD em usinas _____</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 10 – Indicadores para a estimativa da geração de resíduos através de novas construções _____</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 11 - Modelo para registro do volume de RCD descartado irregularmente no município _____</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 12 – Área demandada para a triagem de resíduos _____</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 13 – Área demandada para a instalação de uma central de reciclagem ____</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 14 - Dados referentes a movimentação de carga no município de Frederico Westphalen/RS, utilizados na avaliação prévia do sistema _____</i>	<i>118</i>
<i>Tabela 15 - Dados referentes as áreas licenciadas no município de F. W., utilizados na avaliação prévia _____</i>	<i>119</i>
<i>Tabela 16 - Dados referentes a caracterização dos RCD no município de Frederico Westphalen _____</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 17 - Índices da geração de RCD no município de coleta dos dados utilizados na avaliação _____</i>	<i>121</i>
<i>Tabela 18 - Características Qualitativas dos RCD gerados no município de coleta dos dados _____</i>	<i>121</i>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O progresso da humanidade trouxe uma melhoria na qualidade de vida e conseqüente aumento na expectativa de vida. Esses fatos implicam em maior consumo de matéria prima e aumento na geração de resíduos (sólidos e líquidos), podendo comprometer a qualidade de vida das gerações futuras.

Esse aumento na geração de resíduos pela sociedade tem se convertido numa problemática de difícil solução para as entidades governamentais. Dados apresentados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000 (IBGE, 2005), mostram que pouco mais da metade dos municípios brasileiros (52,2%) tem serviço de coleta de esgoto, sendo que 2/3 desses municípios não dão nenhum tipo de tratamento ao esgoto coletado, despejando-os *in natura* em corpos d'água ou no solo, comprometendo a qualidade da água captada para consumo, irrigação e recreação.

Em relação aos resíduos sólidos, a quantidade gerada diariamente no país no ano de 2000, segundo dados da PNSB era de aproximadamente 126 mil toneladas. Pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (ABRELPE, 2005), denominada Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil em 2005, com base nos dados da PNSB 2000 e na estimativa de crescimento populacional do IBGE, estimou que essa geração, no ano de 2005 foi superior a 173 mil toneladas<sup>1</sup>, das quais, cerca de 164 mil toneladas são coletadas.

Desse montante de resíduos coletados, verifica-se que 69% estariam tendo uma destinação final adequada (aterro controlado ou sanitário) e o restante (31%) estaria sendo depositado em lixões facilitando a proliferação de vetores de doenças e contaminando o solo, o ar e a água. Porém, em relação ao número de municípios esses dados se invertem. Em municípios com população até 20.000 habitantes, que representam 73,1% do total de

---

<sup>1</sup> A pesquisa considerou como resíduo sólido urbano - RSU, todo o resíduo gerado em um aglomerado urbano, excetuado os resíduos de serviços de saúde, resíduos perigosos (classe I) e os resíduos de portos e aeroportos (ABRELPE, 2005).

municípios brasileiros, 68% dos resíduos sólidos coletados tem destinação final inadequada (lixões) (ABRELPE, 2005).

Grande parcela dos resíduos gerados é representada pelos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), também denominados como Resíduos da Construção Civil<sup>2</sup> (RCC), que são resíduos provenientes de atividades fundamentais para o suprimento das necessidades básicas e para o desenvolvimento econômico, tais como moradia, serviços de infra-estrutura (terraplenagens e redes de serviços públicos), saneamento, demolições e reformas.

Segundo Pinto (1999), há certa carência de dados referentes à geração de RCD. Muitas pesquisas relacionadas a quantificação dos RSU, apesar de caracterizá-los corretamente (domiciliar, comercial, de varrição e feiras livres, serviços de saúde e hospitalares; portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários, industriais, agrícolas e entulhos), acabam por não estimar a geração de cada um deles, ignorando a problemática que cada resíduo separadamente pode ocasionar.

A geração de RCD no Brasil atinge uma taxa média de 500 kg/hab.ano, para municípios de médio e grande porte (PINTO 1999). Levando-se em conta a inexistência de dados relacionados a geração de RCD em municípios de pequeno porte e, se considerarmos essa taxa para todos os municípios brasileiros, o montante de RCD gerado diariamente no Brasil estaria na ordem de 240 mil toneladas<sup>3</sup>, superior as estimativas da geração de RSU feitas pela ABRELPE, citada anteriormente.

O grande problema dos RCD não advém de sua periculosidade, mas sim do impacto causado pelo excessivo volume gerado. Volume esse que, quando destinado a aterros sanitários pode reduzir a vida útil dos mesmos, e quando depositado em locais impróprios degrada o meio ambiente urbano, podendo comprometer a paisagem, o tráfego de pedestres e de veículos, a drenagem urbana, além de atraírem resíduos não-inertes contribuindo para a multiplicação de vetores de doenças.

---

<sup>2</sup> Neste trabalho será utilizada a denominação Resíduos de Construção e Demolição – RCD, mesmo quando os autores citados utilizarem a denominação de RCC, por esse ser um termo mais conhecido.

<sup>3</sup> Considerando uma população de 180 milhões de habitantes (IBGE 2007).

Na busca de solução para os problemas decorrentes da intensa geração desses resíduos, em 5 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA criou a resolução 307, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de Resíduos da Construção Civil e disciplina ações necessárias à minimização dos impactos ambientais.

A resolução 307 estabelece que os municípios devem criar e implementar um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição - PMGRCD que estabeleça diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores. Os grandes geradores, segundo a resolução, deverão elaborar e implementar um Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição, a ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição.

Tendo em vista que para a elaboração e implementação do PMGRCD faz-se necessário um corpo técnico que tenha certo conhecimento referente aos RCD e que, na maioria dos municípios de pequeno porte os recursos técnicos e financeiros normalmente são insuficientes, vê-se na criação de um sistema de apoio, materializado sob a forma de uma ferramenta informatizada (software) que auxilie na elaboração do mesmo, uma alternativa viável e eficiente na minimização desta deficiência. Considerando que esse sistema poderá auxiliar o usuário na realização do diagnóstico da situação real dos RCD nesses municípios e propor alternativas de gestão para os mesmos, propõe-se, neste trabalho, o desenvolvimento e a implementação desta.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta informatizada (software) para auxiliar municípios de pequeno porte no gerenciamento dos Resíduos de Construção e Demolição



### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Adquirir conhecimento referente aos resíduos de construção e demolição e sistemas de apoio a decisão;
- Estabelecer um modelo que represente as informações referentes aos RCD, orientados para resolução do problema;
- Codificar o modelo estabelecido, visando materializá-lo na forma de uma ferramenta informatizada (software).

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos, o trabalho foi dividido em seis capítulos, assim ordenados:

No capítulo 1, Introdução, apresenta-se a justificativa da pesquisa além dos objetivos e a estrutura do trabalho;

No capítulo 2, Referencial Teórico, é feito o levantamento bibliográfico sobre Resíduos Sólidos Urbanos, A Indústria da Construção Civil, Resíduos de Construção Civil e Sistemas de Apoio a Decisão, temas julgados pertinentes para subsidiar o desenvolvimento da pesquisa;

No capítulo 3, Metodologia, é descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema proposto.

No capítulo 4, Estruturação, Codificação e Avaliação Prévia do Modelo, apresenta-se a estruturação e formalização dos conhecimentos, por meio da construção do modelo conceitual, a instanciação do mesmo a partir da definição dos parâmetros estáticos e representação dinâmica dos conhecimentos através dos fluxogramas, a caracterização da codificação e avaliação prévia do modelo.

No capítulo 5, Codificação e Avaliação Prévia do Modelo, são apresentados os principais resultados da codificação, as ferramentas utilizadas para a avaliação do modelo e os resultados obtidos na avaliação prévia.

No capítulo 6, Considerações Finais e Sugestões de Trabalhos Futuros, são apresentadas as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT) NBR 10004/04, os Resíduos Sólidos Urbanos – RSU são definidos como:

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

Segundo a mesma norma, a classificação dos RSU envolve a identificação do processo ou atividade do qual foi originado (conhecido ou não), das características e seus constituintes e a comparação destes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto a saúde e ao meio ambiente é conhecido. Isso pode ser resumido conforme Figura 1.

Os resíduos podem ser:

- Perigosos – Classe I: são classificados segundo suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- Não Perigosos – Classe II: que podem ser
  - Não Inertes: possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
  - Inertes: será definido posteriormente;

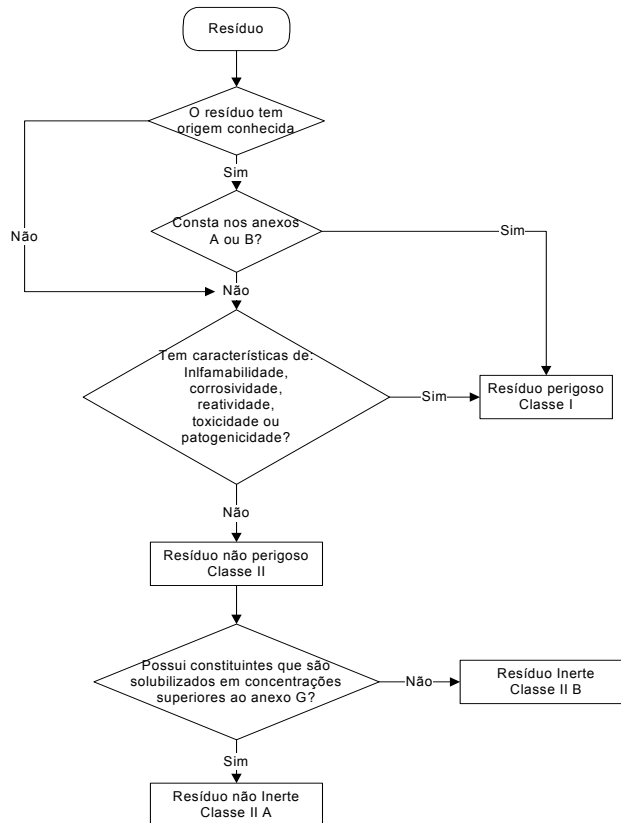


Figura 1 – Caracterização e classificação de resíduos

Fonte: ABNT NBR 10004:2004

Segundo Monteiro (2001) além da classificação adotada pela NBR 10004/04, os RSU podem ser classificados segundo a natureza ou origem sendo agrupados em cinco classes:

- Doméstico ou residencial;
- Comercial;
- Público
- Domiciliar especial:
  - entulho de obras;
  - pilhas e baterias;
  - lâmpadas fluorescentes; e
  - pneus;
- Fontes especiais:
  - industrial;
  - radioativo;
  - Portos, aeroportos e terminais rodo ferroviários;
  - agrícola; e

- resíduos do serviço de saúde.

### **2.1.2 Características dos RSU**

De acordo com Castilhos Junior *et al* (2003), as características qualitativas e quantitativas dos RSU podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos.

#### **2.1.2.1 Características físicas**

Para Monteiro (2001), as características físicas dos RSU são representadas pelos seguintes índices:

- geração per capita;
- composição gravimétrica;
- teor de umidade;
- compressividades;
- Peso específico aparente.

#### **2.1.2.2 Características químicas**

Os índices que representam as características químicas, segundo o mesmo autor são:

- poder calorífico;
- potencial hidrogênioônico;
- composição química; e
- relação carbono/nitrogênio (C:N).

#### **2.1.2.3 Características biológicas**

Essa característica é determinada pela população macrobiana dos agentes patogênicos presente nos resíduos. Em função dessa característica e das características químicas, seleciona-se os métodos de tratamento e deposição final mais adequado (MONTEIRO, 2001).

### 2.1.3 Tratamento e Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos

Na Resolução 05/93 do CONAMA, o tratamento de Resíduos Sólidos é definido como:

“conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzem à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente” (BRASIL, 1993).

Entre as formas de tratamento podemos citar a reciclagem, a compostagem e a incineração.

A destinação final dos Resíduos Sólidos pode ser definida como:

“conjunto de unidades, processos e procedimentos que visam o lançamento de resíduos no solo, garantindo-se a proteção da saúde pública e a qualidade do meio ambiente” (BRASIL, CONAMA 05:1993).

Os tipos de destinação final utilizados atualmente são: o aterro sanitário, o aterro controlado e vazadouro a céu aberto (lixão).

As formas de tratamento e destinação final dos RCD serão detalhadas no decorrer do trabalho

### 2.1.2 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU no Brasil

Dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – PRSB 2005, realizados pela ABRELPE (2005), revelam que a geração de Resíduos Sólidos Urbanos ultrapassou as 173 mil toneladas, das quais quase 165 mil toneladas são coletadas. Na Tabela 1 pode-se verificar a quantidade de resíduos gerada e coletada por macrorregião do Brasil.

Tabela 1 – Quantidade de RSU gerada e coletada por macrorregião do Brasil

Macrorregião	RSU Gerados (t/dia)	Índice de Coleta (%)	RSU Coletados (t/dia)	RSU Não Coletados (t/dia)
Nordeste	46.623	89,4	41.681	4.942
Centro-Oeste	10.096	96,5	9.743	353
Sudeste	82.458	98,4	81.139	1.319
Sul	19.982	98,3	19.643	340
<b>Brasil</b>	<b>173.524</b>	<b>95,0</b>	<b>164.774</b>	<b>8.750</b>

Fonte: ABRELPE 2005

Ainda, a mesma pesquisa revela que 60% dos RSU coletados são dispostos a céu aberto, em lixões ou em meios hídricos. O restante dos RSU coletados, considerados dispostos adequadamente, são dispostos, numa grande parcela em aterros controlados e não sanitários.

Na Tabela 2 pode-se observar a destinação dos RSU por macrorregião

Tabela 2 - Destinação final dos RSU por macrorregião

Macrorregião	Com destinação Adequada	% com Dest. Adequada	Sem destinação Adequada	% sem dest. Adequada	Total
Norte	1.049	13,38	6.790	86,62	7.839
Nordeste	10.782	36,62	18.660	63,38	29.442
Centro-Oeste	4.493	44,36	5.635	55,64	10.128
Sudeste	42.644	42,50	57.696	57,50	100.340
Sul	6.557	46,58	7.521	53,42	14.078
<b>Brasil</b>	<b>65.525</b>	<b>40,49</b>	<b>96.302</b>	<b>59,51</b>	<b>161.827</b>

Fonte: Adaptado de ABRELPE 2005

### 2.1.3 Gerenciamento dos RSU

Segundo IPT/CEMPRE (2000), o Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos pode ser definido como um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, para coletar, segregar, tratar e dispor o lixo do município.

Para o desenvolvimento das atividades do Sistema de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos - GIRSU, as instituições responsáveis pelo mesmo devem contar com a existência de uma estrutura organizacional que de o suporte necessário ao desenvolvimento das atividades (CASTILHOS JUNIOR, 2003). Na Figura 2 ilustra-se um exemplo de estrutura organizacional do sistema de gerenciamento integrado de RSU para um município de pequeno porte.

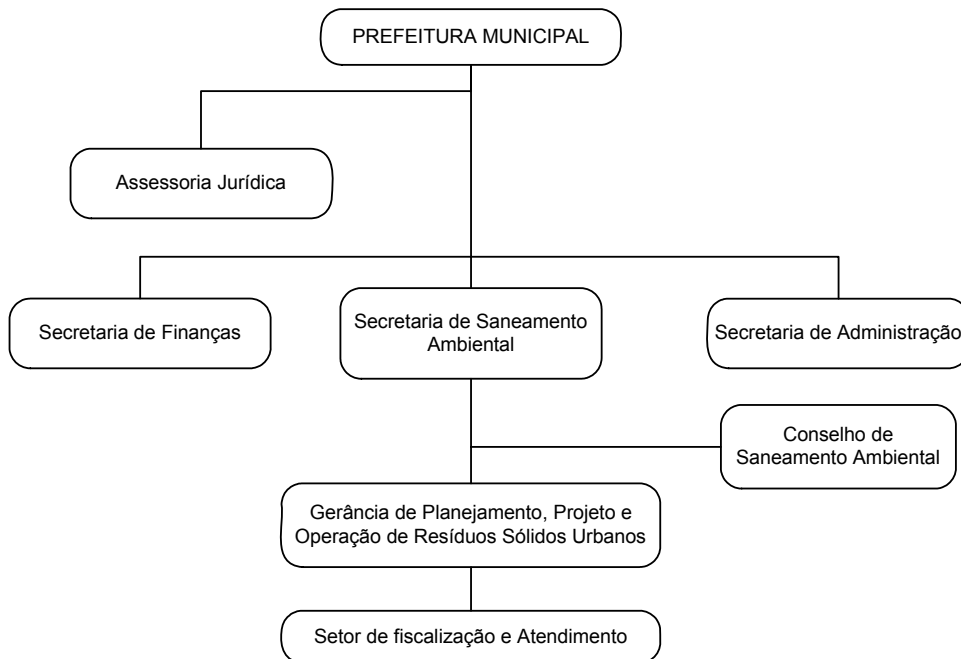


Figura 2 - Exemplo de estrutura organizacional do sistema de gerenciamento integrado de RSU para um município de pequeno porte

Fonte: CASTILHOS JUNOR et al, 2003.

O sistema de GIRSU pode ser composto por atividades relacionadas as etapas de:

- Geração: alteração no padrão de consumo, incentivo ao consumo de produtos mais apropriados ambientalmente, etc.
- Acondicionamento: deve ser compatível com as características quali-quantitativas, facilitando o manuseio seguro dos resíduos, durante as etapas de coleta, transporte a armazenamento.
- Coleta e transporte: a coleta de resíduos misturados pode ser regular/convencional quando for realizada no sistema porta a porta ou

seletiva quando os materiais forem segregados na origem, podendo a coleta ser porta a porta com equipamento apropriado ou em pontos de entrega voluntária. O dimensionamento do transporte deve ser estabelecido com base nas características quali-quantitativas dos resíduos a serem coletados.

- Reaproveitamento e tratamento dos resíduos: ações corretivas que podem trazer benefícios como à valorização dos resíduos e ganhos ambientais com a redução do consumo de matérias primas, geração de empregos, etc.
- Destinação final: a disposição final deve ser realizada segundo técnicas de engenharia de modo a não prejudicar o meio ambiente e a saúde pública (CASTILHOS JUNIOR et al, 2003).

## 2.2 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil tem importante papel no processo de crescimento e redução do desemprego, dada a sua capacidade de rapidamente gerar vagas diretas e indiretas no mercado de trabalho e absorver significativo porcentual de mão de obra.

Essa indústria impacta a economia brasileira de forma bem mais ampla do que aquela diretamente visualizada pelas atividades de edificações, de obras de engenharia de infra-estrutura e de construção autônoma (setor de construção civil propriamente dito), pois inclui toda a complexa cadeia de atividades ligadas à construção, seja como fornecedoras de insumos industriais ou como prestadoras de serviços ao setor. Essa cadeia de atividades é chamada de Macrossetor da construção civil.

Segundo dados da Pesquisa Anual da Indústria da Construção (IBGE 2006), no ano de 2003 a Indústria da construção civil foi responsável por 20,26% do PIB nacional, além de manter cerca de 1,6 milhões de trabalhadores empregados.

Apesar disso, uma característica marcante e preocupante da indústria da construção é a baixa produtividade devido ao baixo nível de industrialização do



processo construtivo, aos altos índices de desperdício e a baixa qualidade dos produtos oferecidos.

Esse baixo nível de industrialização, como aponta Colombo (1999), está ligado ao baixo custo da mão de obra, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. E, de acordo com o Subcomitê da Indústria da Construção Civil no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (1997) a falta de programas de treinamento institucionalizado nas empresas, o baixo investimento na formação profissional e alta rotatividade da mão de obra aliadas as condições de trabalho insatisfatórias também contribuem para a baixa produtividade e os altos índices de desperdícios.

No Brasil, o desperdício na construção situa-se na faixa de 20 a 30%, sendo que, parte se transforma em resíduo e o restante fica incorporado na própria obra (Pinto, 1999). Um dos fatores que contribui para esse índice de desperdício é o baixo nível de industrialização em relação às obras européias e norte-americanas. Para PINI (1999) o principal motivo é o baixo custo da mão de obra brasileira, que mesmo com os encargos sociais gerados para a empresa, custa muito menos que o similar estrangeiro.

Ainda, é oportuno salientar que a indústria da construção é uma atividade econômica com efeitos nocivos ao meio ambiente, pois contribui para o esgotamento de recursos naturais, consome energia e polui a água, o ar e o solo (Marques Neto, 2005).

Para Teixeira (2001), a indústria da construção civil atualmente é a maior consumidora de recursos naturais do planeta, sendo esse alto consumo ligado às altas taxas de geração de RCD. Em Zordan (1997) encontra-se um exemplo relativo ao consumo de madeira que chega a 2/3 de toda a madeira natural extraída. Estimativas apontam que a construção civil absorve de 20% a 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (Sjostrom, 1992).

Em consequência desse grande consumo de matérias primas, principalmente junto aos grandes centros urbanos, algumas reservas de materiais começam a ficar escassas. Carneiro *et al* (2001) coloca que o esgotamento das reservas naturais de areia na cidade de São Paulo, exige que se percorram distâncias acima de 100 km para a obtenção dessa matéria prima, aumentando o consumo de energia e a geração de poluição.

Esse e outros aspectos relacionados a preocupação com o meio ambiente foram tema da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também denominada de RIO 92, realizada no Rio de Janeiro. A partir desta conferência pode-se entender melhor a mútua relação entre o desenvolvimento e um meio ambiente ecologicamente equilibrado, com a conservação dos recursos para as gerações futuras (MOURA, 1998).

Dentre os documentos produzidos durante a conferência está a Agenda 21, que constituiu fundamentalmente:

“um roteiro para a implementação de um novo modelo de desenvolvimento que se quer sustentável quanto ao manejo dos recursos naturais e preservação da biodiversidade, equânime e justo tanto nas relações econômicas entre os países como na distribuição da riqueza nacional entre os diferentes segmentos sociais, economicamente eficiente e politicamente participativo e democrático” (NOVAES, 2007).

A indústria da construção civil, em conjunto com a CIB<sup>4</sup>, desenvolveu o documento denominado Agenda 21 on Sustainable Construction, traduzido como, Agenda 21 para o Setor da Construção Civil, em resposta às pressões regulamentadoras e à sociedade. Tratando de noções práticas, programas e dificuldades para alcançar o desenvolvimento sustentável na indústria da construção civil.

A forma para alcançar o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, socioeconômico e cultural é através da construção sustentável. Os principais problemas e desafios para a construção sustentável detalhados na referida Agenda são:

- Gerenciamento e organização;
- Aspectos de edifícios e produtos de construção;
- Consumo de recursos; e
- O impacto da construção sobre o desenvolvimento sustentável urbano.

A Agenda 21 para a indústria da construção civil brasileira mantém a mesma estrutura da elaborada pelo CIB, fazendo menções a situação do país e enfatizando as barreiras para alcançar as ações propostas por essa agenda.

---

<sup>4</sup> INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB).

## 2.3 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO – RCD

### 2.3.1 Definição, Classificação e Composição

Os RCD, de acordo com a classificação da NBR 10004/04, se enquadram na Classe II B – Resíduos Inertes, que são definidos como:

“quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G”.

Segundo Marques Neto (2005), os RCD podem ser definidos como todo rejeito de material utilizado na execução de etapas de obras de construção civil, podendo ser provenientes de novas construções, reformas, reparos, restaurações, demolições e obras de infra-estrutura.

A resolução 307 do CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil, popularmente denominado de entulhos, define os mesmos como:

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

A composição dos RCD varia significativamente de acordo com a região e o tipo de tecnologia empregada na construção e da idade da construção, quando se tratar de demolições. Para Carneiro *et al* (2001) normalmente são compostos por:

- Concretos e argamassas
- Material cerâmico como blocos, tijolos e lajotas
- Solos, areia e argila

- Asfalto
- Metais
- Madeira
- Outros materiais como papel, plástico e borracha

Existem varias classificações para os RCD, mas atualmente no Brasil segue-se a resolução 307 do CONAMA, no seu artigo 3º, que os classifica da seguinte forma:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
  - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
  - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
  - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Pesquisas realizadas em alguns municípios brasileiros apontam os principais materiais encontrados na composição dos RCD em porcentagem (%) de massa, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Composição dos RCD em algumas cidades brasileiras

Classificação segundo Res. CONAMA 307	MATERIAL	Origem					
		Aracajú <sup>1</sup>	Salvador <sup>2</sup>	São Carlos <sup>3</sup>	Maringá <sup>4</sup>	Blumenau <sup>5</sup>	Fpolis <sup>6</sup>
A	Concreto e argamassas	36,23	53	27	53,99	18,42	43,27
	Cerâmica	14,42	14	40	10,08	60,67	21,01
	Agregado graúdo/miúdo	0,35	-	-	19,04	-	-
	Pedra/Rocha	2,48	-	10	0,28	0,82	0,02
	Solo e areia	19,96	22	9	8,37	5,25	2,42
	Telhas Cer./fibro cimento	-	5	2	0,24	0,49	-
B	Madeira	1,28	-	7	1,49	9,25	1,21
	Metais	0,06	-	2	4,58	0,2	0,01
	Papel/papelão	0,74	-	-	-	-	-
	Plástico	0,34	4	1	-	-	-
	Vidro	0,04	-	1	-	-	-
C	Gesso	3,39	-	1	-	-	-
	Outros classe C	19,85	-	-	-	-	-
D	Lat. Tintas e outros	0,04	-	-	-	-	-
	Outros classe D	0,82	-	-	-	-	0,22
-	Outros	-	2	-	1,93	4,9	31,84
Total	-	100	100	100	100	100	100

\* % do volume

<sup>1</sup> Daltro Filho, 2005

<sup>2</sup> Carneiro, 2001

<sup>3</sup> Marques Neto, 2005

<sup>4</sup> Sapata, 2002

<sup>5</sup> Sarda, 2003

<sup>6</sup> Xavier. 2001

Analisando os resultados obtidos em diversas pesquisas, pode-se observar que em todas as localidades, a parcela de RCD que se enquadra na Classe A da Resolução 307 do CONAMA, correspondente aos resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregado, é próximo ou superior a 70% da massa total de resíduos gerados. Isso mostra o grande potencial para a reciclagem da parcela mineral dos RCD, o que poderia diminuir consideravelmente o consumo de matérias primas naturais e os problemas decorrentes para sua disposição final.

No cenário internacional também têm sido realizadas pesquisas nesse sentido, dentre elas vale citar a U.S. Environmental Protection Agency – EPA (2006), realizada nos Estados Unidos, que apresenta a composição dos RCD conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Composição dos RCD nos EUA em 1996

Tipo de Residuo	%
Concreto e agregados misturados	40 a 50
Madeira	20 a 30
Dry-Wall	5 a 15
Asfalto	1 a 10
Metais	1 a 5
Material cerâmico	2 a 5
Plástico	3 a 5

Fonte: baseado em EPA 2006

### 2.3.2 Origem

Os RCD, de acordo com Symonds Group (1999), podem ter origem:

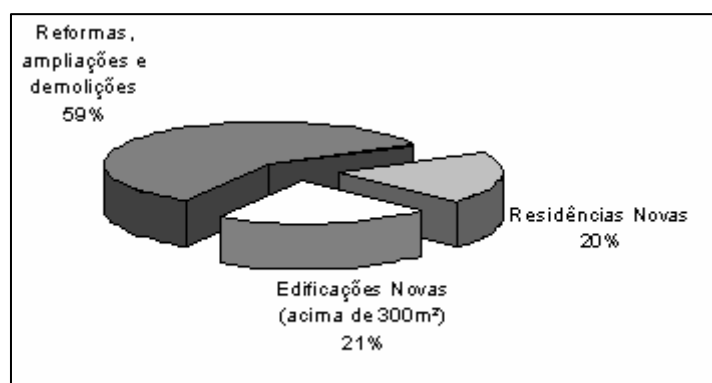
- em demolições totais ou parciais de edificações e/ou obras de infra-estruturas civis;
- durante o processo de construção de edificações e/ou obras de infra-estruturas civis;
- nos trabalhos de terraplenagem e fundações;
- na construção e manutenção de estradas.

Para EPA (2006), os resíduos de construção Civil são gerados durante a construção, demolição, manutenção Civil de edifícios, estradas e pontes e são compostos por concreto, madeira, gesso, asfalto, metais, vidro, plástico, tijolos, solos e vegetação.

As catástrofes naturais ou artificiais (incêndios, desabamentos, bombardeios, entre outros), as deficiências inerentes ao processo construtivo empregado nos dias de hoje e à baixa qualificação da mão de obra podem também ser considerados como fontes de geração de RCD (Levy, 1997).

No Gráfico 1 pode-se observar a origem dos RCD em alguns municípios do Brasil.

Gráfico 1 - Origem dos RCD em alguns municípios brasileiros



Fonte: I&T Informações e Técnicas *apud* Pinto e Gonzáles (2005)

A origem dos resíduos pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 5 - Origem dos RCD gerados nos EUA

Tipo de Obra	%
Reformas	44
Demolições	48
Novas construções	8

Fonte: Baseado em EPA(1998)

Comparando os dados apresentados no Gráfico 1 e na Tabela 5, pode-se observar a diferença entre a origem dos RCD no Brasil e nos EUA. Enquanto no Brasil, 41% dos RCD são gerados em novas construções (considerando como um todo), nos EUA apenas 8% tem essa origem. Essa diferença pode ser atribuída as técnicas e materiais empregados na construção em países desenvolvidos.

### 2.3.3 Geração de Resíduos de Construção e Demolição – RCD

Segundo Pinto e Gonzales (2005), a taxa de geração média de resíduos em novas construções é de aproximadamente 150kg/m². Em obras Civis o processo empregado não influi diretamente no volume de resíduos gerado, pois esse entulho faz parte do processo, porém algumas técnicas como a da demolição seletiva/desconstrução minimiza a contaminação dos RCD, aumentando o potencial de reutilização e reciclagem dos mesmos, no entanto necessita de mão de obra mais qualificada e requer mais tempo que a demolição tradicional (EPA, 2006).

No Brasil, estima-se que o setor da construção civil seja responsável por 40% dos resíduos gerados e a taxa de geração *per capita* gire em torno de 500 kg/hab.ano (Pinto 1999). Isso equivale a uma média de aproximadamente 1,60kg/hab.dia (considerando 26 dias/mês). Em alguns municípios o volume de RCD gerado pode representar até 65% do total de RSU como se pode observar na Tabela 6.

Tabela 6 - Geração total de resíduos, geração per capita e % dos RSU em alguns municípios

MATERIAL	Origem					
	Aracajú <sup>1</sup>	Salvador <sup>2</sup>	São Carlos <sup>3</sup>	Maringá <sup>4</sup>	Blumenau <sup>5</sup>	Fpolis <sup>6</sup>
Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	1,03	1,09	1,93	2,03	1,22	2,39
Total de RCC gerados (t/dia)	505,00	2666,70	380,73	423,74	331,51	795,18
Densidade (ton/m <sup>3</sup> )	1,24	1,35	0,6*	1,39	-	1,04
% dos RSU	65,00	49,77	-	51,82	-	-

\* Determinado por amostras *in natura* - sem o material triturado

<sup>1</sup> Aracaju 2005, Diagnóstico dos RCd em aracaju

<sup>2</sup> Projeto Entulho Bom, 2001 pg 167

<sup>3</sup> Marques Neto 2005

<sup>4</sup> Sapata, Sonia Maria Pereira, 2002

<sup>5</sup> Sarda, Maria Cristina 2003

<sup>6</sup> Lopes, L. X. 2001

Em países europeus, a geração de RSU atinge valores entre 0,52 e 2,56 t/hab.ano, como se pode observar na Tabela 7:

Tabela 7 – Taxa de geração *per capita* de RCD em países Europeus

Origem dos resíduos	Unidade	Dinamarca	Alemanha	França	Portugal	Espanha
Construção	t/hab.ano	0,13	0,73	0,28	0,32	0,52 - 0,76
Demolição		0,34	0,05	0,23	desc.	
Obras viárias		0,07	0,18	1,66	0,02	
Escavação		0,12	1,6	desc.	0,26	
<b>Total</b>	<b>t/hab.ano</b>	0,66	2,56	2,17	0,6	0,52 - 0,76

Fonte: WAMBUCO, 2006

Nos Estados Unidos, segundo EPA (1998) o volume de RCD gerado era da ordem de 136.000 t/ano (não considerado os resíduos oriundos de obras viárias e outras de infra-estrutura) com uma geração per capita de aproximadamente 0,6t/hab.ano.



### 2.3.4 Coleta e transporte dos RCD

A coleta, transporte e destinação final dos RCD, de acordo com a legislação são de responsabilidade dos geradores. Porém, esses geradores acabam repassando essas responsabilidades ao contratar empresas coletoras de RCD (tipo tele entulho/papa entulho), que estocam e transportam os resíduos até o destino final.

Os pequenos geradores, que normalmente executam atividades de construção, demolição e reformas informais, que nem sempre tem condições de contratar as empresas para a remoção desses resíduos, acabam depositando-os ao longo de estradas, vias públicas, margens de córregos e nas áreas da periferia da cidade (MARQUES NETO, 2005). Nesse caso a responsabilidade passa a ser das prefeituras que deve disponibilizar aos pequenos geradores áreas de recepção de pequenos volumes e/ou um serviço de coleta, definindo através de legislação municipal qual o volume máximo a ser recebido/coletado.

Em muitas cidades de médio e grande porte, o principal equipamento utilizado para a realização destas atividades são os caminhões poliguindastes providos de caçambas metálicas estacionárias, (Figura 3) que em alguns municípios são responsáveis pela remoção de até 90% do total de resíduos gerados (PINTO e GONZÁLES 2005). Também é comum a utilização, principalmente pelo setor público, de caminhões caçamba (Figura 4), normalmente carregados com a ajuda de tratores providos de pá-carregadeira, e carretões (espécie de reboque de madeira com grande capacidade de volume, normalmente utilizada para o transporte de resíduos volumosos e de poda, puxadas por tratores).



Figura 3 – Caminhão poli-guindaste com caçamba metálica



Figura 4 – Caminhão poliquindaste com caçamba metálica

Porém, em muitas cidades de médio e grande porte, é significativo o número de coletores que utilizam veículos de menor porte, tais como: caminhonetes e carroças de tração animal. Esses são responsáveis por uma parcela considerável da coleta e transporte dos RCD e não devem ser desprezados no levantamento de dados para a elaboração do diagnóstico atual dos RCD no Município (PINTO 1999).

Para Araújo (2000) (*apud* Marques Neto, 2005), existem muitos aspectos relacionados à atividade de remoção de RCD por meio de caçambas metálicas que podem ocasionar riscos a saúde pública e ambiental, tais como:

- Inexistência de cobertura de proteção nas caçambas, o que permite a dispersão de sedimentos, preenchimento excessivo e conseqüente extravasamento de resíduos;
- Lançamentos de outros tipos de resíduos, tais como resíduos perigosos (baterias, pilhas, lâmpadas, etc.) e resíduos orgânicos, como restos de alimento;
- Mau estado de conservação dos recipientes metálicos, falta de sinalização refletora de segurança e visibilidade do equipamento nas vias públicas;
- Presença de recipientes ociosos e vazios, que possam reter água e outros líquidos favorecendo a proliferação de vetores.

Em virtude disto, salienta-se a importância da implementação de uma legislação que regulamente essas atividades, conservando assim a saúde pública e ambiental do município e região.

### 2.3.5 Disposição Final dos RCD

De acordo com Pinto (1999), é comum o descarte ser realizado ao longo de vias públicas, em terrenos baldios e ao longo de cursos de água. Isso ocorre por não haver áreas predestinadas para o recebimento desses resíduos no município, podendo com isso causar danos ambientais e altos custos operacionais com limpeza pública.

A maioria dos municípios possui áreas popularmente chamadas de bota-fora, que são utilizadas como destino final dos RCD. Essas áreas normalmente são oferecidas para aterramento com o interesse de correção de topografia, e normalmente esgotam-se rapidamente. Além disso, na maioria desses municípios, esses locais são escolhidos sem levar em conta os fatores ambientais, e os RCD normalmente são aterrados sem separação por classe, além de serem misturado a outros tipos de resíduos.

Na Figura 5, pode-se observar uma área de bota-fora em um município de pequeno porte, situado em uma antiga cava de extração de barro.



Figura 5 – Bota-fora em município de pequeno porte no RS RCD misturados com outros resíduos

Em alguns municípios, como São Paulo e Belo Horizonte, já são utilizados Pontos de Entrega Voluntária – PEV para captar os RCD oriundos dos pequenos geradores que posteriormente são encaminhados a áreas de transbordo e triagem – ATT. Essas áreas, além de receber os resíduos de vários PEV, recebe também os resíduos oriundos dos grandes geradores, que são separados de acordo com as classes estipuladas pela legislação e posteriormente encaminhados para o destino final: reutilização, reciclagem e/ou aterro.

#### 2.3.5.1 Resíduos Classe A

Segundo a Resolução 307, os RCD classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua reutilização ou reciclagem futura. As formas de reaproveitamento, reciclagem e aterramento serão descritos no decorrer do trabalho.

#### 2.3.5.2 Resíduos Classe B

De acordo com a Resolução 307, esses resíduos deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua reutilização ou reciclagem futura.

Algumas alternativas podem ser propostas para a destinação final desses resíduos. Os resíduos como: papel, plástico, vidro e metal, poderão ser destinados à coleta seletiva, que se encarregará de dar o destino adequado para esses resíduos. Caso o município não disponha desse serviço, pode-se procurar associações de catadores e usinas de reciclagem desses materiais na região. Como última alternativa, esses resíduos poderão ser encaminhados ao aterro sanitário do município ou da região.

No caso dos resíduos de madeira, esses poderão ser reaproveitados como fonte de energia, em olarias e outros empreendimentos do município ou região que necessitem desse tipo de material.

#### 2.3.5.3 – Resíduos Classe C

A resolução estipula que esses resíduos sejam armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas.

Esses resíduos devem ser armazenados em locais cobertos e isolados de umidade. Até o momento não foram desenvolvidas técnicas economicamente viáveis para a reciclagem desses resíduos, assim aconselha-se que esses resíduos sejam enviados aos fabricantes, para que esses dêem o destino final adequado.

#### 2.3.5.4 – Resíduos Classe D

De acordo com as normas técnicas, esses resíduos, por serem considerados perigosos (restos de tinta, etc.) deverão ser encaminhados a um aterro industrial do município ou região.

#### 2.3.5.5 – Resíduos volumosos e outros

Esses resíduos compreendem móveis usados, resíduos de poda e outros. Os volumosos como móveis velhos e outros volumosos do gênero podem ser separados entre os servíveis e os inservíveis, sendo os servíveis distribuídos para a população através da realização de feira e, os inservíveis encaminhados para o aterro sanitário. Quanto aos resíduos de poda, deve-se separar a parte que possa servir como fonte de energia (lenha) e o restante pode virar composto orgânico, através da compostagem<sup>5</sup>.

Dentre as principais vantagens desse tratamento podemos citar a redução no volume de resíduos encaminhado aos aterros, o aproveitamento agrícola da matéria orgânica e a economia no tratamento de efluentes.

### **2.3.6 Reciclagem e reutilização dos RCD**

De acordo com a Resolução 307 do Conama, a reutilização de um resíduo é definida como o processo de reaplicação desse resíduo, sem

---

<sup>5</sup> Compostagem pode ser definida como o processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, que tem como resultado final o composto orgânico que pode ser aplicado ao solo para melhoramento de suas características, sem causar riscos ao meio ambiente (ITT/CEMPRE, 2000).

transformação do mesmo, enquanto a reciclagem é o processo de reaproveitamento do resíduo, após ter sido submetido à transformação.

Segundo Levy (1997), os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais datam da época das cidades do Império Romano, porém o desenvolvimento de tecnologias e a reciclagem maciça desses resíduos tiveram início após a 2ª Guerra Mundial. Isso, devido a grande demanda de agregados para a reconstrução dos edifícios demolidos em cidades européias e ao grande volume de escombros resultantes das edificações demolidas.

Atualmente, a reciclagem dos RCD não é uma prática amplamente utilizada, variando muito de um país para outro. Na Europa há países em que a taxa de reciclagem chega a 90% dos resíduos gerados (Dinamarca) e em outros, essa taxa não atinge 5% (Espanha). Esse elevado índice de reciclagem na Dinamarca é devido há vários fatores como a existência de metas estipuladas pelo governo para a redução e reciclagem dos RCD, projetos de gestão municipal dos resíduos, obrigatoriedade de projetos de gestão nas obras, imposição das condições relativas à separação e tratamento durante o licenciamento, aplicação de elevadas taxas sobre os resíduos gerados, etc (WAMBUCO, 2006).

No Brasil, existem oito usinas de reciclagem: duas no estado de Minas Gerais, em Belo Horizonte; cinco no estado de São Paulo, nos municípios de São Paulo, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Piracicaba e Muriaé; e uma usina no Paraná, no município de Londrina (atualmente desativada).

A reutilização e/ou reciclagem dos RCD traz enormes benefícios ambientais e econômicos para a sociedade, como:

- preservação das reservas de matéria prima não renováveis;
- aumento da vida útil em aterros de inertes; e
- economia na aquisição de agregados, com a substituição de agregados naturais por reciclados de entulho;

### 2.3.6.1 Métodos de reutilização e reciclagem dos RCD

Os métodos de reutilização/reciclagem dos RCD, segundo Burgoyne (2006), podem ser:

a) *Segregação, reciclagem (beneficiamento), armazenamento e reuso na própria obra:*

É um método muito vantajoso, pois o processamento desses resíduos na própria obra evita a mistura e a contaminação, além de diminuir os custos com transporte. Porém, esse método depende de algumas condições para que possa ser aplicado, como espaço para armazenamento e instalação de equipamentos e volume gerado.

Grigoli (2002) apresenta algumas atividades onde podem ser utilizados os RCD reciclados no próprio canteiro de obras:

- concreto para execução de pisos, vigas e pilares com baixa solicitação;
- enchimento de rasgos de parede, degraus de escadas e casas de máquinas;
- chumbamento de tubulações hidráulicas e elétricas;
- contra pisos internos de unidades habitacionais;
- drenos para escoamento de águas de chuva;
- estaqueamento de fundações de muros com pequenas cargas

A escolha dos equipamentos para o beneficiamento dos RCD na própria obra depende do tipo de produto que se deseja produzir e o volume a ser processado. Na Tabela 8 são apresentados alguns tipos de equipamentos com a respectiva capacidade e o tipo de produto gerado.

Acredita-se que esses equipamentos possam ser utilizados pela administração de municípios de pequeno porte, pois o volume de RCD passível de reciclagem não é grande o suficiente para viabilizar a instalação de grandes centrais de reciclagem como se pode ser observado nos próximos itens.

Tabela 8 - Equipamentos utilizados na reciclagem de RCD em canteiro de obras

Equipamento	Produto Gerado	Capacidade de Produção (m³/h)	Abertura Boca (cm)	Motorização	Preço (Novo) R\$	Fabricante/representante Informações
Masseira - Moinho <sup>1</sup>	Agregados miúdos para uso em argamassa	2,00		7,5 CV	22.000,00	Anvi - <a href="http://www.anvi.com.br">http://www.anvi.com.br</a>
Britador de Mandíbulas <sup>1</sup>	Agregados miúdos e graúdos	2,0 a 3,0	40 x 25	20 CV	44.000,00	Piacentini - <a href="http://www.piacen.com.br/">http://www.piacen.com.br/</a>
Moinho de Martelos <sup>2</sup>	Agregados miúdos e graúdos	1,4 a 1,8	33 x 10	15,0 CV	10.000,00	
Moedor de caliça <sup>2</sup>	Agregados miúdos e graúdos	0,5 a 1,0	34 x 18	3,0 CV	5.000,00	

1 - Equipamentos orçados em 2006

2 - O preço desses equipamentos foram reajustados em função do dolar. US\$ 1,00 = R\$ 1,90 (ano do orçamento - 2000) e US\$ 1,00 = R\$ 2,10 (Jan/2007)

Fonte: Adaptado de Pinto(2000)

*b) Segregação dos RCD no próprio canteiro de obras e reciclagem em diferentes unidades de processamento:*

Esse método consiste na segregação dos RCD de acordo com suas classes, no próprio canteiro de obras e posterior encaminhamento de cada tipo de resíduos para a unidade de processamento adequada. Os resíduos de metais, plástico, papel e outros podem ser vendidos ou entregues para empresas que tenham interesse na reciclagem desses materiais minimizando assim, o custo de transporte. Para a implantação desse método é necessário um espaço físico para a acomodação de contêineres dentro do canteiro e treinamento dos trabalhadores para que possam executar essa segregação de forma correta (BURGOYNE, 2006).

*c) Reciclagem dos RCD em Usinas de Reciclagem*

Essa metodologia é aplicada normalmente em municípios de médio e grande porte, onde o volume a se processar é considerado grande. Essa metodologia apresenta algumas desvantagens como o elevado custo com equipamentos e o baixo custo dos produtos gerados em virtude da dificuldade de segregação dos resíduos que chegam à unidade. (BURGOYNE, 2006).

Para a reciclagem dos RCD classe A (resto de argamassa, concreto, cerâmica, etc.), as centrais de reciclagem devem abrigar os processos de trituração e peneiramento, utilizando os seguintes equipamentos:

- alimentador vibratório;
- britador;



- transportadores de correria;
- separador magnético;
- peneira vibratória; e
- quadro de comandos.

A escolha dos equipamentos também varia de acordo com o produto que se deseja obter e o volume a se processar. Conforme Da Rosa (2005), o volume de RCD passível de reciclagem, gira em torno de 35% do total gerado no município. Na Tabela 9 apresenta-se alguns modelos de equipamentos utilizados nas centrais de reciclagem.

Tabela 9 – Equipamento utilizados para reciclagem dos RCD em usinas

Conjunto de reciclagem	Produto Gerado	Capacidade de Produção	Preço Estimado R\$ <sup>3</sup>
Alimentador vibratório, britador de mandíbulas tipo 4230 <sup>1</sup> e transportador de correia de ação radial	Brita Corrida <sup>4</sup>	14 (t/h)	145.000,00
Alimentador vibratório, britador de mandíbulas tipo 4230 e transportador de correia de ação radial, moinho de martelos, peneira vibratória elevada sobre baias fixas	Brita corrida ou agregados classificados <sup>5</sup>	14 (t/h)	163.000,00
Alimentador vibratório, britador de impacto tipo 20 TPH <sup>2</sup> e transportador de correia de ação radial	Brita Corrida	20 (t/h)	235.000,00
Alimentador vibratório, britador de impacto tipo 40 TPH e transportador de correia de ação radial, peneira vibratória e transportadores auxiliares fixos	Brita corrida ou agregados classificados	40 (t/h)	308.000,00

1 Designação corrente no mercado de equipamentos. Boca retangular de alimentação de 42 por 30cm

2 Toneladas por hora - unidade de medida de produção de britagem

3 Preço reajustado em função do dólar. US\$ 1,00 = R\$ 1,16 (ano do orçamento - 1998) e US\$ 1,00 = R\$ 2,10 (Jan/2007)

4 Brita corrida (Bica Corrida) é Conjunto de pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra, sem graduação definida, obtido diretamente do britador, sem separação por peneiração

5 Material natural de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra que obedece a uma distribuição granulométrica especificada

Fonte: adaptado de Pinto(1999)

### 2.3.6.2 Aplicações dos RCD reciclados

Para Zordan (2005), as principais aplicações dos RCD reciclados podem ser:

- a) em pavimentação: esses resíduos reciclados podem ser empregados na forma de brita corrida ou em misturas com solo, em bases, sub-bases e revestimento primário, sendo esses usos normalizados pela ABNT NBR 15115 e NBR 15116. É a forma de reciclagem que exige menor utilização de tecnologia, implicando em menor custo de processamento

e permitindo a utilização de todos os componentes minerais do entulho, sem a necessidade de separação.

*b) como agregado para concreto:* nessa aplicação, os resíduos reciclados substituem em parte os agregados convencionais (brita e areia) utilizados em concretos com ou sem função estrutural, sendo a segunda (sem função estrutural) normalizada pela NBR 15116. De acordo com Zordan (1997), o concreto contendo agregado reciclado apresenta resistência de compressão inferior ao concreto convencional (de referência), enquanto a resistência a abrasão tem uma melhora de aproximadamente 26,5% em relação ao concreto convencional (de referência). Segundo o autor, os resultados obtidos nas pesquisas realizadas permitem concluir que o concreto fabricado com agregado reciclado atende perfeitamente as exigências de fabricação de peças de concreto para a infra-estrutura urbana como elementos de drenagem, guias, sarjetas, ou outras aplicações onde não se exijam resistências elevadas.

*c) como agregado para argamassa:* de acordo com Zordan (1997), pode-se utilizar esses agregados para a confecção de argamassas para assentamento e revestimento, porém a argamassa de revestimento normalmente apresenta fissuras possivelmente pela quantidade excessiva de finos presente no entulho. Essa forma de reciclagem é simples, sendo o agregado obtido através da moagem dos resíduos em um equipamento específico (argamasseira) na própria obra, evitando assim custos com transporte.

Outros autores, tais como Angulo (2006), Barros (2005), Fonseca (2002), Latterza (1998) e São Paulo (2003), apresentam estudos mais detalhados, referentes a essas e outras aplicações de RCD reciclado.

### **2.3.7 Legislação e Normas referentes aos RCD**

Atualmente no Brasil, a legislação em vigor referente aos resíduos de construção Civil é a Resolução CONAMA 307(Anexo 1), de 05 de julho de

2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos a serem adotados por governos municipais e agentes envolvidos no manejo e destinação dos RCD a fim de que os impactos ambientais produzidos por esses resíduos sejam minimizados (CONAMA, 2002).

A resolução estabelece diretrizes para que os municípios e o Distrito Federal desenvolvam e implementem políticas estruturadas e dimensionadas a partir de cada situação local, devendo essas políticas assumir a forma de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição - PIGRCD, incorporando necessariamente:

- Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição - PMGRCD, com as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e transportadores, e
- Projetos de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição – PGRCD que orientem, disciplinem e expressem o compromisso de ação correta por parte dos grandes geradores de resíduos, tanto públicos quanto privados.

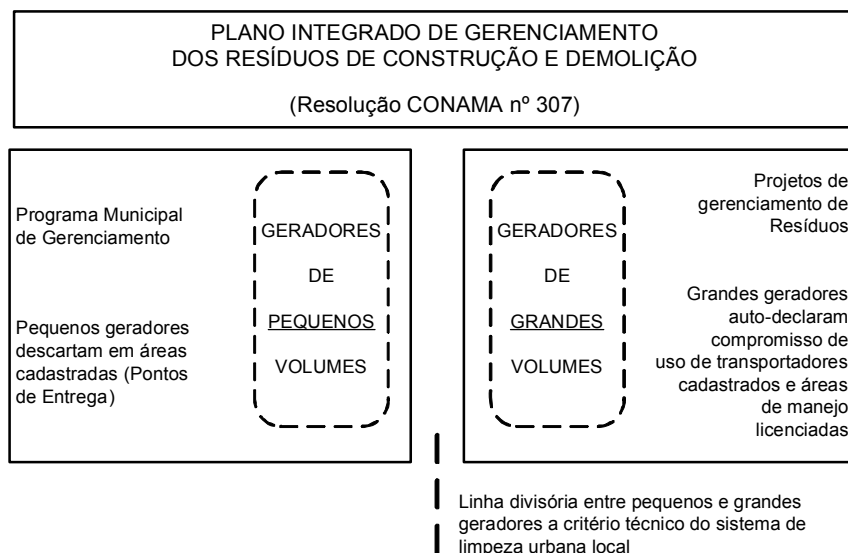


Figura 6 – Plano Integrado de gerenciamento de RCD

Fonte: Pinto e Gonzáles (2005)

Segundo CONAMA (2002) e Pinto e Gonzáles (2005), o PMGRCD deve ser elaborado, implementado e coordenado pelos governos municipais e deverão ter como objetivos principais:

- A disciplinação das atividades de geração, transporte e destinação final dos RCD;
- A concessão do respaldo necessário para que os agentes envolvidos com os RCD atuem de forma coerente com as diretrizes do CONAMA;
- O alcance de envolvimento e comprometimento por parte de todos os indivíduos e empresas direta ou indiretamente relacionados com os RCD produzidos em nível municipal;

Ainda, a resolução estabelece que os geradores tenham como objetivo principal a não geração de resíduos e posteriormente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Alguns municípios, como citados anteriormente, já possuem estrutura para o recebimento e destinação dos resíduos oriundos dos pequenos e grandes geradores e, estão criando uma base jurídica, com o objetivo de expressar o papel regulador e fiscalizador do poder público municipal. Alguns municípios como Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Joinville (SC), Recife (PE), São Carlos (SP) e São Paulo (SP), já possuem legislação específica sobre os resíduos de construção civil tratando de diversos itens, tais como:

- Regulamentação da coleta, transporte e destinação final de entulho terras e sobras de materiais de construção;
- Procedimento para a criação de novas áreas de transbordo e triagem de RCD;
- Estabelecimento de critérios para a colocação e permanência de caçambas estacionárias para a coleta de terra e entulho em vias e logradouros públicos;

Em relação às Normas Técnicas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT dispõe de um pacote específico sobre os resíduos de construção civil, que são:

- NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

### **2.3.8 Gerenciamento e gestão dos RCD**

Segundo Castilhos Junior et al. (2003) os termos de gerenciamento e gestão podem ser empregados como sinônimos, porém, para grande parte dos técnicos esses termos adquirem conotações diferentes.

Neste trabalho, a definição de gerenciamento de resíduos adotada será a mesma definida pela resolução 307 do CONAMA (2002),

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

Atualmente, na maioria dos municípios brasileiros as medidas tomadas em relação ao grande volume de RCD gerado são meramente emergenciais, denominadas de “Gestão Corretiva”. Esse sistema de gestão engloba atividades não preventivas, repetitivas e com altos custos para os municípios, não atendendo a legislação atual.

Segundo Pinto (1999), os principais gastos municipais na gestão corretiva ocorrem na remoção dos RCD dos locais de deposição irregular e seu aterramento, o que coloca em evidência a insustentabilidade dessa forma de gestão. Além de prejuízos financeiros, há os impactos ambientais decorrentes

dessa prática contínua de aterramento que pode eliminar progressivamente áreas naturais.

Em decorrência desse problema, várias propostas vêm sendo feitas na busca de soluções economicamente sustentáveis e ambientalmente corretas. Dentro dessa linha, Pinto (1999) propõe a gestão diferenciada dos RCD, constituída por um conjunto de ações visando:

- Máxima captação dos RCD através de áreas de atração para pequenos e grandes geradores;
- Reciclagem dos RCD captados em áreas especialmente definidas para beneficiamento;
- Alteração de culturas e procedimentos, quanto à intensidade da geração, à correção da coleta e disposição e a possibilidade de reutilização dos RCD reciclados.

Para atender a legislação vigente, Pinto e Gonzáles (2005) sugerem o estabelecimento de um sistema de gestão, previsto no PIGRCD, compreendendo quatro ações principais, conforme Figura 7.

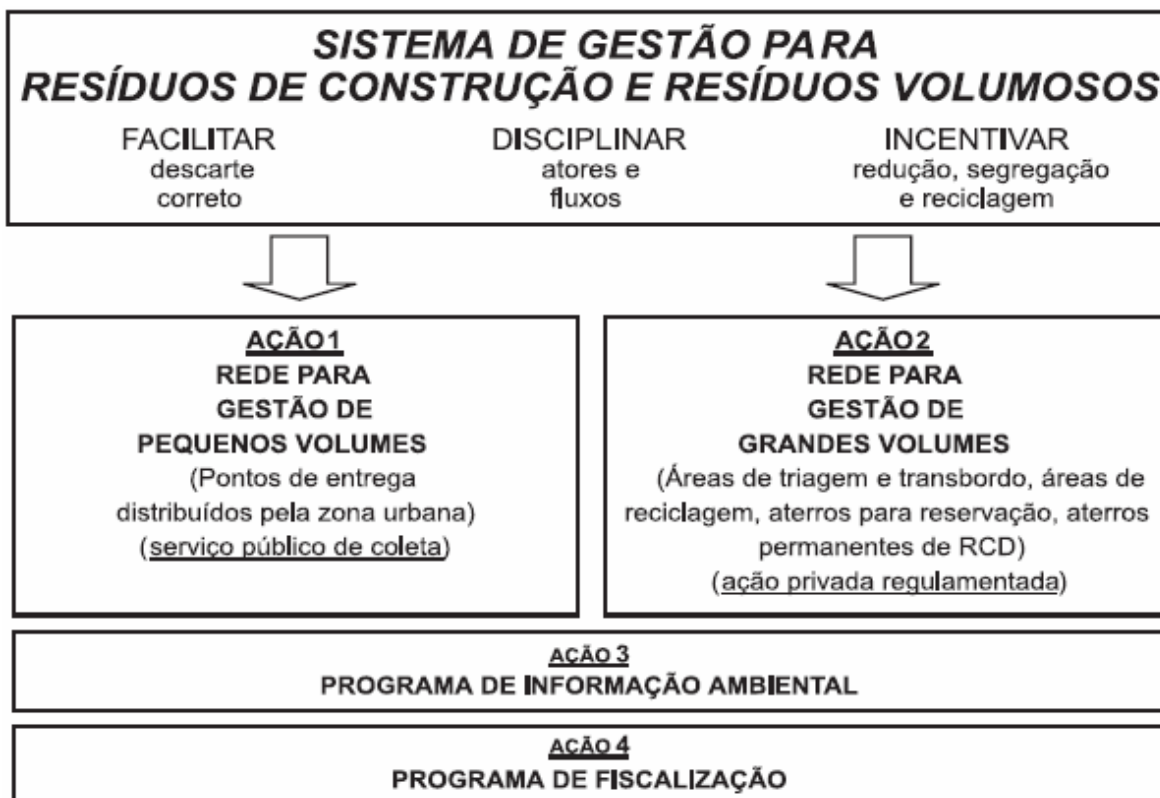


Figura 7 – Iniciativas Estruturadoras do Sistema de Gestão Sustentável

Fonte: Pinto e Gonzáles (2005)

Segundo os mesmos autores, a implantação das ações 1 e 2 dão as condições necessárias de infra-estrutura, facilitando o descarte dos RCD em locais adequados, disciplinando os atores e o fluxo dos resíduos e ao mesmo tempo incentivando a minimização da geração e a reciclagem, a partir da triagem obrigatória dos resíduos captados.

Além das ações 1 e 2, é indispensável a implantação de programas de informação ambiental – Ação 3, acompanhado de um programa de fiscalização – Ação 4, para conscientizar os atores envolvidos sobre os seus compromissos com a qualidade ambiental da cidade e ampliar a aceitação e utilização do novo sistema oferecido.

O dimensionamento dessas ações, de forma a atender à situação real de cada localidade, decorre da realização de um diagnóstico a ser definido com base no conhecimento da situação encontrada. É necessário identificar, em cada localidade, o potencial de geração de resíduos, caracterizar os geradores e transportadores, os fluxos desses materiais dentro da malha urbana e os impactos ambientais e econômicos decorrentes dessa atividade. Os procedimentos necessários para a realização do diagnóstico são detalhados a seguir.

### **2.3.9 Metodologia para a realização do Diagnóstico da Situação dos RCD em municípios**

Os modelos para elaboração de um diagnóstico da situação dos RCD, utilizados por vários autores, tais como: Xavier (2001), Sapata (2002), Sardá (2003), Daltro Filho (2005), Marques Neto (2005) e Pinto e Gonzáles (2005), são semelhantes e consistem basicamente numa metodologia de caracterização dos seguintes aspectos:

- a) Indicadores Básicos do Município
- b) Agentes envolvidos na geração RCD
- c) Agentes envolvidos na coleta dos RCD
- d) Quantitativos e qualitativos do RCD gerado
- e) Disposição final dos RCD

A metodologia proposta por Pinto e Gonzáles (2005), é semelhante, sendo acrescido ao diagnóstico e a caracterização dos impactos ambientais e econômicos.

#### 2.3.9.1 Caracterização dos Indicadores básicos do Município

Segundo Marques Neto (2005), deve-se caracterizar os aspectos físicos (localização, relevo, hidrografia, vegetação, etc.), aspectos populacionais (população atual, taxa de crescimento populacional, etc.), aspectos econômicos e aspectos sociais (nível educacional, cultural, de renda, etc.).

#### 2.3.9.2 Agentes envolvidos na geração dos RCD

Esses indicadores devem ser obtidos através de visitas a campo e principalmente através de consulta aos agentes transportadores. Segundo Pinto e Gonzáles (2005) os principais geradores a serem diagnosticados são:

- Executores de reformas, ampliações e demolições - atividade que, raramente, é formalizada com a aprovação de plantas e solicitação de alvarás, mas que, no conjunto, consiste na fonte principal desses resíduos;
- Construtores de edificações novas, térreas ou de múltiplos pavimentos - com áreas de construção superiores a 300 m<sup>2</sup>, cujas atividades quase sempre são formalizadas;
- Construtores de novas residências, tanto aquelas de maior porte, em geral formalizadas, quanto as pequenas residências de periferia, quase sempre autoconstruídas e informais.

#### 2.3.9.3 Agentes envolvidos na coleta dos RCD

De acordo Pinto e Gonzáles (2005), com relação aos agentes coletores, devem ser identificados e levantados os coletores organizados nas formas de empresa, o órgão responsável pela limpeza pública e também os agentes que utilizam veículos de menor porte como carros de aluguel e carroças de tração animal. Essa identificação também deverá ser efetuada através de visitas a campo e devem ser caracterizados os seguintes itens:

- Equipamentos utilizados, com a capacidade volumétrica/massa;



- Percurso típico percorrido (km);
- Faixa de preço cobrado por viagem (R\$/m<sup>3</sup>), quando empresas particulares;
- Número total de veículos, particular e privado;
- Média do número de viagens mensais; e
- Cadastramento da origem do resíduo (novas construções, reformas, demolições, ampliações, remoção de resíduos de áreas irregulares, etc.).

#### 2.3.9.4 Aspectos quantitativos e qualitativos do RCD gerado

A caracterização dos aspectos quantitativos e qualitativos dos RCD constitui uma etapa fundamental para o estudo e implementação de novas ações de gerenciamento dos mesmos.

Muitas metodologias já foram utilizadas para tentar representar a realidade dos RCD nos municípios avaliados. As metodologias empregadas para a caracterização qualitativa dos RCD são muito variadas e divergem em relação ao dimensionamento da amostra inicial, a homogeneização e ao tamanho da amostra final.

A seguir, relatam-se as metodologias utilizadas para a caracterização dos RCD em alguns municípios brasileiros.

#### **Salvador (BA)**

A metodologia para caracterização quantitativa não foi apresentada por Carneiro *et al* (2000), somente a caracterização qualitativa. A mostra inicial foi de 16 amostras de aproximadamente 10 toneladas cada (o autor não apresentou que metodologia usou para chegar nesse valor), totalizando aproximadamente 155 t, o que correspondia, na época do diagnóstico a cerca de 10% do entulho gerado por dia na cidade. Cada amostra foi reduzida a cerca de 500 kg por meio de quarteamento<sup>6</sup>, originando uma amostra final de aproximadamente 7 toneladas, que foi utilizada para a determinação da massa

---

<sup>6</sup> “processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado” NBR 10007:2004

unitária, da composição granulométrica e da composição do entulho. Os materiais que diagnosticados no RCD foram: solo e areia, cerâmica branca, cerâmica vermelha, asfalto, concreto e argamassa, rocha, concreto armado, metais ferrosos, gesso, espuma, couro e tecidos, plástico e borracha, papel/papelão e madeira.

### **Florianópolis (SC)**

No diagnóstico realizado por Xavier (2001), a metodologia utilizada na quantificação dos RCD baseou-se na metodologia proposta por Pinto (1999) que consistiu na determinação de dois indicadores que são a estimativa da geração de RCD a partir:

- das atividades construtivas licenciadas;
- da ação dos coletores, sendo utilizado os dados referentes a remoção de resíduos oriundos de reformas, ampliações e demolições.

Para a obtenção do primeiro indicador a autora utilizou dados sobre as áreas de habite-se concedidas no ano de 2000 e o índice de geração de resíduos em novas construções igual a 150kg/m<sup>2</sup>. O levantamento de dados para a determinação do segundo indicador foi realizado juntamente com as empresas de coleta de RCD do município e o setor de limpeza da prefeitura, e compreendeu um período de quatro meses (nov/1999 a fev/2000).

Na caracterização qualitativa, o dimensionamento da amostra inicial foi obtido por meio de uma análise estatística, através da metodologia definida por Barbetta (1998) (Tamanho mínimo de uma amostra aleatória simples), a qual resultou em uma amostra de 87,5 m<sup>3</sup> ou 17 contêineres. Foram utilizados resíduos fornecidos por uma empresa de coleta particular oriundos de atividades de construção, demolição e reforma/manutenção, de diversas regiões da cidade. Para cada contêiner, foi realizada a separação manual e pesagem, sendo os valores obtidos utilizados posteriormente para a obtenção da massa unitária de cada componente e da massa unitária geral do RCD. Os componentes separados foram: concreto e argamassa, cerâmica vermelha e branca, madeira, mármore, argamassa para assentamento de cerâmica branca, telha de cimento amianto, ferro, fragmentos de concreto com areia, misto 1 (argamassa com cerâmica), misto 2 (fragmentos com  $\varnothing < 5$  cm), outros (papel, plástico, vidro, etc).

A metodologia mostrou bons resultados, porém acredita-se que o volume de RCD utilizado para a caracterização, após a determinação da amostra inicial poderia ter sido reduzido, através de métodos como o quarteamento, utilizado em outras metodologias e que também apresentaram bons resultados.

### **Maringá (PR)**

A metodologia utilizada por Sapata (2002) para a caracterização quantitativa dos RCD também foi baseada em Pinto (1999), que consistiu na determinação dos dois indicadores citados anteriormente.

O período utilizado para a obtenção da média de áreas de habite-se concedidas no município foi de dez anos (1990 a 2000). E, para a obtenção do indicador referente à ação dos coletores, o período analisado foi de três meses.

Para a caracterização quantitativa, o autor utilizou uma metodologia baseada em Silveira (1993), que consistiu na seleção de vinte locais de deposição irregular dentro da malha urbana, onde foram coletadas cinco amostras de quinze litros, perfazendo um total de 75 litros por local de deposição. A partir da amostra de 75 litros, procedeu a separação e a medição do volume e massa. Somou então os resultados das vinte amostras, totalizando 1500 litros amostrados, obtendo a proporção de massa e volume foram determinadas as massas unitárias.

### **Blumenau (SC)**

Neste diagnóstico Sardá (2003) também optou pela utilização da metodologia utilizada por Pinto (1999). O período de coleta de dados para a obtenção do primeiro indicador foi de um ano (2002) e para a obtenção do segundo indicador de onze meses (Fev a Dez/02).

Para a determinação do tamanho da amostra inicial, que serviu de base para a caracterização qualitativa do RCD, a autora utilizou o Método de Pesquisa de Mercado (disponível em [www.somatematica.com.br](http://www.somatematica.com.br)), determinando o número mínimo de contêineres a serem analisados. O valor obtido por esse método foi de 74 contêineres.

Foram analisadas entorno de sete amostras (contêineres) por mês, entre Fevereiro a Dezembro de 2002, obtidas em dois aterros do município, um privado e outro público. As amostras foram reduzidas para facilitar a

caracterização por meio de quarteamento, semelhante ao mencionado anteriormente.

Os resíduos foram separados manualmente de acordo com sua composição: argamassa, cerâmica vermelha, cerâmica polida, cerâmica polida e argamassa, cerâmica vermelha e argamassa, concreto, ferro, madeira, solo/areia, pedras, podas e outros. Depois de separados, foram medidos a massa e volume, obtendo a partir desses dados a massa unitária.

### **São Carlos (SP)**

A metodologia adotada por Marques Neto (2005), para a caracterização quantitativa dos RCD no município de São Carlos, consistiu na obtenção da média dos seguintes parâmetros:

- Geração de RCD pelo parâmetro Áreas Licenciadas: obtido pela somatória das massas geradas em áreas licenciadas e a massa gerada em reformas, a massa coletada pela administração municipal e a massa descartada por empresas particulares e diversas;
- Movimentação de Cargas das Empresas coletoras: obtido pela somatória dos RCD coletados por empresas e pela administração municipal;
- Volume descartado nos Aterros Municipais: obtido pela somatória dos resíduos descartados diariamente em aterros autorizados por empresas de coleta, pela própria prefeitura, e empresas de terraplenagem e outros.

Foram analisados dados referentes a áreas licenciadas de quatro anos (1999 a 2002), e, o coeficiente de geração de resíduos em novas construções determinado por meio de acompanhamento a cinco obras de diferentes áreas e usos, calculando o volume total de entulho removido durante as execuções. O coeficiente obtido foi de 137,02 kg/m<sup>2</sup>, portanto, próximo a média recomendada por Pinto e Gonzáles (2005) que é de 150 kg/m<sup>2</sup>.

O indicador – Movimentação de Cargas das empresas coletoras foi obtido por meio de entrevistas com as empresas, enquanto o terceiro indicador obtido através de levantamento *in loco* por um período de quatro meses compreendidos entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Na caracterização qualitativa, realizada no aterro municipal de RCD, denominado Cidade de Aracy, utilizou-se o método de amostragem consistido em:

- Seleção de três caçambas de 5m<sup>3</sup>, de origens diferentes, descartadas no depósito;
- Coleta de cinco amostras de 18 litros de cada caçamba;
- União das cinco amostras em uma amostra de 90 litros por caçamba;
- Separação dos componentes;
- Medição de volume e massa;
- Somatório das três caçambas, com total de 270 litros amostrados e considerados amostra representativa da composição dos RCD;
- Cálculo da massa unitária; e
- Cálculo do percentual da composição dos materiais contidos nos RCD.

Os materiais caracterizados foram: Concreto, argamassa, cerâmica, areia/solo, pedra, cerâmica polida, fibrocimento, madeira, ferro, gesso, vidro e plástico.

### **Aracajú**

A metodologia aplicada por Daltro Filho (2005), baseada em Pinto e Gonzáles (2005), tem como principal diferença da metodologia de Pinto (1999) a inclusão de mais um indicador - Resíduos retirados de áreas de deposição irregular. Essa metodologia será utilizada nesse trabalho e, portanto melhor detalhada no próximo item.

Neste trabalho o período de dados analisado para a obtenção do volume de RCD gerado em novas construções foi de dois anos. Enquanto que, o período de pesquisa sobre movimentação de carga de resíduos oriundos de reformas, ampliações, demolições e áreas de deposição irregular, obtida junto aos agentes transportadores foi de 4 anos.

Para a caracterização qualitativa foram analisadas seis amostras, selecionadas de acordo com o segmento social (uma amostra de depósito

localizado em cada segmento - Classe alta, média, e baixa) e com o porte do gerador (uma amostra em empresa de pequeno, médio e grande porte).

O tamanho da amostra inicial foi de 7m<sup>3</sup>, que posteriormente sofreu processo de quarteamento até reduzi-la a 1m<sup>3</sup>. Foram obtidas as medidas de peso e volume e posteriormente a determinação da massa unitária, seguida da segregação dos resíduos.

#### 2.3.9.5 Aspectos quantitativos e qualitativos do RCD gerado – Metodologia aplicada nesse trabalho

A metodologia utilizada nesse trabalho, sugerida por Pinto e Gonzáles (2005) utiliza três indicadores citados anteriormente que são:

##### a) Resíduos oriundos de novas construções

Para determinar o volume produzido em novas construções, é necessário a obtenção de dois indicadores:

- *média de área anual relativa às edificações novas (m<sup>2</sup>/ano)*: esse indicador pode ser obtido nos registros da prefeitura municipal, relacionados a aprovação de projetos, excluindo os dados referentes a reformas, ampliações e demolições. Deve-se obter o total de área (m<sup>2</sup>) aprovados para construção, de um período de tempo considerável (anos), para que não haja interferência de desequilíbrio econômico e ocorrência de sazonalidades que influam no ritmo construtivo. Com o total de áreas aprovadas para novas edificações e o período de levantamento dos dados, obtém-se a média de área anual relativa às novas edificações (m<sup>2</sup>/ano).
- *quantidade de resíduos gerada pela atividade construtiva*: esse indicador pode ser obtido para cada região, porém, pode ser estimado em 150 quilos por metro quadrado (kg/m<sup>2</sup>) construído.

Após a obtenção dos indicadores, pode-se estimar os resíduos de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 – Indicadores para a estimativa da geração de resíduos através de novas construções

Período analisado (anos)	Nº de Anos	Área Total Aprovada (m <sup>2</sup> )	Média anual (m <sup>2</sup> )	Total de Resíduos (t/ano)	Indicador dos resíduos em novas edificações (t/dia)
A	B	C	$D = C/B$	$E = D \times 0,15$	$F = E(12 \times 26)$

Onde 12 = meses do ano e 26 = número de dias úteis em um mês

#### b) Resíduos gerados em reformas, demolições e ampliações

Essa informação deverá ser obtida junto aos agentes coletores, principalmente os agentes organizados na forma de empresa. Em alguns municípios, principalmente os de pequeno porte, além dos agentes privados, deve-se consultar o setor de limpeza da prefeitura, que é responsável por grande parte da remoção desses resíduos. Deve-se obter junto a esses agentes, além do volume médio coletado mensalmente, a porcentagem referente a reformas, demolições e ampliações. Caso o agente não possua esses dados, será necessário a realização de uma coleta de dados, por um período de no mínimo quatro meses, onde o responsável irá registrar o volume e a origem de todo o RCD coletado durante esse período.

#### c) Resíduos retirados de áreas de deposição irregular

Esses dados devem ser obtidos junto ao setor de limpeza da prefeitura, que na maioria dos casos é o principal responsável por esse serviço. Quando houver um registro consistente da movimentação de carga por pequenos coletores, o indicador de deposições irregulares deve ser desconsiderado, pois muito desses pequenos coletores são responsáveis por essas deposições, estando esse volume já computado em outro indicador.

Após a obtenção desses indicadores, a estimativa da quantificação da geração de RCD no município é obtida pela somatória dos três indicadores.

#### 2.3.9.6 Disposição final dos RCD

Com relação à destinação final, como visto anteriormente, a maioria dos municípios utiliza para este fim, áreas denominadas de bota-fora, que normalmente são oferecidas para aterramento com o interesse de correção de topografia, e comumente esgotam-se rapidamente. Deve-se fazer o levantamento dessas áreas, identificando:

- o número de áreas em operação;

- os proprietários,
- o responsável pela operação (público ou privado);
- o volume médio descartado mensalmente; e
- a capacidade e vida útil.

Além dessas áreas, deve-se obter, junto ao setor de limpeza da prefeitura, informações sobre pontos na malha urbana onde é realizada periodicamente a remoção de RCD, caracterizados como pontos de deposição irregular. Deve-se também obter informações, quanto à localização e o volume médio coletado/mês. Estas informações servirão de base para a implantação da nova política de gestão.

#### 2.3.9.7 Diagnóstico do volume de RCD descartado irregularmente no meio ambiente

Esse diagnóstico visa obter informações sobre os resíduos depositados irregularmente, tanto em deposições irregulares como em bota-fora clandestino. Essas áreas atraem o lançamento clandestino de outros tipos de resíduos não inertes, aumentando assim a degradação ambiental e custos para recuperação da área.

As informações necessárias para a elaboração desse diagnóstico são a localização dos pontos e o volume nele depositado, para que se possa estabelecer planos de recuperação e controle dessas áreas. Na Tabela 11 apresenta-se um modelo para registro dos impactos ambientais no município.

Tabela 11 - Modelo para registro do volume de RCD descartado irregularmente no município

RCD coletados em deposições irregulares (t/dia)	Estimativa da geração de Resíduos de Const. Civil (t/dia )	Participação do RCD removido no RCD total (%)	Número de Bota-Fora	Nº de deposições irregulares
A	B	$C = (A/B) \times 100$	D	E



#### 2.3.9.8 Diagnóstico dos impactos econômicos causados pela disposição inadequada dos RCD

Segundo Pinto e Gonzáles (2005), além dos problemas causados ao meio ambiente, as deposições irregulares de RCD atraem a deposição de outros tipos de resíduos (não inerte), que facilitam a proliferação de vetores, prejudicam a capacidade viária, diminuem a capacidade de drenagem nas vias, etc. Esse problema implica em alto custo para a administração pública, que dificilmente poderá ser fixado em termos financeiros. Porém há a possibilidade de estimar os custos envolvidos diretamente nesta atividade, tais como aqueles relativos:

- a correção de deposição irregular;
- a disposição final em aterro;
- a atividade de fiscalização; e
- ao controle de zoonoses.

Deve-se considerar na composição desses custos: os custos com equipamentos (manutenção, combustível), custo com trabalhadores e outros (custo de produtos químicos utilizados no controle de zoonoses), custos com materiais de divulgação, etc.

#### **2.3.10 Dimensionamento das ações estruturantes do novo sistema de gestão**

Como foi mencionado no item 2.3.8, Pinto e Gonzáles (2005) propuseram um Plano de Gestão Integrada dos RCD, que compreende quatro aspectos principais ilustrados na , apresentada anteriormente.

A seguir serão apresentados os itens das Ações 1, 2, 3 e 4, sendo esses descritos com base em Pinto e Gonzáles (2005).

##### Ação 1 - Rede de Áreas para Manejo de Pequenos Volumes

Esse sistema consiste basicamente numa rede de Pontos de Entrega de Pequenos Volumes ou Pontos de Entrega Voluntária – PEV, que são de responsabilidade dos municípios e tem como função captar os RCD e outros volumosos, oriundos dos pequenos geradores e coletores que normalmente os depositam em áreas impróprias.

Segundo a NBR 15112/2004, esses pontos são definidos como:

“áreas de transbordo e triagem de pequeno porte, destinada à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção civil e resíduos volumosos, integrante do sistema público de limpeza urbana, e tem como objeto facilitar o descarte dos RCD oriundo da construção informal, constituída predominantemente por reformas e ampliações.”

A determinação das áreas de abrangência ou Bacia de Captação de cada ponto e o local para a implantação dos mesmos é definida a partir do diagnóstico dos pontos de deposição irregular e da caracterização dos agentes coletores e geradores de pequenos volumes.

A Bacia de captação deve ter dimensões que possibilitem o deslocamento dos pequenos coletores, de seu perímetro até o local de recebimento (1,5 a 2,5km de raio) que, sempre que possível devem estar localizados próximos do centro geométrico da “Bacia de captação”. A bacia deve ser limitada, levando em conta a topografia da região, pois os coletores devem ter seu deslocamento facilitado quando estiverem carregados, pois as barreiras naturais muitas vezes impedem ou dificultam o acesso ao PEV.

Esses pontos devem ser instalados próximos ou quando possível, na própria área de deposição irregular, sendo que suas dimensões dependem do volume de resíduos disposto na região de abrangência do ponto. Devem ocupar áreas públicas ou privadas, cedidas ou alugadas com área variando entre 200 e 600m<sup>2</sup> e, por estarem contribuindo para a conservação do meio ambiente, ficam dispensados de licenciamento ambiental (MMA, 2006).

A NBR 15112/2004, estabelece algumas condições para implantação, projeto e operação dessas áreas:

- a) *condições de implantação*: a área deverá ser isolada (cercada para evitar a entrada de pessoas estranhas), identificada (quanto a atividade desenvolvida e a aprovação do empreendimento), possuir equipamentos de segurança (proteção individual, combate a incêndio, etc.) e possuir um sistema de proteção ambiental (dispositivo de contenção de ruídos, sistema de controle de poeira, etc.);

- b) *condições gerais do projeto*: o projeto deve conter informações cadastrais, memorial descritivo, croqui do empreendimento e relatório fotográfico;
- c) *condições de operação*: deve-se fazer controle qualitativo e quantitativo de recebimento dos resíduos e das diretrizes de operação (recebimento apenas de RCD e volumosos, triagem integral dos resíduos aceitos, destinação final adequado dos resíduos triados, etc.);

Na Figura 8 apresenta-se o *layout* de um PEV.



Figura 8 – *Layout* de um PEV  
Fonte: Pinto e Gonzáles (2005)

O estabelecimento de critérios como o volume máximo das cargas individuais que possam ser recebidas gratuitamente não é estipulado pela NBR, porém, na prática utiliza-se o volume de 1m<sup>3</sup>. Em Niterói (RJ), é definido como pequeno gerador, aquele que gera RCD em imóveis comerciais e de serviços num volume igual ou inferior a 15m<sup>3</sup> por obra e em reformas em imóveis residenciais, independente do volume de entulho, cuja produção ou retirada estejam limitados ao prazo máximo de 30 dias, a contar da data do início da prestação do serviço. Independentemente do valor, aconselha-se que a prefeitura o estipule, para que se possa distinguir o pequeno do grande gerador, atribuindo assim as responsabilidades de cada um.

Com a implantação dessa rede de pontos no município, deverá ser criado um itinerário de coleta, para que se dê o destino adequado a cada tipo

de resíduo. A seguir será abordado sobre a rede de áreas para o manejo de grandes volumes, as quais receberão uma parcela dos resíduos coletados nos PEV, e dos resíduos oriundos dos grandes geradores.

#### Ação 2 - Rede de áreas para manejo de grandes volumes

Essa rede de áreas é composta pelas seguintes instalações:

- a) Áreas de transbordo e triagem;
- b) Áreas de reciclagem de resíduos classe A e outros resíduos; e
- c) Aterros de resíduos classe A da construção civil.

De acordo com o autor inicialmente citado, a implantação da rede de áreas para manejo dos grandes volumes em conformidade com as novas normas técnicas da ABNT (NBR 15112, 15113 e 15114), tem como uma das finalidades substituir os bota-foras existentes que são responsáveis por vários impactos ambientais.

Essas áreas podem ser tanto públicas como privadas, porém considera-se conveniente que o setor privado assuma a implantação das mesmas, pois se estima que o mesmo (grandes geradores) seja responsável por até 85% do total de RCD gerado nos municípios. Ao setor público caberá regulamentar, fiscalizar e introduzir ações incentivadoras como:

- facilitação de acesso a alternativas tecnológicas para a destinação de resíduos mais problemáticos;
- criação de obrigatoriedade de consumo de agregados reciclados em determinadas obras públicas; e
- fornecimento de apoio na obtenção de financiamentos para investimentos nas áreas de operação.

Em municípios de pequeno porte, as instalações podem estar concentradas em um mesmo local e a responsabilidade pela implantação das mesmas deve ser melhor estudada, pois se acredita que o setor público seja responsável pela maior parcela dos RCD gerados (resíduos gerados em obras de infra-estrutura, removidos de deposições irregulares e oriundo de construções, reformas e ampliações informais). Caso o setor público assuma essa responsabilidade

deverá ser repassado os custos desse manejo para os geradores e transportadores de grandes volumes, podendo ser estabelecidas parcerias com esse setor.

Para a escolha do local de instalação dessas áreas, deve-se analisar vários fatores, tais como:

- Regulamentação do uso e ocupação do solo no município;
- Localização das regiões com maior concentração de geradores de grandes volumes de resíduos (áreas residenciais ou comerciais com população de maior renda e que estejam em processo de implantação ou expansão);
- Existência de eixos viários, para agilizar o deslocamento de veículos de carga de maior porte.

A seguir, serão caracterizados alguns aspectos referentes ao dimensionamento, licenciamento e outros requisitos para a instalação dessas áreas.

#### a) Áreas de transbordo e triagem

A área necessária para a implantação de uma área de transbordo e triagem pode ser obtida na Tabela 12.

Tabela 12 – Área demandada para a triagem de resíduos

Capacidade	Área demandada
70 m <sup>3</sup> /dia	1100 m <sup>2</sup>
135 m <sup>3</sup> /dia	1400 m <sup>2</sup>
270 m <sup>3</sup> /dia	2300 m <sup>2</sup>
540 m <sup>3</sup> /dia	4800 m <sup>2</sup>

Fonte: I & T *apud* Pinto e Gonzáles (2005)

Para essas áreas, não há a necessidade de licenciamento ambiental em nível de estado, somente quando estiver localizada em áreas sujeitas a legislação ambiental específica (Área de Proteção aos Mananciais – APM ou Áreas de Preservação Permanente – APP), caso contrário, deverão ser licenciadas em nível municipal, podendo ocorrer licenciamento simples da atividade urbana (MMA, 2006).

b) Áreas de reciclagem de resíduos classe A e outros resíduos

Para a instalação de uma central de reciclagem a área demandada pode ser obtida na Tabela 13.

Tabela 13 – Área demandada para a instalação de uma central de reciclagem

Fase do processo	Capacidade	Área demandada
Reciclagem de resíduo Classe A	40 m <sup>3</sup> /dia	3000m <sup>2</sup>
	80 m <sup>3</sup> /dia	3500m <sup>2</sup>
	160 m <sup>3</sup> /dia	7500m <sup>2</sup>
	320 m <sup>3</sup> /dia	9000m <sup>2</sup>
Reciclagem de Madeira	100 m <sup>3</sup> /dia	1000 m <sup>2</sup>
	240 m <sup>3</sup> /dia	1800 m <sup>2</sup>
Recuperação de solo	240 m <sup>3</sup> /dia	2250 m <sup>2</sup>

Fonte: I & T *apud* Pinto e Gonzáles (2005)

Os equipamentos necessários nas centrais de reciclagem (descritos a seguir no item 3.3.6) normalmente oferecem um bom poder de processamento (t/h), porém, em municípios de pequeno porte, a implantação desses equipamentos pode se tornar inviável economicamente, em virtude do menor volume de RCD gerado. Uma das alternativas é a proposição de consórcios entre vários municípios, para que se tenha um maior volume a se processar, tornando viável a implantação desses equipamentos. Outra alternativa é a utilização de equipamentos de menor porte, comumente utilizados em obras de grande porte para reciclagem no próprio canteiro. Esses equipamentos têm um custo mais acessível, porém não fornecem uma gama de produtos (agregados) como é o caso das grandes instalações. Esses equipamentos também estão descritos no item 3.3.6

O processo de reciclagem de madeira consiste na trituração, tanto por equipamentos mecânicos, como por simples corte com ferramentas manuais, para a utilização em diversos processos. Os equipamentos utilizados são: triturador para madeira, transportador de correia, separador magnético e quadro de comando.

Para a recuperação de solo, o processo consiste no peneiramento para remoção de galharia e outros resíduos. Os equipamentos necessários são: grelha vibratória, transportador de correia e quadro de comandos.

Para a instalação dessas áreas de reciclagem é necessário o licenciamento ambiental em nível estadual, ou municipal quando existir convênios estado-município, decorrentes da aplicação da Resolução 237, sendo necessário um “Plano de Inspeção e Manutenção” e outros estabelecidos pela NBR 15114/2004 (MMA, 2006).

c) Aterros de resíduos classe A da construção civil.

Os aterros para resíduos de construção civil - Classe A, podem ser implantados em duas situações: aterros visando a reserva de material segregado para uso futuro e aterros visando o uso futuro da área (correção de topografia). Nas duas situações, os critérios para licenciamento são os mesmos, devendo submeter-se a licenciamento ambiental a nível estadual, ou municipal quando existir convênios estado-município, decorrentes da aplicação da Resolução 237, porém poderão ser diferenciados quanto ao porte do empreendimento a licenciar:

- aterros cuja capacidade total não exceda 100.000 m<sup>3</sup> e que recebam uma quantidade de resíduos igual ou inferior a 150 m<sup>3</sup> por dia, poderão ser licenciados nas agencias regionais dos órgãos ambientais, quando existirem;
- aterros cuja capacidade total seja superior a 100.000 m<sup>3</sup> e que recebam uma quantidade de resíduos superior a 150 m<sup>3</sup> por dia e inferior ou igual a 300 m<sup>3</sup> por dia, poderão ser licenciados nas agencias regionais dos órgãos ambientais, ouvidos os órgãos centrais de licenciamento estadual;
- aterros cuja capacidade total seja superior a 100.000 m<sup>3</sup> e que recebam uma quantidade de resíduos superior a 300 m<sup>3</sup> por dia, deverão ser licenciados nos órgãos centrais de licenciamento estadual, mediante a apresentação de Relatório Ambiental Preliminar – RAP (ou instrumento equivalente).

Já para os aterros que tenham como finalidade imediata a regularização (da topografia) para fins de edificação, ocupar área igual ou inferior a 1000 m<sup>2</sup> e volume total igual ou inferior a 1000 m<sup>3</sup> deverão ficar dispensados de licença ambiental, exceto nos casos de estarem localizados em Áreas de Proteção aos

Mananciais – APM, Áreas de Preservação Permanente – APP ou áreas que acarretem remoção de vegetação nativa, e sujeitos às licenças para movimentação de solo, de cunho municipal (MMA, 2006).

Quando forem utilizadas cavas exauridas de mineração para o aterramento desses resíduos, será exigida a apresentação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD ou de adequação do Relatório de Controle Ambiental – RCA e Planos de Controle Ambiental – PCA.

No caso de áreas que operarem conjuntamente (Triagem e transbordo com áreas de reciclagem e/ou aterro), o licenciamento deverá ser obtido para as duas atividades principais (MMA, 2006).

### Ação 3 – Programa de Informação Ambiental

A criação e implementação desta ação deve acompanhar a implantação das outras ações, para mobilizar os agentes envolvidos na geração ou transporte dos RCD, fazendo com que estes assumam suas responsabilidades.

Deve-se buscar instituições (associações, clubes, escolas, igrejas, lojas de materiais de construção, sindicatos, etc.), que possam se tornar parceiras do município e venham a atuar como agentes multiplicadores das ações que serão implementadas.

Esse programa deverá ter ações voltadas à:

- redução da geração de RCD;
- difusão do potencial de reutilização e reciclagem; e
- divulgação da localização das áreas que serão destinadas a recebimento desses resíduos.

Na literatura pertinente encontra-se trabalhos relativos a esta ação como Cunha Junior (2005), Curitiba (2007), Pinto (2005), SindusCon - DF (2007) entre outros.

### Ação 4 – Programa de Fiscalização

Após a criação das condições para a gestão correta dos RCD, deve-se implantar um programa de fiscalização onde, primeiramente deve-se permitir a migração ordenada da atual situação para o novo sistema de gestão e posteriormente, garantir o pleno funcionamento do conjunto de ações.



Algumas ações a serem implementadas nesse programa são:

- fiscalização dos agentes coletores com relação às normas do novo sistema de gestão
- fiscalização dos geradores quanto ao correto uso dos equipamentos de coleta evitando que não repassem aos coletores as responsabilidades que não lhes competem;
- fiscalização da existência e cumprimento dos Projetos de Gerenciamento de Resíduos, previstos na Resolução 307 do CONAMA para as obras de maior porte;
- inibição da continuidade de operação dos antigos bota-foras e o surgimento de novas áreas de deposição irregular, entre outros.

Alguns municípios como Americana/SP, Curitiba/PR, Joinville/SC, São Paulo/SP entre outros, já implementaram esta ação.

## 2.4 PRINCÍPIOS DA MODELAGEM DE CONHECIMENTOS E APOIO À DECISÃO

Em vista da falta de profissionais especialistas em várias áreas do conhecimento que atuem em pequenas comunidades, várias disciplinas vêm trabalhando na formalização de procedimentos especialistas em modelos de representação que substituam em parte à presença desses especialistas, facilitando assim, o acesso às informações e contribuindo na tomada de decisão propostas a usuários não especialistas.

### **2.4.1 Sistemas de Apoio à Decisão**

#### 2.4.1.1 Introdução

Segundo Pereira e Fonseca (1997), já no início do século XX, as tomadas de decisão centravam-se no executivo principal, geralmente no proprietário/ presidente, pois o ambiente era estável e as informações restritas, possibilitando que os decisores detivessem conhecimento bastante amplo de todas as alternativas e de suas conseqüências.

A partir da década de 70 começaram as pesquisas para o desenvolvimento dos Sistemas de Apoio à Decisão - SAD, que passaram a ser caracterizados como sistemas computacionais interativos que auxiliavam no processo decisório de problemas considerados não estruturados (SPRAGUE e WATSON, 1991).

O uso de técnicas de modelagem através de computadores como ferramentas para o gerenciamento vêm melhorando na mesma proporção em que os computadores têm-se tornado mais acessíveis e disponíveis (WESTMACOTT, 2001).

Segundo Kainuma, Nakamori e Morita, apud Westmacott (2001), um aspecto importante a ser considerado na modelagem dos sistemas de apoio à decisão, refere-se à maneira humana de pensar, que nem sempre é normativa ou racional, porém muitas vezes condicional, caracterizando que as pessoas utilizam toda sua experiência para alcançar uma decisão. Desta forma, por melhor que seja reproduzido o processo de tomada de decisão em um sistema computacional, estes não devem ser encarados como um decisor e sim como um sistema de apoio a decisão.

Com isso, os sistemas de apoio à decisão devem ser desenvolvidos com o objetivo de prover o ambiente de decisão de informações adicionais, ferramentas analíticas e de gerenciamento, as quais de outra maneira poderiam não estar disponíveis (WESTMACOTT, 2001).

#### 2.4.1.2 Classificação

Existem atualmente diversos tipos de sistemas de apoio à decisão, utilizados nas mais variadas funções, mas segundo Wierzbicki (2000) pode-se definir três classes principais de sistemas de apoio à decisão:

- Sistemas baseados em dados: são sistemas que utilizam técnicas de “mineração de dados” e “processamento analítico *on line*” para encontrar regularidades em grandes bancos de dados e construir modelos a partir destas.
- Sistemas baseados em regras: são representados pelos sistemas especialistas e sistemas baseados em inteligência artificial. Nestes

sistemas a experiência e os conhecimentos existentes são expressos através de regras lógicas.

- Sistemas baseados em modelos analíticos: sistemas que utilizam o conhecimento de uma determinada disciplina descrita através de modelos analíticos ao contrário de modelos lógicos.

#### 2.4.1.3 Estrutura

Segundo Westmacott (2001) a estrutura típica de um sistema de apoio a decisão é composta de três componentes principais que são:

Interface com usuário: parte do sistema de apoio à decisão com a qual o usuário irá ter contato, exercendo uma importante função na utilização do sistema;

Base de dados: a base de dados é utilizada nas operações de gerenciamento de dados (armazenamento, atualização, recuperação e processamento), nela estão contidos todos os dados e informações que irão alimentar o modelo.

Base de modelos: existem vários modelos (estruturais, matriciais, numéricos, matemáticos, espaciais, etc.) e técnicas de modelagem, sendo que a definição destes depende sobretudo das necessidades do usuário, dos objetivos do sistema e ainda dos recursos financeiros e tempo disponível.

#### 2.4.1.4 Sistemas especialistas

Os Sistemas Especialistas, segundo Liebowitz (1988), podem ser definidos como um programa de computador que emula o comportamento de um especialista humano com um domínio específico de conhecimento, tendo como principais características:

1. Habilidade de desempenhar com o nível de um especialista;
2. representação de domínio específico de conhecimento da maneira na qual o especialista pensa;

3. incorporação de processos de explicação e modos de manipulação de incerteza;
4. tipicamente, pertinente para problemas que podem ser representados simbolicamente.

Esses sistemas surgiram no início da década de 70 como resultados de pesquisas em Inteligência Artificial – IA, sendo essa um campo científico que tem como principal objetivo a criação de sistemas computadorizados que possam atingir níveis humanos de raciocínio (CHORAFAS, 1988).

#### 2.4.1.4.1 Estrutura de um Sistema Especialista

Segundo Carvalho (2007), a estrutura básica de um sistema especialista é constituída pelos elementos ilustrados na Figura 9.

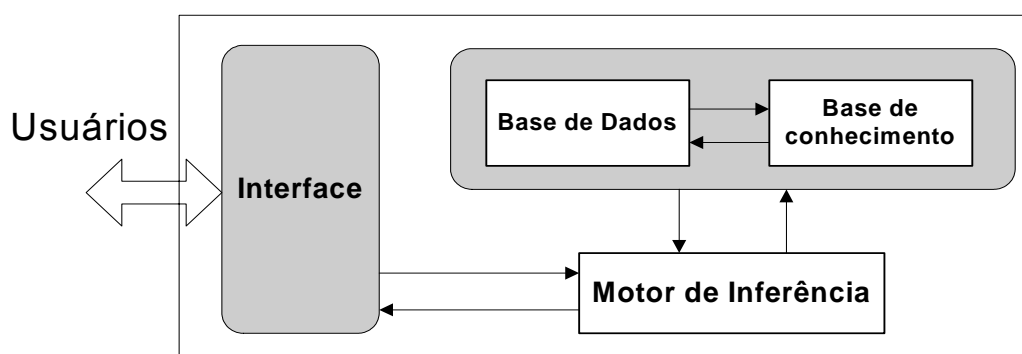


Figura 9 – Estrutura básica de um sistema especialista

*Base de conhecimento:* é onde são armazenados os fatos e regras, que correspondem ao conhecimento do especialista (MENDES, 1997). Segundo Carvalho (2007), esses fatos e regras são formados a partir do conhecimento dos especialistas e estruturados segundo um conjunto de regras do tipo IF - THEN (Se – Então). Essas regras de produção são estruturas dinâmicas que representam declarações de condição e ação **Se** (condição) **Então** (ação). Exemplo:

**Se**

Não há coleta dos RCD no município, e

Não há controle das áreas licenciadas para construção

**Então**

A estimativa de geração dos RCD deverá ser realizada a partir da estimativa de geração *per capita* de outros municípios.

De acordo com o mesmo autor, a utilização de fluxogramas para a estruturação dos conhecimentos e posterior tradução destes em regras de produção, é um dos métodos mais tradicionais utilizados.

*Base de dados:* contém a definição do vocabulário a ser usado, termos, frases, etc.

*Motor de inferência:* pode ser considerado o núcleo do sistema. É onde as conclusões são elaboradas a partir dos dados fornecidos pelo usuário e do conhecimento armazenado na base de conhecimento

*Interface com o usuário:* tem como objetivo interagir com o usuário, tanto por meio de alimentação de informação, oriundas de fontes diversas, como através de informações advindas do usuário, mediante perguntas e/ou respostas.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido de acordo a etapa explicitada na Figura 10:

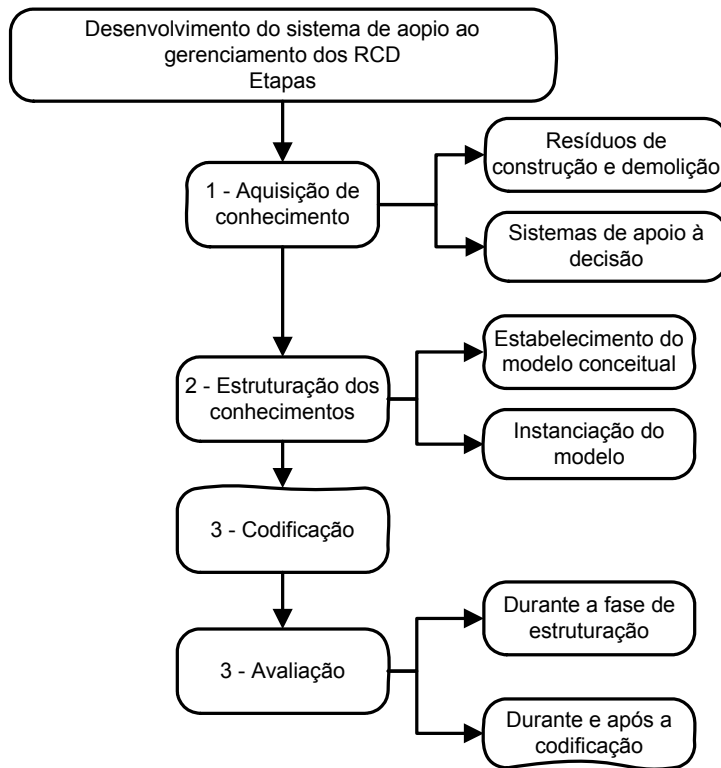


Figura 10 - Estrutura metodológica para o desenvolvimento do trabalho

#### 3.1 ETAPA 1: AQUISIÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Essa etapa, realizada pelo próprio autor, teve como objetivo fornecer subsídios para a representação dos conhecimentos através de modelos. Esses conhecimentos referem-se aos seguintes temas:

##### Tema I – Resíduos de Construção e Demolição – RCD

- Legislação dos RCD;
- Metodologias para quantificação, caracterização, classificação, formas de reciclagem, etc.
- Gerenciamento dos RCD;

##### Tema II – Sistemas de Apoio a Decisão (Sistemas especialistas).

A construção desses subsídios para a representação dos conhecimentos como apoio a decisão teve por base a literatura referente ao assunto e a reconstrução pessoal do pesquisador.

### 3.2 ETAPA 2: ESTRUTURAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Esta etapa foi dividida em:

- a) construção de um modelo conceitual: que consistiu na estruturação dos objetivos a serem atingidos com o programa e como procede para se chegar a esses objetivos.
- b) instanciação do modelo: a partir do modelo estabelecido, buscou-se incluir os conhecimentos necessários para que os objetivos da etapa de raciocínio fossem atingidos. Segundo Lupatini (2002), a modelagem de um conhecimento é realizada progressivamente, pela decomposição dos objetivos que se deseja atingir.

Como em Lupatini (2002), os conhecimentos foram estruturados sob forma de fluxogramas, que serviram de conexão entre o conhecimento e a lógica. Esses fluxogramas serão apresentados no capítulo seguinte.

### 3.3 ETAPA 3: CODIFICAÇÃO

Esta etapa, realizada juntamente com o técnico em informática, consistiu na codificação dos modelos adquiridos e modelados, e na construção de uma interface para utilização pelo usuário.

O sistema foi desenvolvido com base em duas ferramentas principais. O software propriamente dito, implementado em Delphi que abrange grande número de tecnologias avançadas, tais como Orientação a Objeto (O.O.) e, a ferramenta relacionada ao armazenamento dos dados.

A ferramenta utilizada para o armazenamento dos dados foi o *Firebird*, por oferecer linguagem com suporte *stored procedures* (procedimento armazenado) e *triggers*, utilizar padrão ANSI SQL-92 e ser um produto *Open Source* (Código aberto).

### 3.4 ETAPA 4: AVALIAÇÃO PRÉVIA

Segundo Lupatini (2002), a avaliação de sistemas ainda é projeto de várias proposições metodológicas, podendo ser feita sobre vários de seus componentes como: o resultado, o raciocínio, a base de conhecimento, a interface usuário/máquina, etc.

Para o sistema proposto neste trabalho, a avaliação prévia foi realizada em duas etapas: a primeira durante e após a codificação do modelo que consistiu em verificar tecnicamente a correspondência entre o protótipo informatizado e o modelo conceitual estruturado. A segunda etapa consistiu na apresentação do sistema desenvolvido a profissionais da área, com diferentes níveis de conhecimento, onde por meio de um questionário (APÊNDICE 7) estes profissionais puderam opinar e dar sugestões referentes ao sistema. Os resultados referentes as duas etapas da avaliação serão apresentados no capítulo 5.



## 4 ESTRUTURAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo descreve-se a estruturação e formalização dos conhecimentos, por meio da construção do modelo conceitual e a instanciação do mesmo a partir da definição dos parâmetros estáticos e representação dinâmica dos conhecimentos através dos fluxogramas. Importante salientar que essas etapas são fundamentais no desenvolvimento da ferramenta informatizada para o auxílio no diagnóstico e gerenciamento dos RCD em municípios.

### 4.1 MODELO CONCEITUAL ESTABELECIDO

Para atender as necessidades do usuário, com base nos conhecimentos adquiridos, o modelo proposto para o sistema é apresentado na Figura 11.

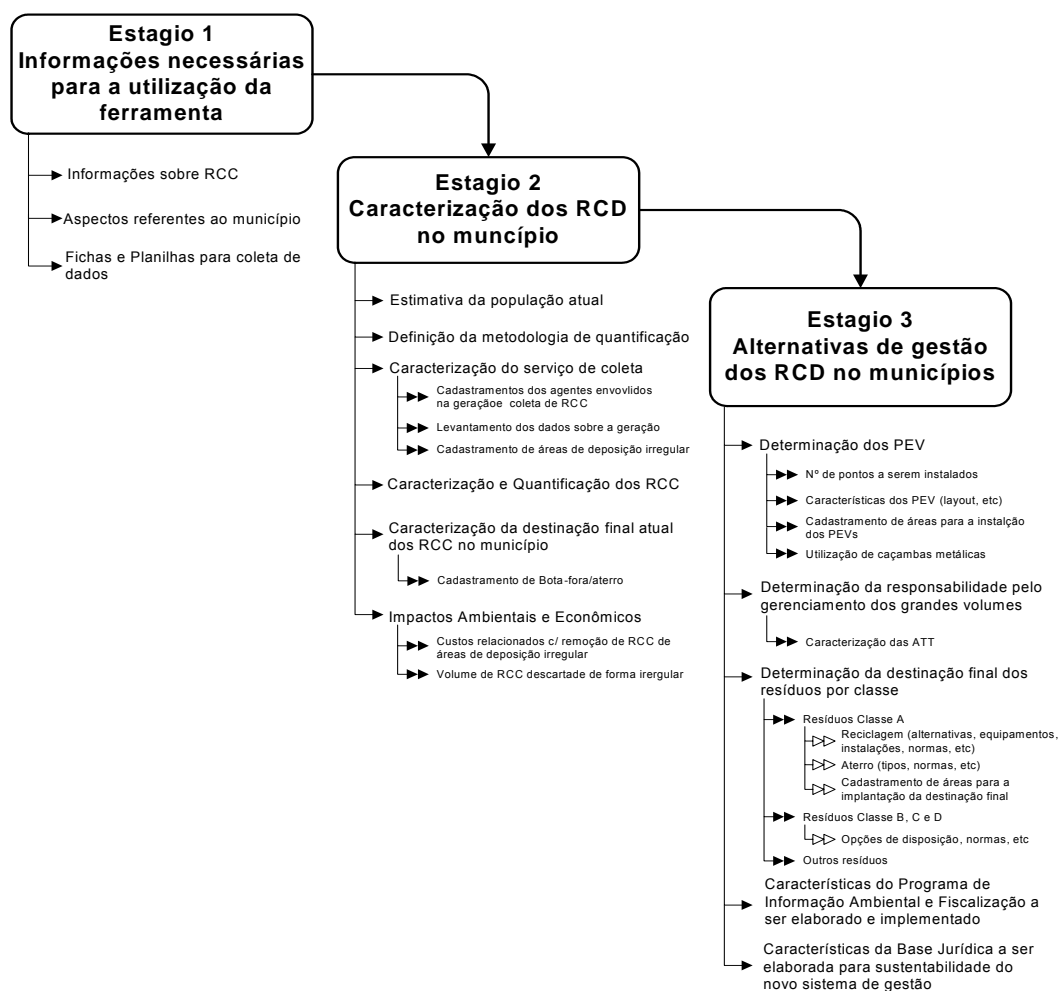


Figura 11 - Modelo conceitual estabelecido

### Estágio 1 - Informações necessárias para a utilização da ferramenta

O estágio inicial compreende a explanação ao usuário das informações necessárias para a utilização da ferramenta e como coletar os dados (dados sobre o município, sobre os agentes envolvidos na geração e coleta dos RCD, etc.). As informações referem-se à:

- RCD (definições, origem, composição, classificação, legislação, etc.).
- Dados sobre município, que o usuário necessitará no decorrer do uso da ferramenta, tais como: população no último censo, data do último censo, taxa de crescimento populacional, área urbana do município, tipo de relevo, total de áreas licenciadas para construção/ano, etc.
- Planilhas e fichas que servirão para o levantamento e cadastramento de dados referentes aos agentes envolvidos na geração e coleta dos RCD.

### *Estágio 2 - Caracterização dos RCD no município*

Após o usuário estar familiarizado com o assunto e ter realizado a coleta das informações básicas a respeito do município (aspectos demográficos e gerenciamento dos RCD no município), o usuário realizará o cadastro das mesmas.

Em algumas situações, além de informar diretamente o valor do parâmetro requerido para a estimativa de alguns índices, o usuário terá a opção de estimá-lo com base em médias de outros municípios do país, como é o caso da estimativa de geração de RCD/m<sup>2</sup> e taxa de geração *per capita* de RCD.

### *Estágio 3 - Alternativas de gerenciamento dos RCD no município*

No último estágio, de acordo com informações obtidas no estágio de caracterização do município, o sistema fornecerá ao usuário informações como a quem caberá a responsabilidade de gerenciamento dos grandes volumes (setor público ou privado), dimensionamento e implantação de ações (PEVs, ATTs, aterro, centrais de reciclagem, etc.) e também proporá alternativas de destinação final a cada classe de RCD e de resíduos volumosos.

## 4.2 INSTANCIACÃO DO MODELO

Após o estabelecimento do modelo conceitual, procurou-se incluir os conhecimentos necessários para que os objetivos de cada etapa fossem atingidos. Esses conhecimentos foram estruturados na forma de fluxogramas que posteriormente foram utilizados de base para a codificação,

A seguir serão descritos os parâmetros e apresentados os fluxogramas referentes a cada etapa do modelo.

### 4.2.1 Estágio 1: Informações necessárias para a utilização da ferramenta

Ao iniciar o programa, o usuário terá a opção de acessar a um “*help*” - ajuda, onde estarão disponíveis informações básicas referentes à ferramenta e ao assunto (RCD).

#### ***Informações sobre os RCD***

As informações referentes ao RCD são o mínimo necessário para que o usuário tenha condições de realizar a coleta de dados que servirá de base para a realização do diagnóstico no município. A seguir apresenta-se os itens referentes às informações disponíveis nesta opção:

- Definição de Resíduos de Construção Civil (de acordo com a resolução 307 do CONAMA);
- Origem dos RCD;
- Composição/Classificação;
- Geradores a serem cadastrados;
- Coletores a serem cadastrados;
- Metodologia de caracterização (Marques Neto, 2005);
- Pontos de deposição irregular e áreas de bota fora; e
- Bacias de Captação.

### **Informações referentes ao município**

As informações sobre o município que o usuário precisará coletar referem-se aos seguintes dados:

População do último censo - Pop1

Ano do censo - dat1

Taxa de crescimento populacional - T<sub>cp</sub> (%): item obtido junto ao IBGE;

Área territorial urbana – Au(Km<sup>2</sup>): somente a área da zona urbana;

Tipo da topografia do município: plana, ondulada ou acidentada;

Áreas licenciadas para novas construções: quando o município possuir o registro das licenças concedidas para novas construções, este parâmetro poderá ser utilizado no cálculo da estimativa da quantidade de RCD gerado no município. Para tanto, deve ser obtido junto ao registro da prefeitura, o total de áreas licenciadas somente para novas construções, por um período de no mínimo 3 (três) anos, sendo que, quanto maior o período analisado, melhor a qualidade dos dados. O total de áreas licenciadas (Al) e o período (anos) analisado servirão para a estimativa de RCD gerado em novas construções;

### **Fichas e planilhas para cadastramento e controle dos RCD**

Essas fichas e planilhas servirão de base para o levantamento e cadastramento de dados referentes ao RCD no município. Elas estarão disponíveis para impressão.

Ficha para cadastramento dos agentes coletores (setor privado): essa ficha (APÊNDICE 1) será utilizada para a coleta de dados referentes ao cadastramento dos agentes coletores a ser realizado em pesquisa de campo pelo usuário. Os dados coletados em campo posteriormente serão transferidos para o sistema, que armazenará as informações em um banco de dados, servindo de base para o diagnóstico dos RCD no município.

Ficha para caracterização do agente público envolvido na coleta: essa ficha (APÊNDICE 2) servirá de base para o levantamento de dados a ser obtido junto ao setor público responsável pela coleta dos RCD do município (quando o município dispuser do serviço).

Ficha para cadastramento dos agentes envolvidos na geração: através de pesquisa de campo o usuário deverá obter informações de acordo com a ficha (APÊNDICE 3), referentes aos agentes envolvidos na geração de RCD no município. Essas informações também serão transferidas ao sistema e armazenadas em um banco de dados, para que possam ser facilmente consultadas e assim auxiliar no diagnóstico dos RCD.

Planilha para controle dos resíduos coletados: essa planilha (APÊNDICE 4) será utilizada para controlar o volume e a origem de RCD transportados no município, caso os agentes (Público e/ou Privado) não possuam essas informações na hora em que for realizado o cadastro. Esse controle deve ser efetuado durante um período de no mínimo 3 (três) meses, podendo se estender por mais tempo, o que fornecerá dados mais precisos. Essas planilhas deverão ficar sob responsabilidade de cada agente para que este registre diariamente o volume e a origem de RCD transportado. No final de cada mês deve-se entrar em contato com o agente para recolhimento da planilha e posterior transferência das informações para o sistema.

Planilha para realização da caracterização qualitativa dos RCD: essa planilha (APÊNDICE 5) auxiliará na etapa de caracterização qualitativa dos RCD. Todos os dados obtidos no trabalho de caracterização em campo deverão ser nela registrados e posteriormente repassados para o sistema

Ficha para cadastramento das áreas utilizadas como bota fora e/ou aterro: através de entrevista junta aos agentes coletores, devem-se obter informações quanto às áreas utilizadas como bota fora e/ou aterro em funcionamento no município, de acordo com a ficha (APÊNDICE 6).

#### **4.2.2 Estágio 2: Caracterização dos RCD no município**

Os parâmetros definidos para o estágio de caracterização dos RCD no município foram:

### **Estimativa da população atual**

Através da entrada de dados descritos no estágio 1 – Aspectos demográficos do município, e a data atual (*dat2*), o cálculo da população atual (*Pop2*) é efetuado por meio da seguinte equação:

$$Pop2 = Pop1 \times [1 + (dat2 - dat1)T_{cp}] \quad (1)$$

onde: *Pop2* é a população atual, *Pop1* é população do último censo, *dat1* é a data do último censo, *dat2* é a data atual e *T<sub>cp</sub>* é a taxa de crescimento populacional.

### **Determinação da metodologia de quantificação dos RCD no município**

Neste item o usuário informa se o município dispõe ou não de dados referentes às licenças para novas construções e, se é realizada a coleta de RCD e por quem é efetuada (Setor Público e/ou Privado). De acordo com as informações fornecidas pelo o usuário o sistema adotará o método mais adequado de quantificação o qual pode ser:

Alternativa 1: se o município dispuser de dados referentes às novas construções, mas, não dispor de serviço de coleta (nem público e nem privado) ou, não dispor tanto dos dados referentes às licenças como do serviço de coleta. Nesse caso, a estimativa de geração será realizada com base na média nacional de geração *per capita* de RCD, de acordo com a seguinte fórmula:

$$V_{RCD\_TOTAL1} = pop2 \times T_{xRCD} \times 26 \quad (2)$$

onde:  $V_{RCD-TOTAL}$  é o Volume total de RCD gerado estimado no município ( $m^3/mês$ ),

*pop2* é a população atual,  $T_{xRCD}$  é a taxa de geração *per capita* de acordo com a média nacional (1,33L/hab.dia\* ou 1,60kg/Hab.dia) e 26 é o número de dias úteis considerados no mês.

\* Adotando a densidade do RCD igual a 1200 kg/m<sup>3</sup>.

Alternativa 2: são conhecidos os dados referentes às áreas licenciadas e o município dispor de serviço de coleta dos RCD (Público e/ou Privado). Neste caso, a estimativa será obtida a partir da soma dos seguintes índices:

- a) Volume de RCD gerados em novas construções a partir dos dados de licenciamento ( $V_{NCm}$ ):

$$V_{NCm} = ((B/A) \times Tx / D_{ens}) / 12 = (m^3 / mês) \quad (3)$$

Onde:  $A$  é o número de anos analisados das licenças;  $B$  é o Total de áreas aprovadas nesses anos ( $A$ );  $Tx$  é a taxa de geração de RCD em novas construções ( $Ton/m^2$ ), podendo ser utilizada a taxa disponível na bibliografia de  $0,15Ton/m^2$  (PINTO E GONZÁLES, 2005), ou ainda ser inserida pelo usuário caso esse disponha da informação;  $D_{ens}$  é a densidade do RCD obtida na etapa de caracterização e,  $12$  que é o número de meses no ano.

- b) Volume gerado em reformas, demolições e ampliações ( $V_{MC1}$ ): os dados para a determinação desse índice deverão ser obtidos junto aos agentes coletores. Se os agentes não dispuserem dessas informações no momento do cadastramento, deverá ser realizado um controle da movimentação de carga de RCD, como explicado no estágio 1. O indicador é obtido pela somatória do volume médio mensal coletado de cada agente (Público e/ou Privado) oriundos de reformas/renovações e demolições.

$$V_{MC1} (m^3 / mês) = \sum V_{REFm} + \sum V_{DEMm} \quad (4)$$

sendo:

$$\sum V_{REFm} = \frac{\sum V_{REF1} + \sum V_{REF2} + \dots + \sum V_{REFn}}{PC} = (m^3 / mês) \quad (5)$$

$$\sum V_{DEMm} = \frac{\sum V_{DEM1} + \sum V_{DEM2} + \dots + \sum V_{DEMn}}{PC} = (m^3 / mês) \quad (6)$$

Onde:  $\sum V_{REFm}$  e  $\sum V_{DEMm}$  são o somatório do volume médio mensal coletado de todos os agentes referentes à RCD oriundos de reformas/renovações e demolições,  $\sum V_{REFn}$  e  $\sum V_{DEFn}$  são o somatório dos volumes coletados de cada agente referente às reformas/renovações e demolições durante todo o período de coleta em  $m^3$  e  $PC$  é o período de coleta em meses.

c) Volume removido de deposições irregulares ( $V_{MC2}$ )

Esse índice também é determinado em função dos dados obtidos junto aos agentes coletores, através da somatória do volume médio mensal coletado de deposições irregulares (normalmente pelo setor público), expresso na equação a seguir:

$$V_{MC2} (m^3 / mês) = \sum V_{DEP\_IRRm} \quad (7)$$

sendo:

$$\sum V_{DEP\_IRRm} = \frac{\sum V_{DEP\_IRR1} + \sum V_{DEP\_IRR2} + \dots + \sum V_{DEP\_IRRn}}{PC} = (m^3 / mês) \quad (8)$$

Onde:

$\sum V_{DEP\_IRRm}$  é o somatório do volume médio mensal de todos os agentes referentes à RCD oriundos das deposições irregulares;  $\sum V_{DEP\_IRRn}$  é o somatório dos volumes coletados de cada agente referente às deposições irregulares, durante todo o período de coleta em  $m^3$ .

A estimativa do volume total gerado é dada pela seguinte fórmula:

$$V_{RCD\_TOTAL2} = V_{NCm} + V_{MC1} + V_{MC2} \quad (9)$$

Alternativa 3: não há registros sobre licenciamento no município, mas há serviço de coleta de RCD.

Nessa alternativa, a estimativa é baseada somente na movimentação de carga dos agentes coletores, semelhante à obtenção dos dois últimos índices da alternativa anterior, porém a parcela referente a movimentação de carga dos RCD oriundos das novas construções é considerada.



$$V_{MC3} = \sum V_{N\_CONSTm} = \frac{\sum V_{N\_CONST1} + \sum V_{N\_CONST2} + \dots + \sum V_{N\_CONSTn}}{PC} = (m^3 / m\hat{e}s) \quad (10)$$

e

$$V_{RCC-TOTAL3} = V_{MC1} + V_{MC2} + V_{MC3} = V_{MC\_TOTAL} \quad (11)$$

onde:

Onde:  $V_{MC3}$  é o volume coletado pelos agentes coletores referente às novas construções;  $\sum V_{N\_CONSTm}$  é o somatório do volume médio mensal de todos os agentes referente à RCD oriundos das novas construções;  $\sum V_{N\_CONSTn}$  é o somatório dos volumes, em  $m^3$ , coletados de cada agente referente às novas construções, durante todo o período de coleta.

Quando a estimativa for realizada através da alternativa 2 ou 3, o sistema realizará primeiramente o cadastramento dos agentes, que será caracterizado a seguir.

### ***Cadastramento dos agentes geradores***

O sistema disponibilizará ao usuário um banco de dados onde poderão ser cadastrados os dados obtidos na pesquisa de campo referentes aos agentes coletores, que poderão servir posteriormente, como apoio a tomada de decisão.

### ***Caracterização e cadastramento dos agentes coletores***

Após a determinação da metodologia de quantificação, quando o município dispor do serviço de coleta (público e/ou privado) o usuário deverá entrar com os dados obtidos na pesquisa de campo, de acordo com as fichas. Primeiramente o usuário alimentará o sistema com informações referentes ao agente público (quando esse atuar na coleta dos RCD) e posteriormente do agente privado (quando atuar no município).

### **Quantificação e caracterização dos RCD gerados no município**

De acordo com as informações fornecidas pelo usuário, o sistema determinará a metodologia a ser utilizada para a quantificação, mencionada anteriormente. No caso da metodologia determinada ser à da alternativa 2 ou 3, o cálculo da estimativa será realizado em função dos dados obtidos no estágio de caracterização dos agentes coletores (Público e/ou Privado). Quanto à caracterização qualitativa, o usuário deverá entrar com os resultados oriundos do trabalho de campo. A densidade do RCD será calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$Den_{RCD} = \frac{\sum M_{123}}{V_t} = (Ton / m^3) \quad (12)$$

Onde:

$Den_{RCD}$  é a Densidade do RCD caracterizado,  $\sum M_{123}$  é o somatório das massas da amostra 1, 2 e 3 (em toneladas) e  $V_t$  é o volume total da amostra que será de  $0,27m^3$ .

A porcentagem referente a cada material e a cada classe pode ser obtida de acordo com as seguintes fórmulas:

$$P_{MATx} = \left( \frac{\sum M_{MATx123}}{\sum M_{123}} \right) \times 100 \quad (13)$$

$$P_{CY} = \sum P_{MATx\_CY} \quad (14)$$

Onde:

$P_{MATx}$  é a Porcentagem referente ao material (X);  $P_{CY}$ , a porcentagem referente aos resíduos classe Y (Classes A, B, C ou D);  $\sum M_{MATx123}$ , o somatório das massas referente ao material nas três amostras (em toneladas);  $\sum M_{123}$ , o somatório das massas das amostras 1, 2 e 3 (em toneladas) e  $\sum P_{MATx\_CY}$ , o somatório das porcentagens referentes aos resíduos classe Y (Classes A, B, C ou D).

Ainda, o sistema fornece a porcentagem referente às origens, que pode ser obtida quando a metodologia adotada para a quantificação for à alternativa 2 ou 3.

Quando a alternativa adotada para quantificação for a 2, as porcentagens serão obtidas de acordo com as seguintes fórmulas:

$$P_{N\_CONST} (\%) = \left( \frac{V_{NCm}}{V_{RCD\_TOTAL2}} \right) \times 100 \quad (15)$$

$$P_{REF} (\%) = \left( \frac{\sum V_{REFm}}{V_{RCD\_TOTAL2}} \right) \times 100; \quad (16)$$

$$P_{DEM} (\%) = \left( \frac{\sum V_{DEMm}}{V_{RCD\_TOTAL2}} \right) \times 100; \text{ e} \quad (17)$$

$$P_{DEP\_IRRm} (\%) = \left( \frac{\sum V_{DEP\_IRRm}}{V_{RCD\_TOTAL2}} \right) \times 100 \quad (18)$$

Onde:

$P_{N\_CONST}$ ,  $P_{REF}$ ,  $P_{DEM}$  e  $P_{DEP\_IRR}$  são a porcentagem referente a novas construções, reformas/renovações, demolições e deposições irregulares respectivamente.

No caso da alternativa de quantificação adotada for a 3, as fórmulas para o cálculo da porcentagem sofrem uma pequena modificação, onde  $V_{RCC\_TOTAL2}$  é substituído por  $V_{RCC\_TOTAL3}$  e, a fórmula para o cálculo da porcentagem referente às novas construções passa a ser:

$$P_{N\_CONST} (\%) = \left( \frac{\sum V_{N\_CONSTm}}{V_{RCD\_TOTAL3}} \right) \times 100 \quad (19)$$

### ***Caracterização da destinação final dos RCD utilizada atualmente no município***

Nesse item, o usuário irá informar ao sistema qual a disposição final do RCD (aterro doméstico e/ou Bota fora/aterro de RCD) utilizada atualmente. No caso da opção indicada ser a do aterro doméstico o sistema alertará o usuário

que isso está em desacordo com a legislação. No caso da destinação em bota-fora/aterro, o usuário deverá cadastrar algumas informações no sistema. O sistema questionará ao usuário se a área que está sendo cadastrada possui licenciamento, e qual o volume médio depositado mensalmente. A partir desses dados é obtido o volume depositado em bota fora/aterro irregular que servirá de base para a caracterização dos impactos ambientais, expresso na seguinte equação:

$$\sum V_{BF\_IRRm} = V_{BF\_IRR1} + V_{BF\_IRR2} + \dots + V_{BF\_IRRn} \quad (20)$$

onde:

$\sum V_{BF\_IRRm}$  é o somatório das médias de resíduos depositados em áreas irregulares e  $V_{BF\_IRR1}$ , o volume médio mensal depositado em uma determinada área irregular.

### ***Caracterização do volume de RCD depositado irregularmente no município e dos impactos econômicos decorrentes dessas deposições***

Para a caracterização dos impactos ambientais, o sistema considera o volume de RCD que é depositado irregularmente no meio ambiente, tanto em pontos de deposição irregular que sofrem limpeza periódica como os bota fora que não possuem licença. Esse indicador pode ser caracterizado pela seguinte fórmula:

$$I_{AMB}(m^3) = \sum V_{DEP\_IRRm} + \sum V_{BF\_IRRm} \quad (21)$$

e

$$I_{AMB\_PERIGOSO}(m^3) = I_{AMB} \times P_{CD} \quad (22)$$

Onde:

$I_{AMB}$  é o volume de RCD descartados irregularmente,  $I_{AMB}$ , o volume de RCD classe D – perigoso, descartado irregularmente,  $\sum V_{BF\_IRRm}$ , o somatório das médias de resíduos depositados em áreas irregulares,  $\sum V_{DEP\_IRRm}$ , o somatório do volume médio mensal de todos os agentes referentes à RCD oriundos das deposições irregulares e  $P_{CD}$ , a porcentagem referente aos resíduos classe D.

Os impactos econômicos ( $I_{ECON}$ ) são referentes às despesas municipais com a coleta e destinação dos RCD oriundos de deposições irregulares. Durante a caracterização do agente coletor público (quando esse existir no município ou for terceirizado). Esse impacto é caracterizado no sistema pelas fórmulas a seguir:

$$C_{TOTAL} = C_{FUNC} + C_{EQUIP} + C_{DEST} \quad (23)$$

sendo,

$$C_{FUNC} = N_{FUNC} \times S_{mFUNC} \quad (24)$$

$$C_{EQUIP} = C_{COMB} + C_{MANUT} \quad (25)$$

$$C_{UNIT} (R\$/m^3) = \frac{C_{TOTAL}}{\sum V_{PÚBLICO}} \quad (26)$$

$$I_{ECON} = C_{UNIT} \times V_{IRR\_PREFm} \quad (27)$$

Onde:

$C_{TOTAL}$  é o custo total com a coleta e destinação dos RCD;  $N_{FUNC}$ , os custos com funcionários;  $C_{EQUIP}$ , o custo com equipamentos;  $C_{DEST}$ , os custos relacionados à destinação final, quando for utilizada áreas privadas ou houver outros custos envolvidos;  $N_{FUNC}$ , o número de funcionários envolvidos na função;  $S_{mFUNC}$ , o salário médio dos funcionários envolvidos na função;  $C_{COMB}$ , o custo mensal com combustível;  $C_{MANUT}$ , o custo com a manutenção dos equipamentos,  $C_{UNIT}$ , o custo unitário de coleta e disposição dos RCD coletados pela prefeitura;  $\sum V_{PÚBLICO}$ , o somatório dos resíduos (RCD, poda, volumosos e outros resíduos coletados pela mesma equipe e que compartilhem o mesmo equipamento) coletados pela prefeitura e  $V_{DEP\_IRR1}$ , o volume médio de RCD oriundo de deposições irregulares pelo agente público.

No caso do serviço de coleta da prefeitura ser terceirizado, o sistema adotará como custo total, o valor cadastrado.

As figuras a seguir apresentam os principais fluxogramas referentes ao estágio de Caracterização dos RCD no município.

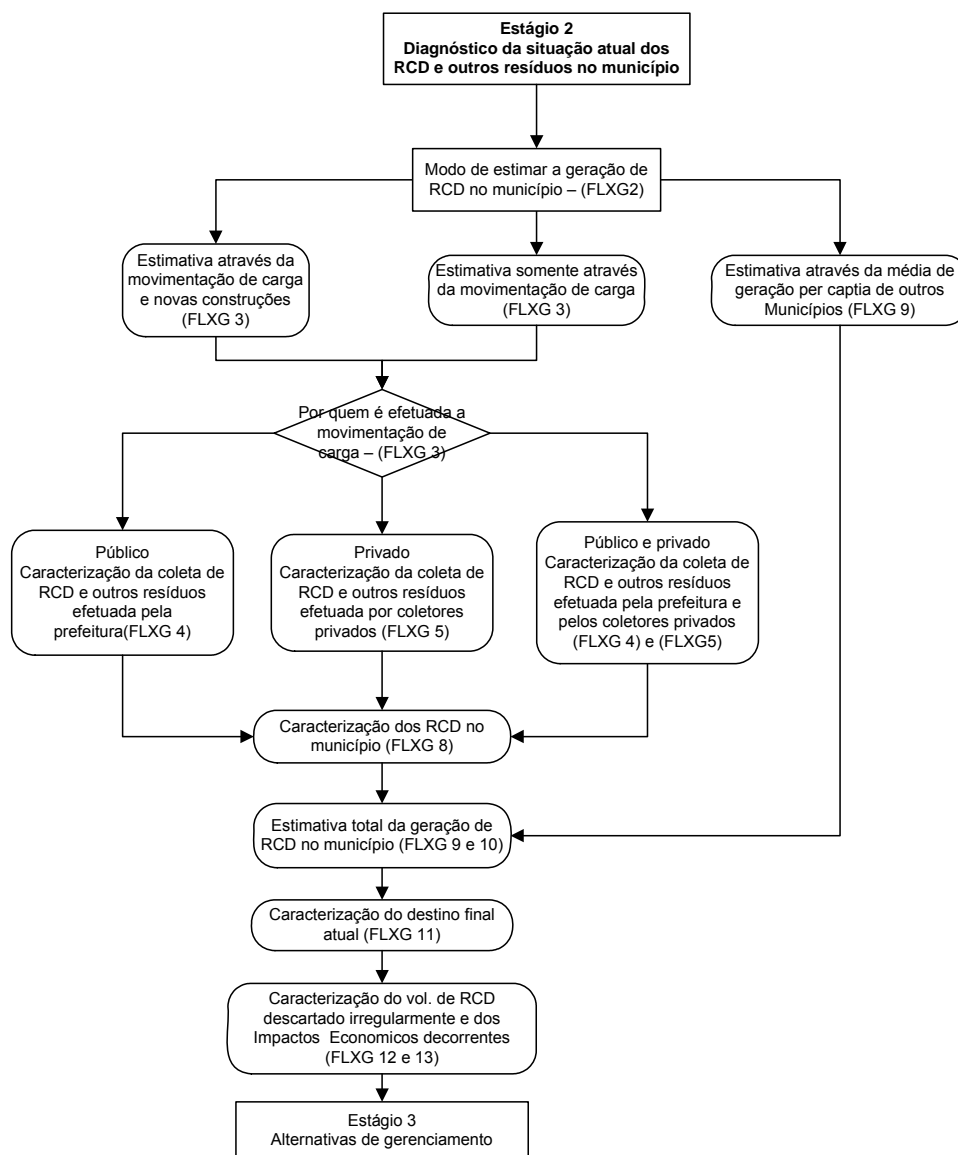


Figura 12 - Fluxograma geral do estágio 2

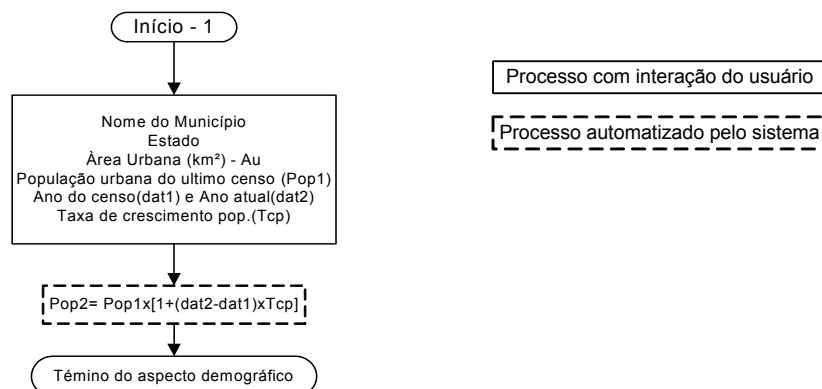


Figura 13 - Aspectos demográficos

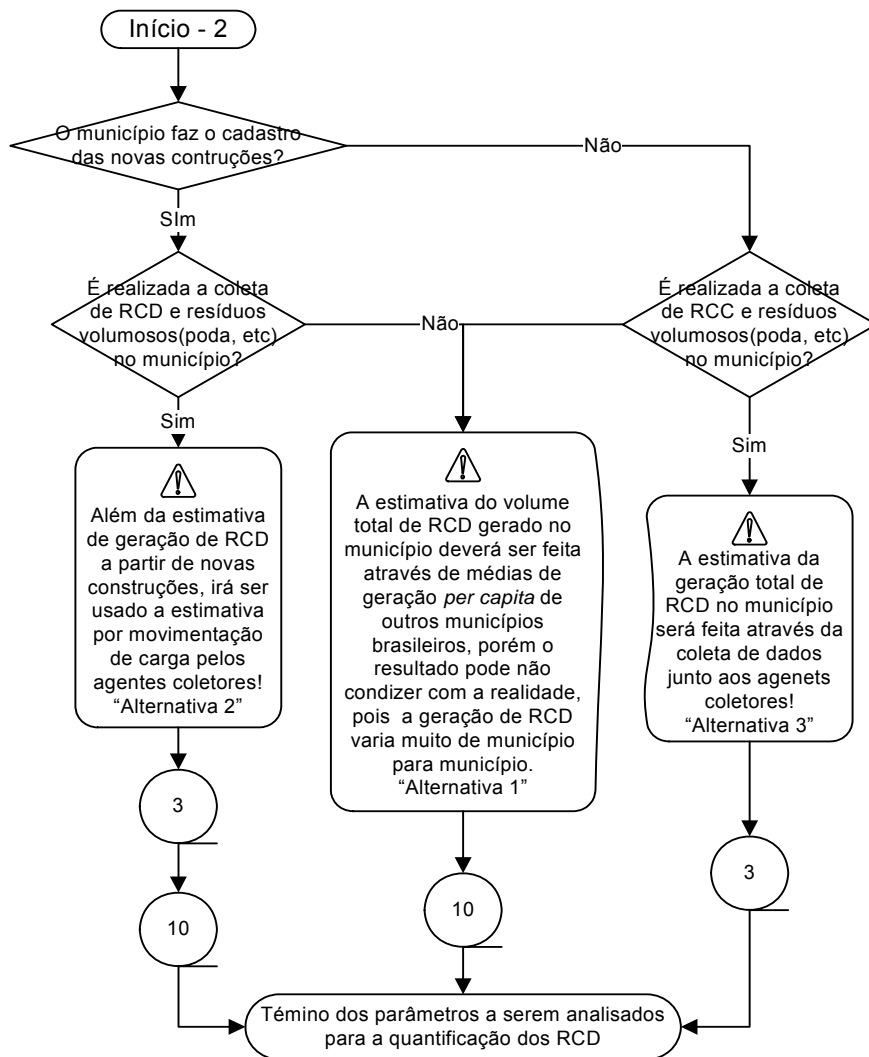


Figura 14 – Informações para determinação da metodologia de quantificação

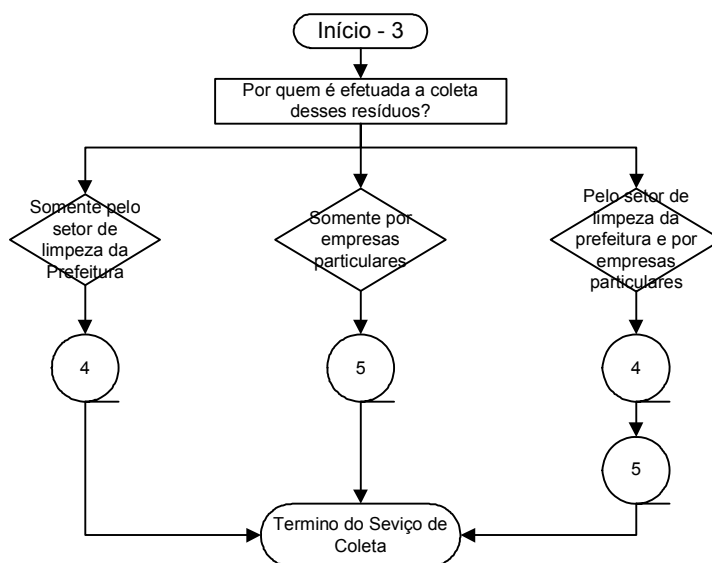


Figura 15 - Caracterização dos agentes coletores

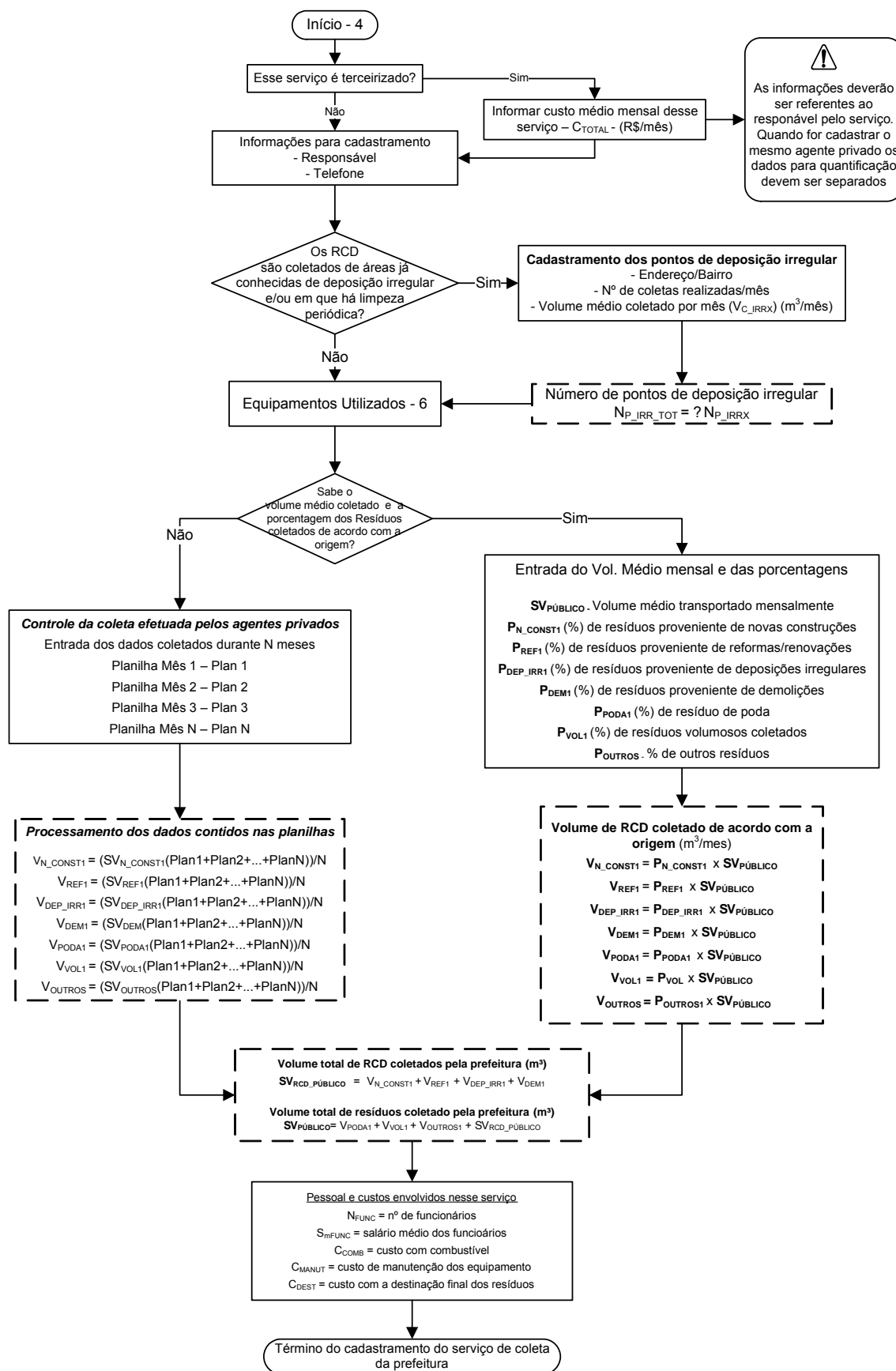


Figura 16 - Cadastramento e caracterização do Agente Público de coleta



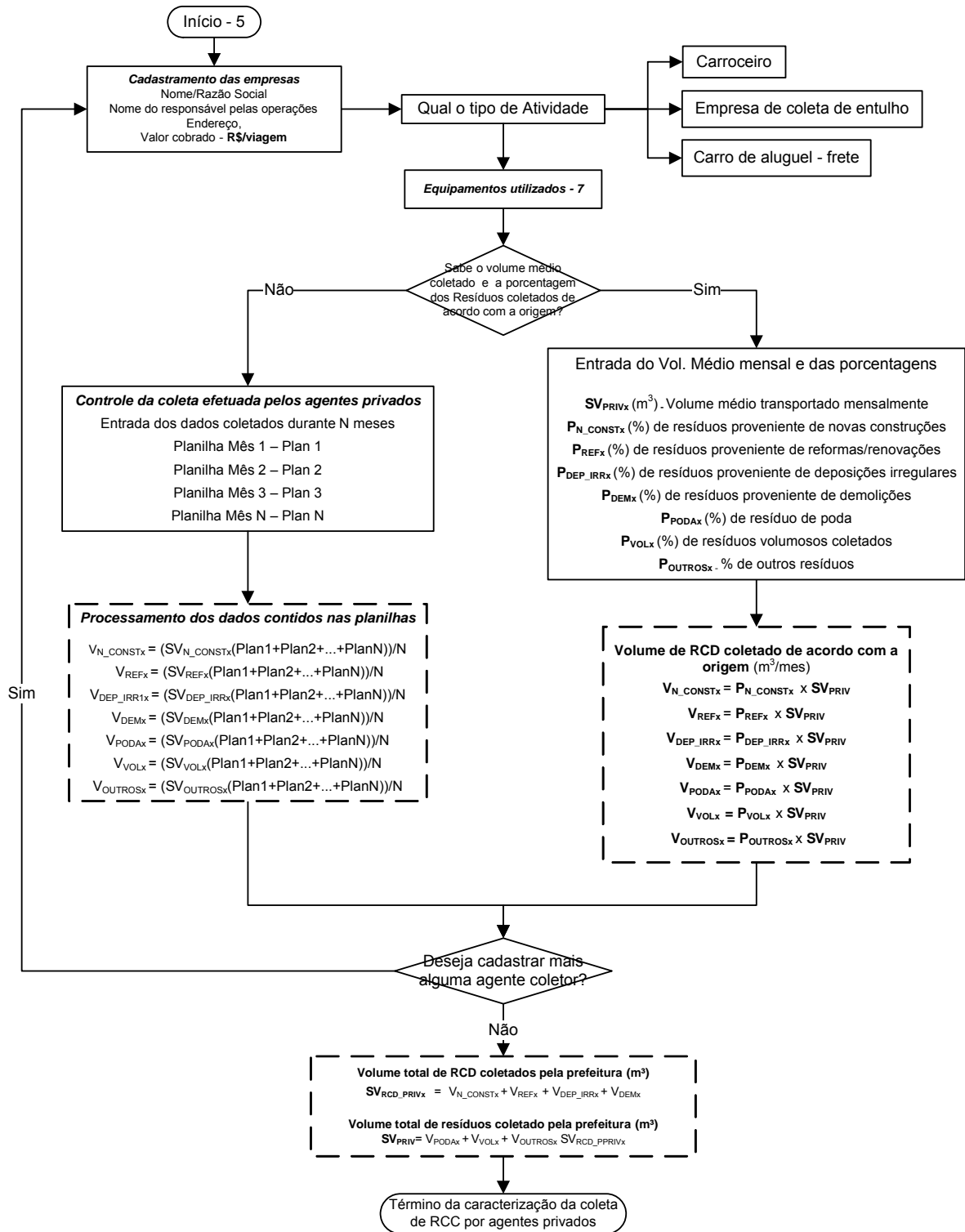


Figura 17 - Caracterização da coleta realizada por empresas privadas

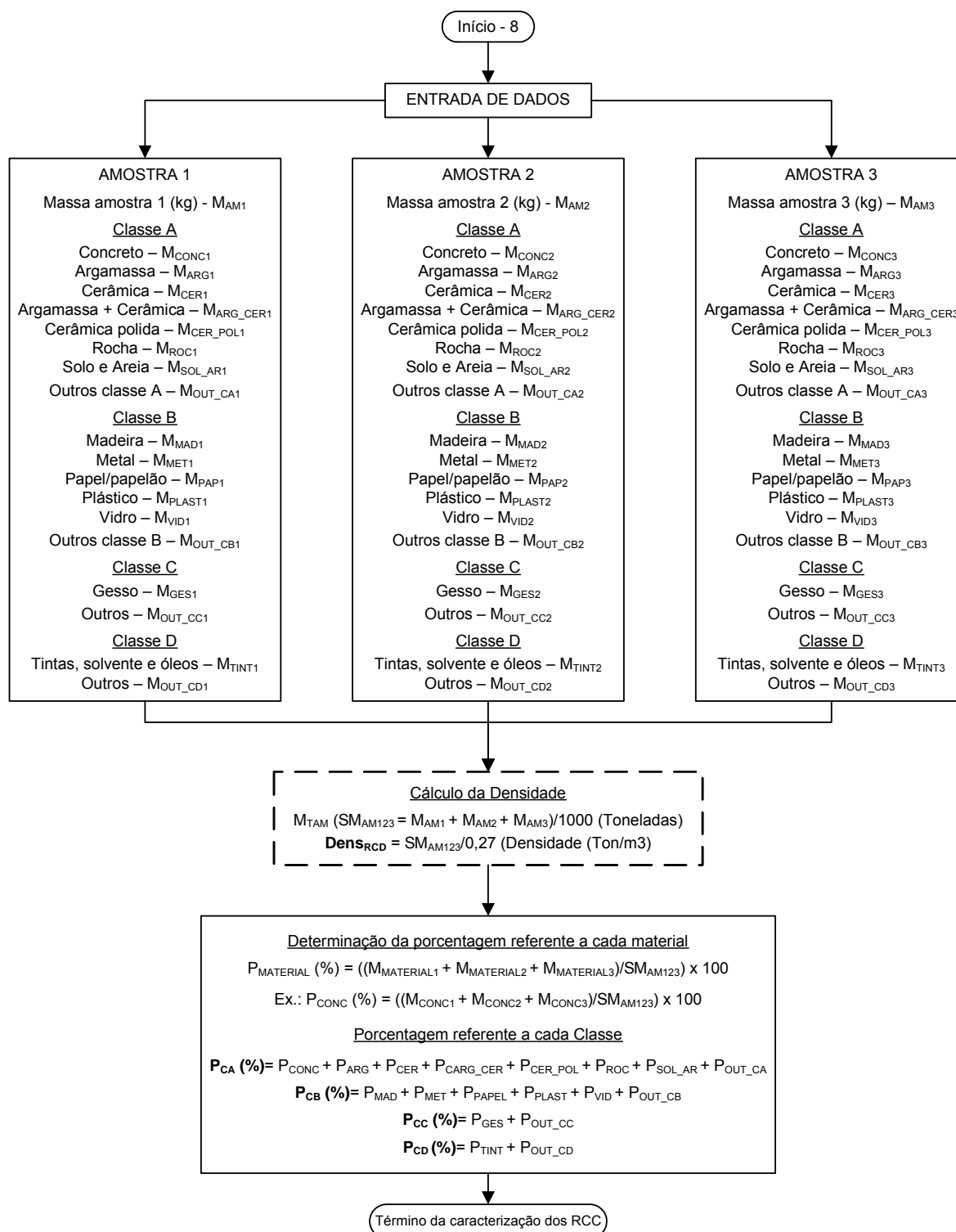


Figura 18 - Caracterização qualitativa dos RCC no município

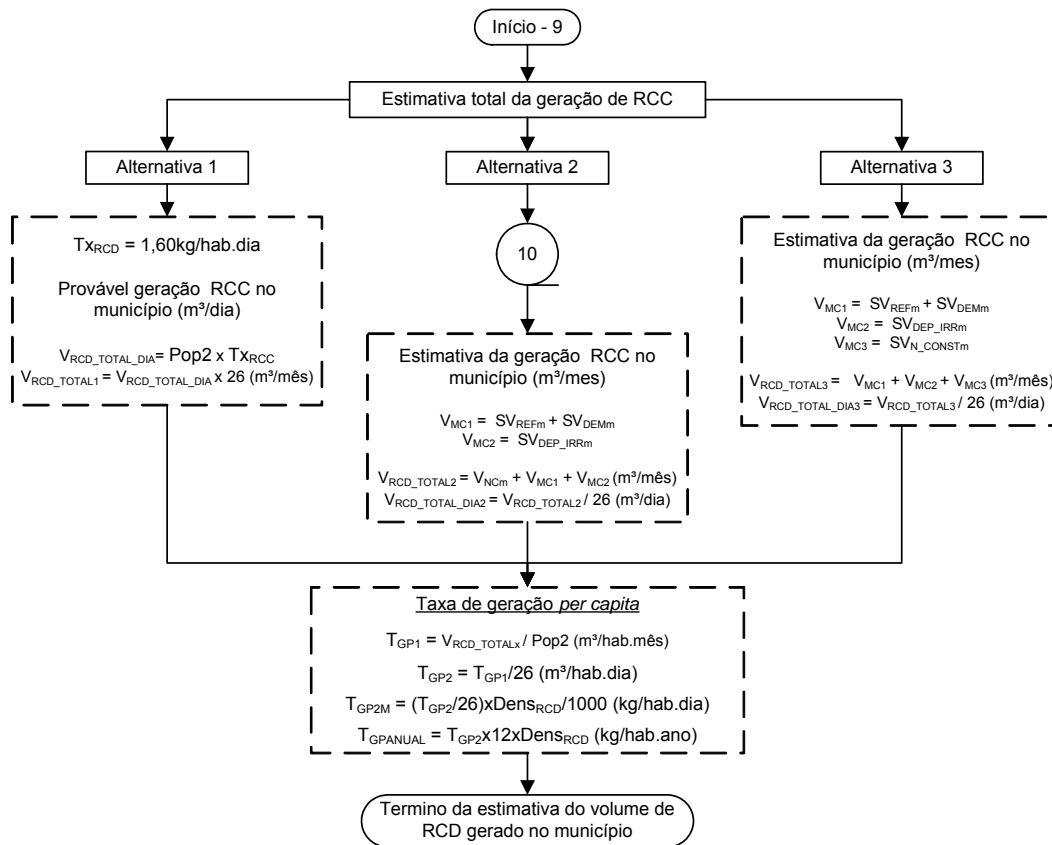


Figura 19 - Caracterização da estimativa de quantificação e geração *per capita* dos RCD

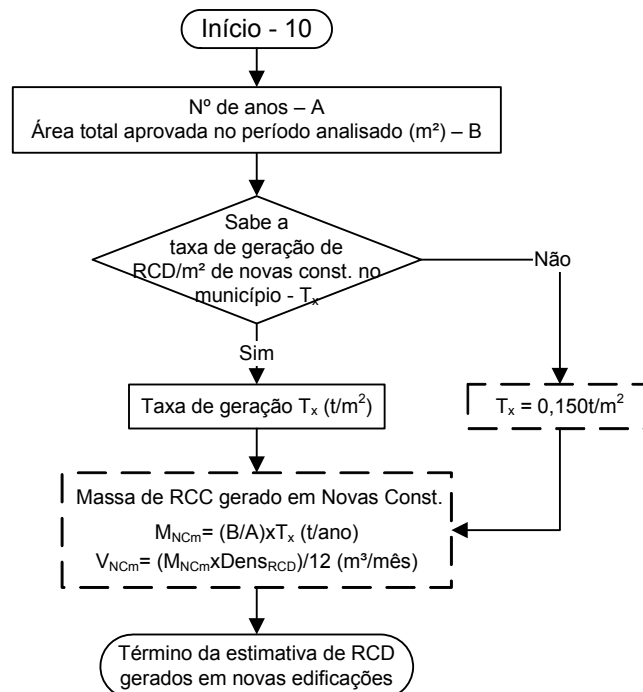


Figura 20 - Caracterização da estimativa de geração de RCD em novas construções

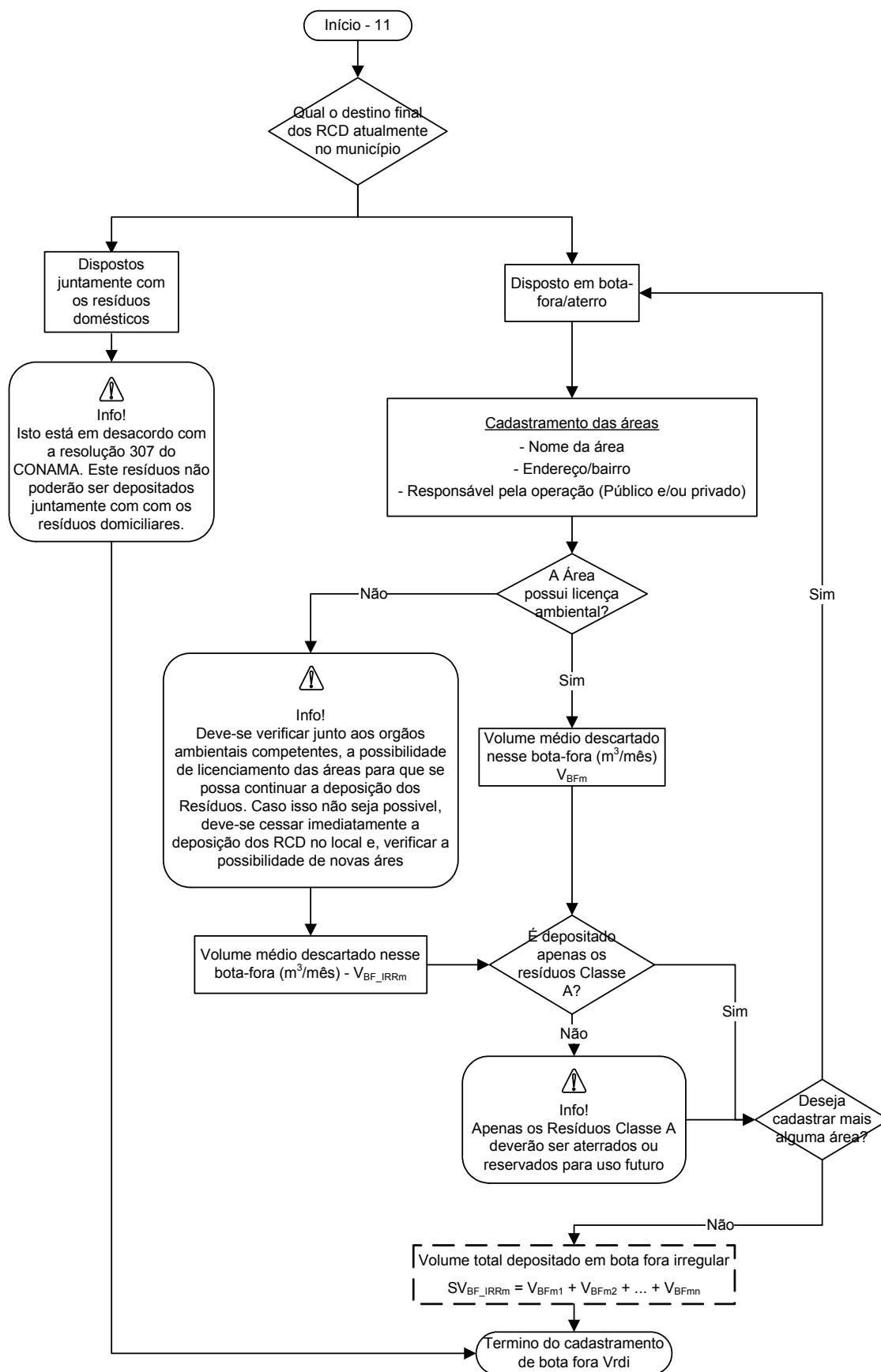


Figura 21 - Caracterização do destino final atual dos RCD no município

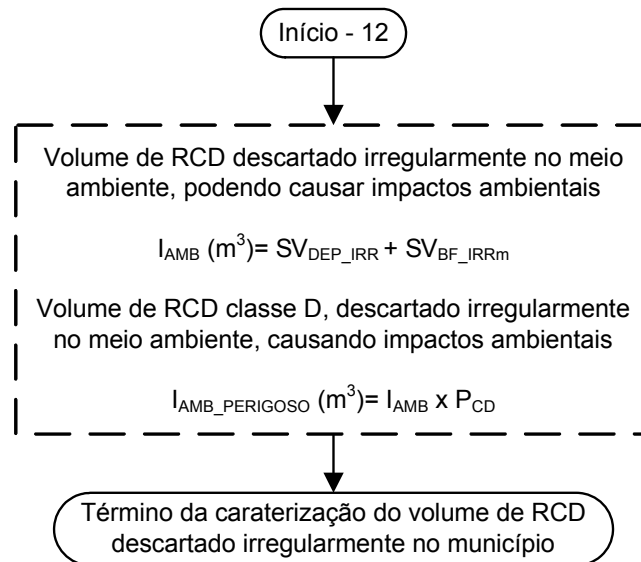


Figura 22 - Caracterização do volume de RCD descartado irregularmente no município

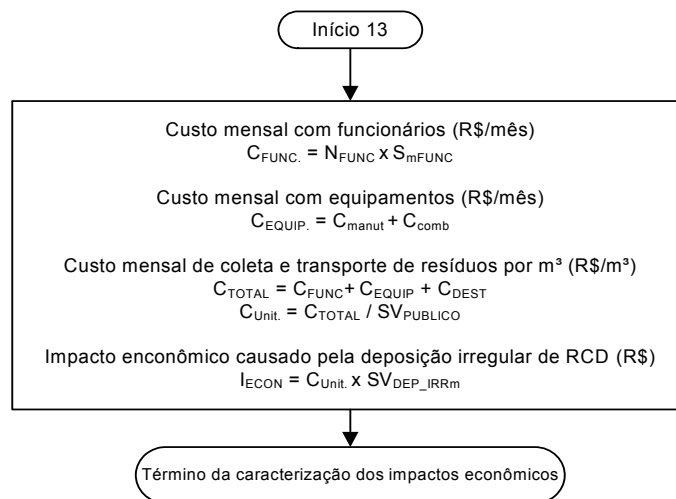


Figura 23 - Caracterização dos Impactos Econômicos

#### 4.2.3 Estágio 3: Alternativas de gestão dos RCD no município

Em função dos dados obtidos no estágio anterior, o sistema proporá alternativas para o gestão dos mesmos, de acordo com os seguintes parâmetros:

### **Rede para gestão dos pequenos volumes**

Nesse item, o sistema auxiliará o usuário no dimensionamento da rede de pontos de entrega voluntária - PEV (para facilitar o descarte dos pequenos geradores, diminuindo assim os pontos de deposição irregular). Primeiramente o sistema busca as informações cadastradas pelo usuário anteriormente, referentes a existência ou não dos pontos de deposição irregular e respectivas características (localização, volume depositado, etc.). No caso da não existência de áreas de deposição irregular no município, o sistema informará ao usuário que não há necessidade de instalações desses pontos, mas que pode ser realizado o cadastramento de áreas que poderão ser utilizadas posteriormente para esse fim (PEV).

No caso de existirem os pontos de deposição irregular, o sistema fornecerá uma estimativa do número de PEV ( $N_{PEV\_EST}$ ) a serem instalados em função da área urbana ( $A_u$ ) do município (informada anteriormente) e do raio de abrangência ( $R_{AB}$ ) que é definido em função da topografia local (deverá ser informada ao sistema) que pode ser: plana ( $R_{AB} = 2,5km$ ), ondulada ( $R_{AB} = 2,0km$ ) ou acidentada ( $R_{AB} = 1,5km$ ). A estimativa do número de PEV é obtida de acordo com a equação:

$$N_{PEV\_EST} = \frac{A_u}{(\pi \times R_{AB}^2)} \quad (28)$$

Após a estimativa do número de PEV, o usuário deverá estabelecer quais pontos de deposição irregular ( $N_{P\_IRRX}$ ) pertencem à mesma bacia de captação, determinando assim o número de bacias de captação consideradas no município.

Caso o número de bacias determinadas for maior que o número de PEV estimados, o sistema sugere a possibilidade de um PEV atender mais de uma bacia. Se isso não for viável, o sistema sugere a implantação de um número maior de PEV do que o estimado. Se o número estimado de PEV for maior que o número de bacias determinadas, o sistema informa que pode ser reduzido o número de PEV ao número de bacias.

Determinadas as bacias de captação, o sistema auxilia o usuário no cadastramento de áreas aptas à instalação desses pontos. Caso, em determinados pontos, não haja áreas disponíveis, o sistema também oferece a opção do cálculo para disponibilização de caçambas metálicas. O número de caçambas a ser disponibilizado e o período de remoção será obtido por meio da seguinte fórmula:

$$NC_{IRR_x} = \left( \frac{VC_{IRR_x}}{V_{caçamba}} \right) / 26 = \text{Número de caçambas necessárias por dia} \quad (29)$$

Onde:

$NC_{IRR_x}$  é o Número de caçambas a serem disponibilizadas,  $VC_{IRR_x}$ , o Volume depositado irregularmente na área "X" e  $V_{caçamba}$ , o volume da caçamba a ser disponibilizada;

Assim,

se  $0 < NC_{IRR_x} \leq 0,167$ , o sistema informará ao usuário que será necessária 1(uma) caçamba com remoção semanal. O resultado indica que serão necessárias no máximo 0,167 caçambas por dia, ou seja, será utilizado no máximo, aproximadamente 16,7% de uma caçamba nesse período. Considerando 6 (seis) dias na semana em que haverá a deposição, o total chegará a 100% da caçamba na semana;

se  $0,167 < NC_{IRR_x} \leq 0,334$ , será necessária 1(uma) caçamba com remoção 2 (duas) vezes por semana, pois o máximo ocupado durante um dia será de 33,4%, totalizando aproximadamente 200% ou 2(duas) caçambas em 6(seis) dias, que pode ser substituída por 1(uma) com 2(duas) remoções semanais;

se  $0,334 < NC_{IRR_x} \leq 0,50$ , deverá ser disponibilizada 1(uma) caçamba com remoção de 3 (três) vezes por semana, pois 6 (seis) dias com deposição máxima de 50% do volume da caçamba resultará em 300%, ou seja, 3(três) caçambas;

se  $0,5 < NC_{IRR_x} \leq 1,0$ , será necessária 1 (uma) caçamba com remoção diária, pois se pode chegar a 100% de ocupação da caçamba num só dia;

se  $1,0 < NC_{IRR_x} \leq 2,0$ , será necessária 1(uma) caçamba com remoção de 2 (duas) vezes por dia ou 2 (duas) caçambas com remoção diária; e

se  $NC_{IRR_x} > 2,0$  o número de caçambas a serem disponibilizadas será o valor de  $NC_{IRR_x}$  (quando o valor for fracionado, o sistema adotará o valor inteiro, arredondado para cima – ex.:  $2,25 = 3$ caçambas), e a remoção deverá ser diária.

### ***Determinação da responsabilidade pelos grandes volumes e características das ATT***

No item anterior, foram caracterizados alguns aspectos para a gestão dos pequenos volumes que, segundo a legislação é de responsabilidade dos municípios. Já, para a gestão dos grandes volumes, não há dados relacionados a municípios de pequeno porte, como apresentado anteriormente na revisão bibliográfica, portanto, aconselha-se que estes passem a ser responsabilidade do setor privado (geradores e coletores), pois normalmente são eles os responsáveis por 85% ou mais de todo RCD gerado no município.

Nesse item, o sistema auxilia o usuário na determinação do responsável pelo gerenciamento dos grandes volumes através da seguinte condição:

- se  $\sum V_{RCD\_PUBLICO} > \sum V_{RCD\_PRIV}$ , o sistema irá sugerir que a responsabilidade do gerenciamento dos grandes volumes seja do setor público, sendo que este serviço deverá ser cobrado dos agentes privados;
- se  $\sum V_{RCD\_PUBLICO} \leq \sum V_{RCD\_PRIV}$ , então o sistema sugere que a responsabilidade pelo gerenciamento dos grandes volume seja do setor privado, devendo dar preferência para o estabelecimento de parcerias entre as empresas para a constituição de uma estrutura de gestão compartilhada. Podendo ainda, avançar para o estabelecimento de convênios no âmbito local, com a eventual concessão de áreas públicas para a instalação de ATT e centrais de reciclagem.



Onde:

$\sum V_{RCD\_PUBLICO}$  é o total de RCC coletados pela prefeitura e  $\sum V_{RCD\_PRIV}$ , o total de RCC coletados pelo setor privado.

Após a determinação do responsável pelo gerenciamento dos grandes volumes, o sistema fornece as características de uma ATT e a área física necessária para a instalação da mesma, sendo essa área determinada em função do volume gerado diariamente no município ( $V_{RCD\_TOTALx\_DIA}$ ), de acordo com o recomendado por Pinto e Gonzáles (2005), ou seja:

$$V_{RCD\_TOTALx\_DIA} = V_{RCD\_TOTALx} / 26 \quad (30)$$

considerando que:

- se  $V_{RCD\_TOTALx\_DIA} \leq 70m^3$ , então  $A_{ATT} = 1100m^2$ ;
- se  $70m^3 < V_{RCD\_TOTALx\_DIA} \leq 135m^3$ , então  $1100m^2 < A_{ATT} \leq 1400m^2$ ;
- se  $135 < V_{RCD\_TOTALx\_DIA} \leq 270m^3$ , então  $1400m^2 < A_{ATT} \leq 2300m^2$ ; e
- se  $270 < V_{RCD\_TOTALx\_DIA} \leq 540m^3$ , então  $2300m^2 < A_{ATT} \leq 4800m^2$ .

### ***Destinação final dos Resíduos coletados***

A destinação final dos resíduos coletados no município será proposta ao usuário através de alternativas, variando em função da classe do material e do tipo do mesmo.

**RCD Classe A:** primeiramente o sistema informará qual o volume que deverá ser dado à destinação final ( $V_{Classe\_A} = m^3 / dia$ ) através da seguinte fórmula:

$$V_{Classe\_A} = V_{RCD\_TOTALx} \times P_{CA} \quad (m^3/mês) \quad (31)$$

onde:

$V_{Classe\_A}$  é o volume de RCD classe A;  $V_{RCD\_TOTALx}$ , o volume total de RCD gerado;  $P_{CA}$ , a porcentagem de RCD classe A.

Posteriormente serão apresentadas ao usuário as alternativas de destinação para esses resíduos que podem ser divididos em:

- a) Reciclagem/reutilização: o sistema irá propor algumas formas de reutilização desses resíduos na própria obra e aplicações do material obtido na reciclagem. Serão apresentadas as normas referentes às mesmas, vantagens e desvantagens de cada aplicação, trabalhos técnicos desenvolvidos sobre o assunto, tipos de equipamentos utilizados, o volume passível de reciclagem no município, determinação da área necessária para as instalações dos equipamentos, além da opção de auxílio na escolha e cadastramento de áreas para a implantação de centrais de reciclagem e também de ATT.

A área necessária para a instalação da central de reciclagem ( $A_{RECICLE}$ ) é determinada em função do volume passível de reciclagem ( $V_{RECICLE\_CA}$ ), que é equivalente a 35% do total de volume de RCD gerado no município (DA ROSA, 2005), ou seja:

$$V_{RECICLE\_CA} = \left( \frac{V_{RCD\_TOTALx}}{26} \right) \times 35\% = (m^3 / dia), \text{ e} \quad (32)$$

Considerando que:

- se  $V_{RECICLE\_CA} \leq 40m^3$ , então  $A_{RECICLE\_CA} = 3000m^2$ ;
- se  $40m^3 < V_{RECICLE\_CA} \leq 80m^3$ , então  $3000m^2 < A_{RECICLE\_CA} \leq 3500m^2$ ;
- se  $80 < V_{RECICLE\_CA} \leq 160m^3$ , então  $3500m^2 < A_{RECICLE\_CA} \leq 7500m^2$ ; e
- se  $160 < V_{RECICLE\_CA} \leq 320m^3$ , então  $7500m^2 < A_{RECICLE\_CA} \leq 9000m^2$ .

No caso da opção em instalar a ATT juntamente com a central de reciclagem a área total será obtida pela soma da área necessária para a ATT com a área para a central de reciclagem.

Os trabalhos técnicos que serão disponibilizados ao usuário sobre o assunto compreendem teses, dissertações, artigos técnicos entre outros, como:

- a. Angulo (2006), Determinação dos teores de concreto e argamassa em agregados graúdos de RCD reciclados;
  - b. Barros (2005), Avaliação de um Resíduo da Construção Civil Beneficiado Como Material Alternativo Para Sistema de Cobertura;
  - c. Fonseca (2002), Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto e agregados reciclados de rejeitos de construção Civil;
  - d. Latterza (1998), Concreto com Agregado Graúdo Proveniente da Reciclagem de Resíduos de Construção Civil - Um Novo Material para Fabricação de Painéis Leves de Vedação;
  - e. São Paulo (2003), Camadas de reforço do sub-leito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil;
  - f. Zordan (1997), A utilização do entulho como agregado, na confecção de concreto.
- b) Aterro: o sistema fornece ao usuário informações quanto aos tipos de aterro, legislações e normas referente a execução dos mesmos e também a opção para cadastramento de áreas a serem utilizadas para aterro (tanto para regularização como para preservação). Nesse item também serão disponibilizados ao usuário alguns documentos técnicos, tais como:
- g. Angulo e John (2006) Requisitos para a execução de aterros de resíduos de construção Civil

RCD Classe B: as alternativas que o sistema irá propor para a maioria dos RCD classe B (metal, papel/papelão, plástico e vidro) serão: destinação a coleta seletiva, destinação a associação de catadores e/ou empresas de reciclagem e em ultima hipótese encaminhá-los ao aterro sanitário. Os resíduos de madeira terão como propostas de alternativas a reciclagem (equipamentos, tamanho de áreas, etc.), doação à população (para utilização de diversos fins) ou a doação a indústrias que utilizem a madeira como fonte de energia (olarias, pizzarias, etc.).

Para cada material, o sistema fornece a quantidade (em toneladas) que terá que ser dada à destinação final, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$Q_{METAL} = (V_{RCC\_TOTALx} \times Dens_{RCD}) \times P_{METAL} \quad (33)$$

$$Q_{PAPEL} = (V_{RCD\_TOTALx} \times Dens_{RCD}) \times P_{PAPEL} \quad (34)$$

$$Q_{PLAST} = (V_{RCD\_TOTALx} \times Dens_{RCD}) \times P_{PLAST} \quad (35)$$

$$Q_{VIDRO} = (V_{RCD\_TOTALx} \times Dens_{RCD}) \times P_{VIDRO} \quad (36)$$

$$Q_{MAD} = (V_{RCD\_TOTALx} \times Dens_{RCD}) \times P_{MAD} \quad (37)$$

Onde:

$Q_{METAL}$ ,  $Q_{PAPEL}$ ,  $Q_{PLAST}$ ,  $Q_{VIDRO}$  e  $Q_{MAD}$  é igual a quantidade de matéria (metal, papel/papelão, plástico, vidro e madeira) a ser dada destinação final e  $P_{METAL}$ ,  $P_{PAPEL}$ ,  $P_{PLAST}$  e  $P_{VIDRO}$  é igual a porcentagem referente a cada material (metal, papel, plástico e vidro), calculada pelo sistema a partir dos dados coletados na caracterização qualitativa.

RCD Classe C: como não foram desenvolvidas técnicas viáveis para a reciclagem desses resíduos, oferece ao usuário, documentos técnicos referente a formas alternativas de gestão para esses resíduos. Os documentos fornecidos ao usuário referentes a esse assunto são:

- h. John e Cincotto (2006) Alternativas de Gestão dos Resíduos de Gesso

RCD Classe D: para esses resíduos o sistema indicará que deverão ser encaminhados para aterro industrial do município ou região.

Outros Resíduos (Poda e Volumosos): para os resíduos de poda o sistema propõe a utilização da compostagem como destino final e apresenta ao usuário documentos referentes a esse processo (Manual de compostagem, Pereira (2005)). Quanto aos resíduos volumosos, a destinação proposta ao usuário é dividida entre os volumosos reaproveitáveis que deverão ser destinados a

doação para a população através de feiras e os resíduos inservíveis que deverão ser destinados ao aterro sanitário.

### ***Características do Programa de Informação Ambiental e Fiscalização a ser elaborado e implementado***

Como proposto no Manual de Manejo e Gestão dos RCD, elaborado por Pinto e Gonzáles (2005), o sistema irá repassar algumas informações importantes ao usuário referentes a ações a serem desenvolvidas nos programas, além de documentos relacionados ao assunto que servirão de exemplo para a elaboração desses programas no município.

Os documentos técnicos que serão disponibilizados ao usuário nesse item serão:

- i. Cunha Junior (2005), Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil;
- j. Curitiba (2007), Termo de Referência para a Elaboração do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil;
- k. Pinto (2005), Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil;
- l. Pinto e Gonzáles (2005) Modelo de material informativo. P. 54 e 55 do Manual.
- m. SindusCon - DF (2007) Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Canteiro de Obras.

### ***Características da Base Jurídica a ser elaborada para sustentabilidade do novo sistema de gestão***

O sistema fornece exemplos de Base jurídica (Leis e Decretos) aplicada em alguns municípios brasileiros e também o proposto por Pinto e Gonzáles (2005), que poderão servir de base para a elaboração da mesma no Jurídico do Município.

As legislações municipais que estarão disponíveis para consulta pelo usuário serão:

- n. Americana (2005);

- o. Curitiba (1997 e 2005);
- p. Guarulhos (2006);
- q. Recife (2005);
- r. São Paulo (2002 e 2005);
- s. Pinto e Gonzáles (2005) – Minuta de Lei e Decreto Municipal Estruturadora e Regulamentadora do Sistema de manejo e Gestão dos RCD. Páginas 77 a 124 do Manual.

A seguir serão apresentados os principais fluxogramas referentes à etapa de Estratégias de Gestão.

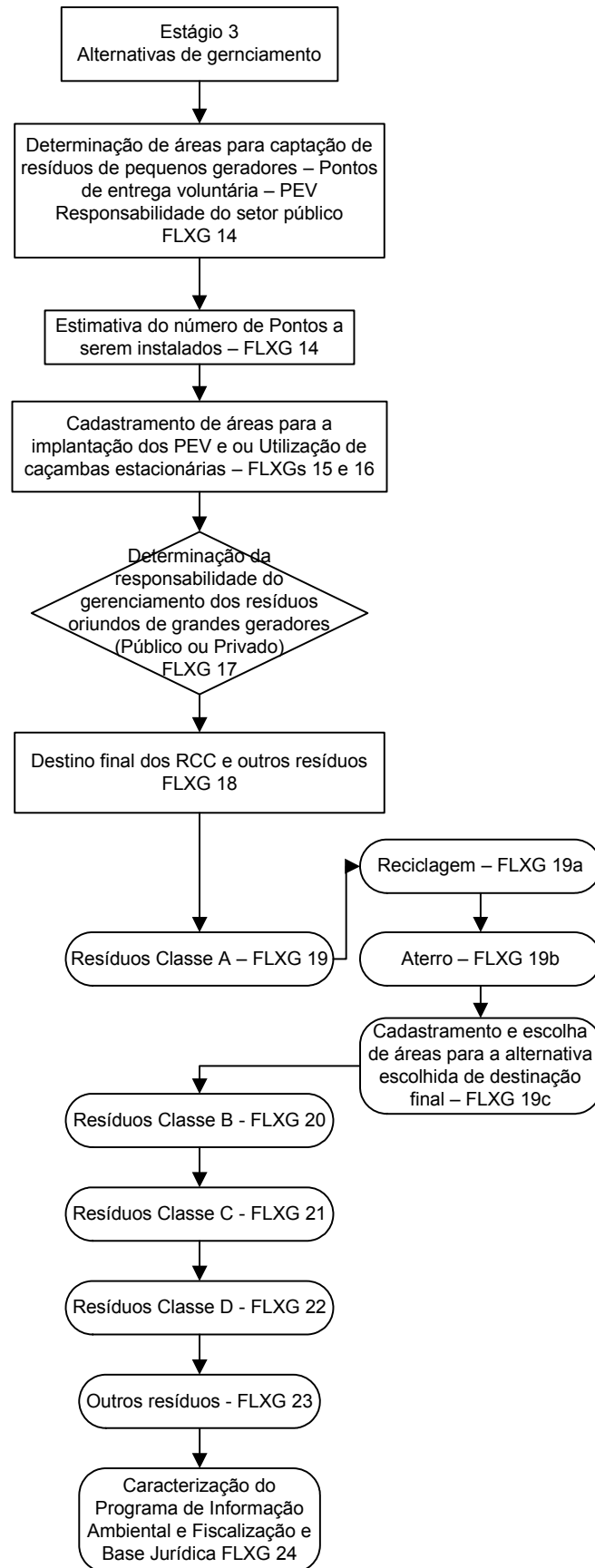


Figura 24 - Fluxograma geral do estágio 3

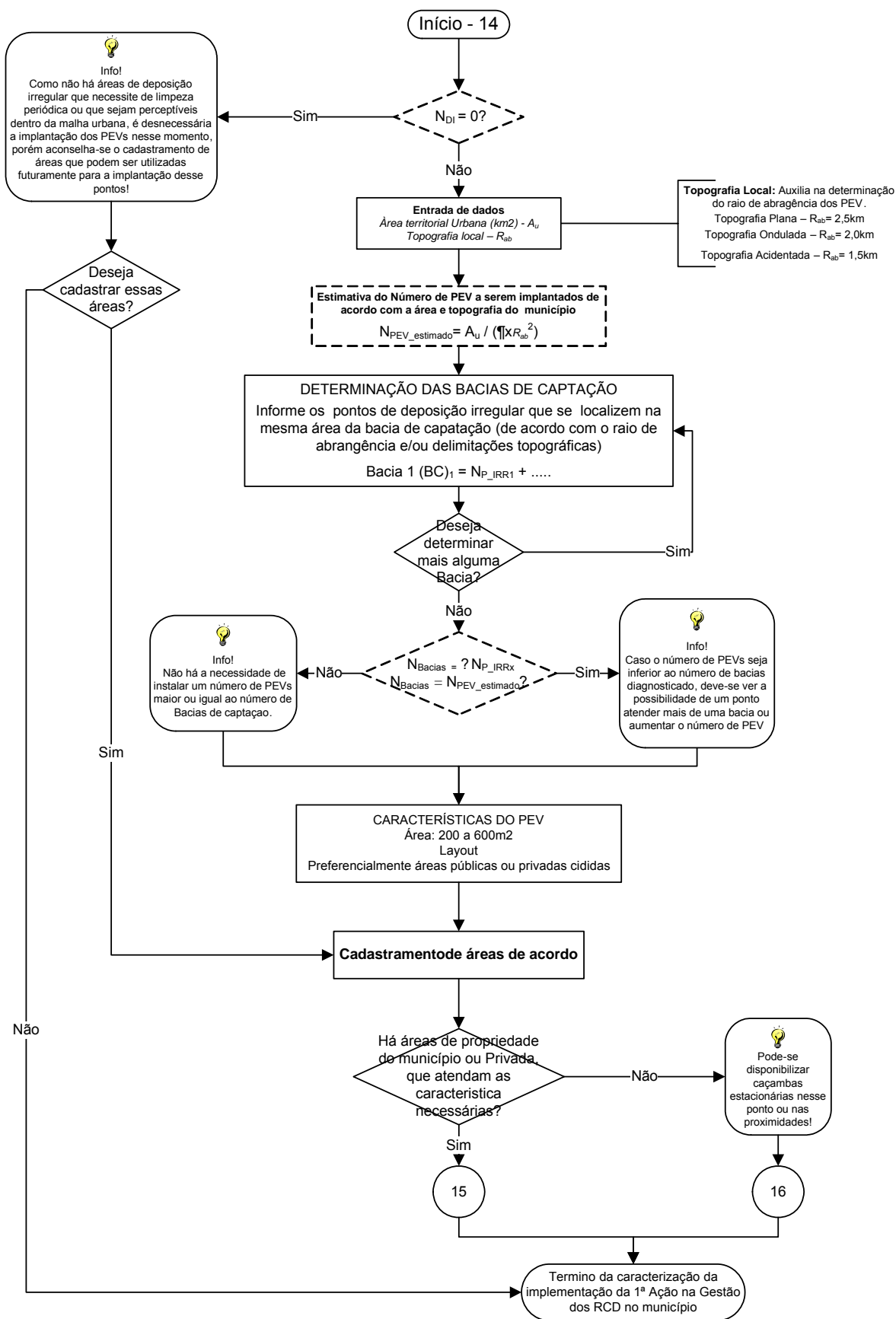


Figura 25 - Dimensionamento da Rede de Gestão de pequenos volumes



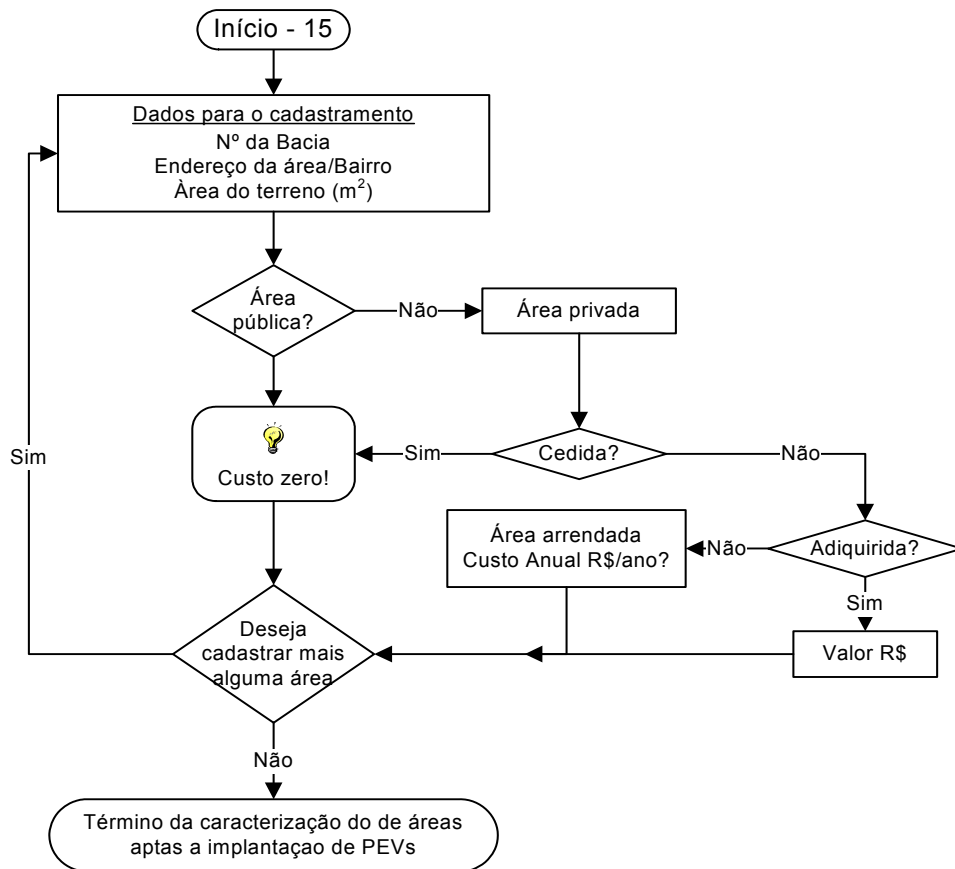


Figura 26 - Cadastramento de áreas para a implantação de PEVs

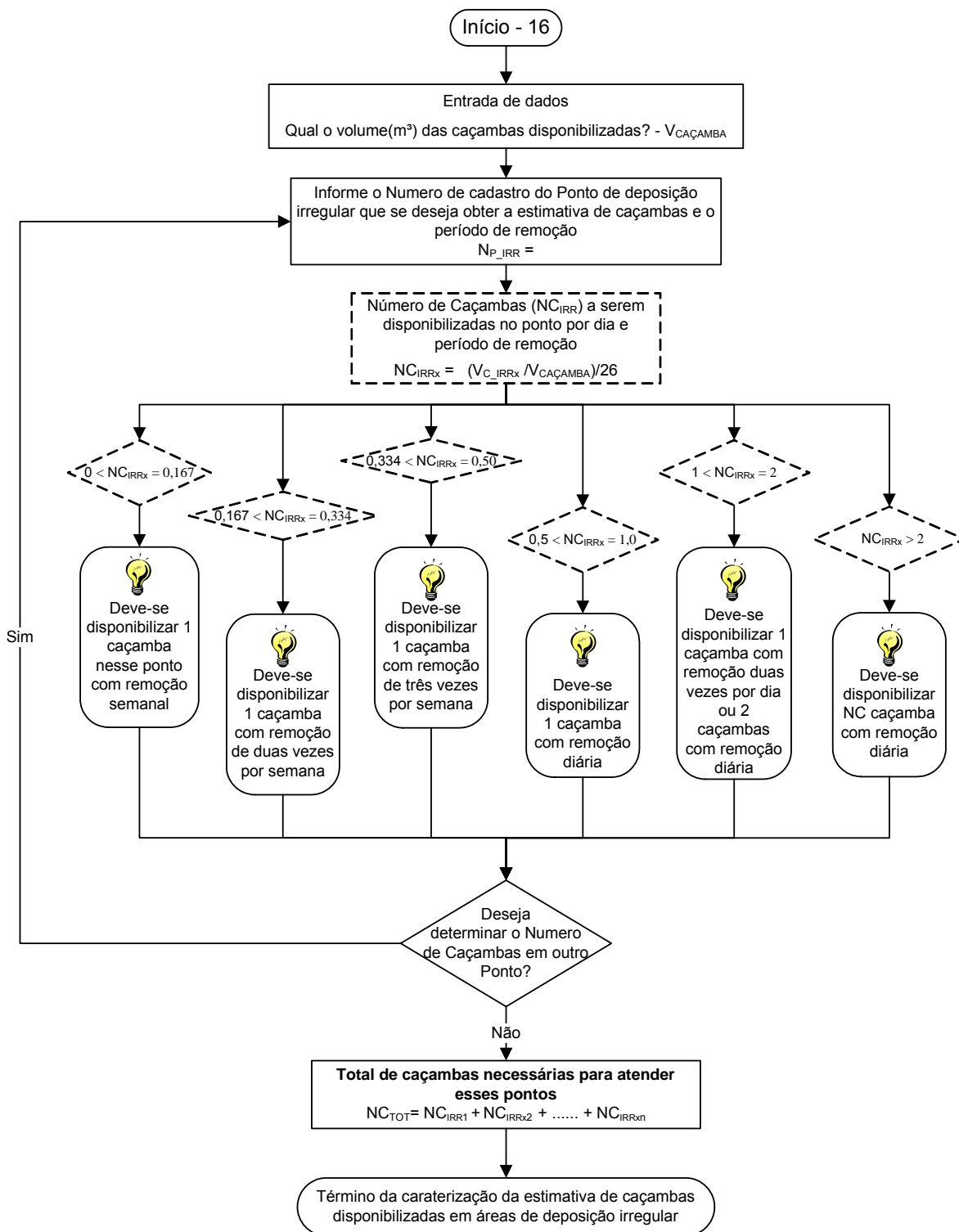


Figura 27 - Dimensionamento do número de caçambas a serem disponibilizadas em pontos de deposição irregular

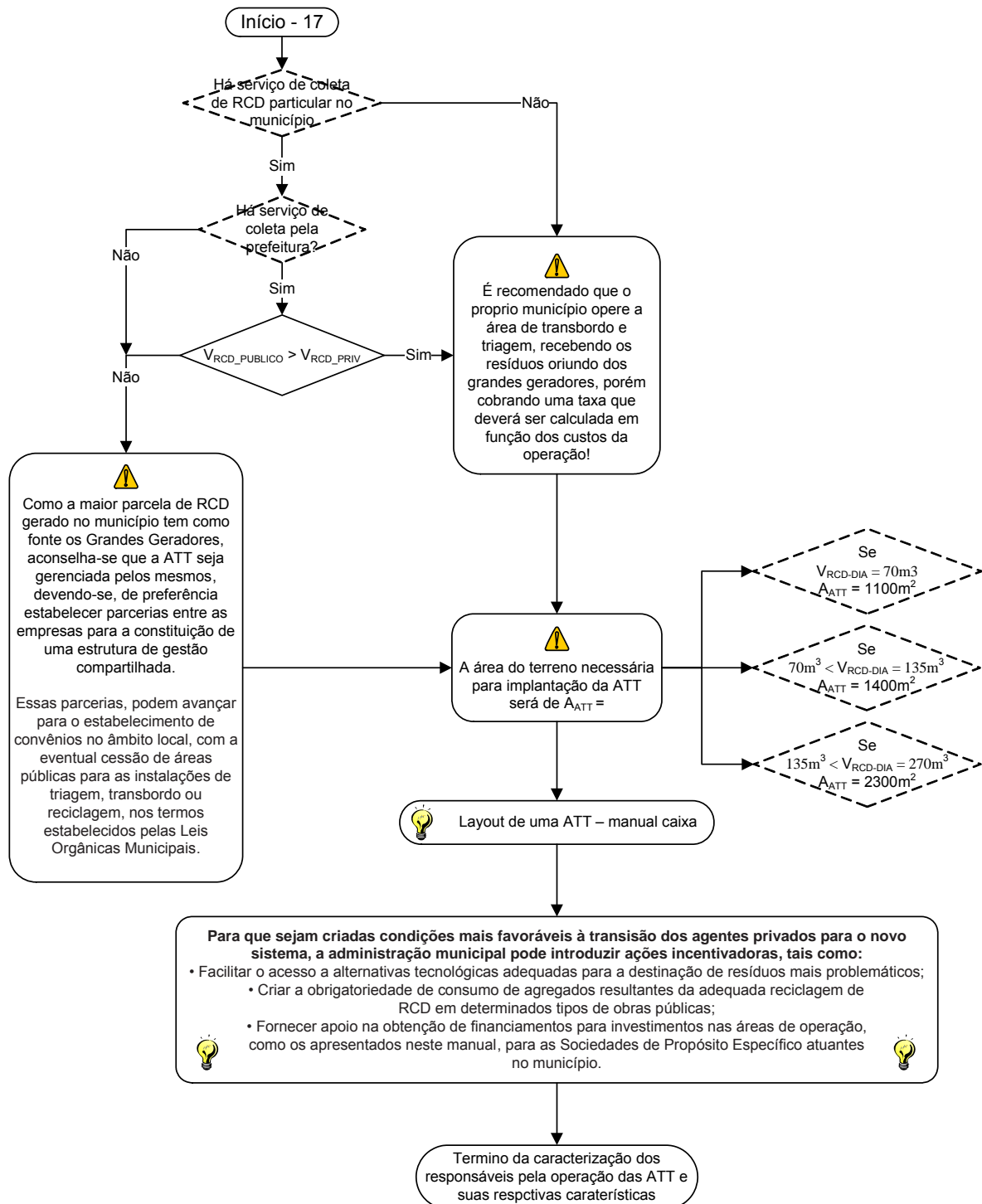


Figura 28 - Determinação do responsável pelo gerenciamento dos grandes volumes e características das ATT

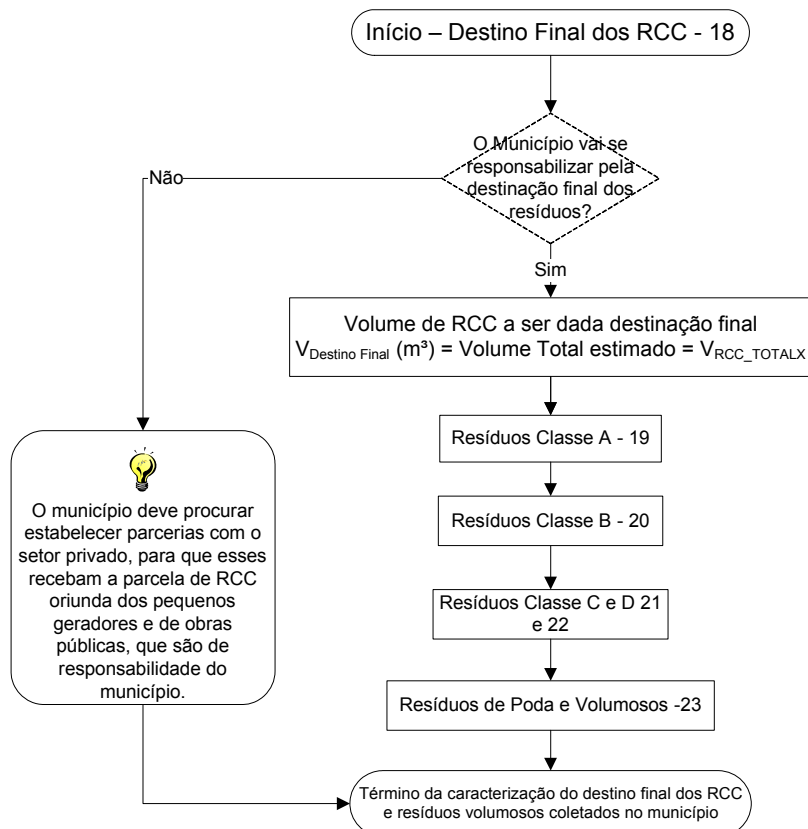


Figura 29 - Caracterização do destino final por classe

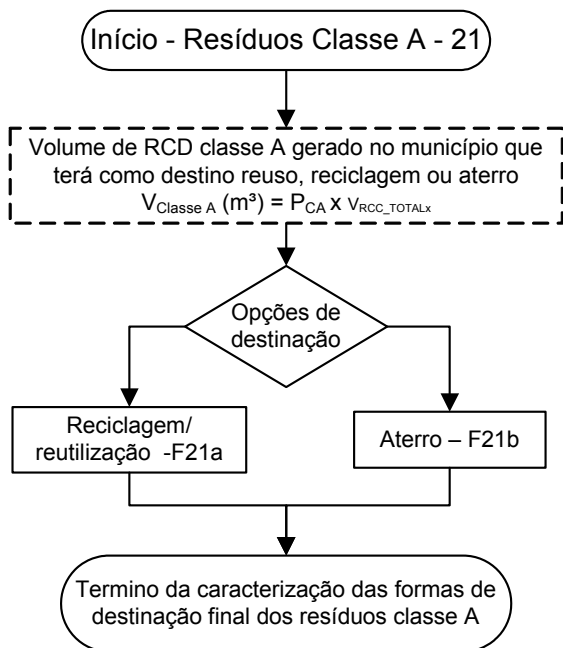


Figura 30 - Destinação final dos RCD classe A

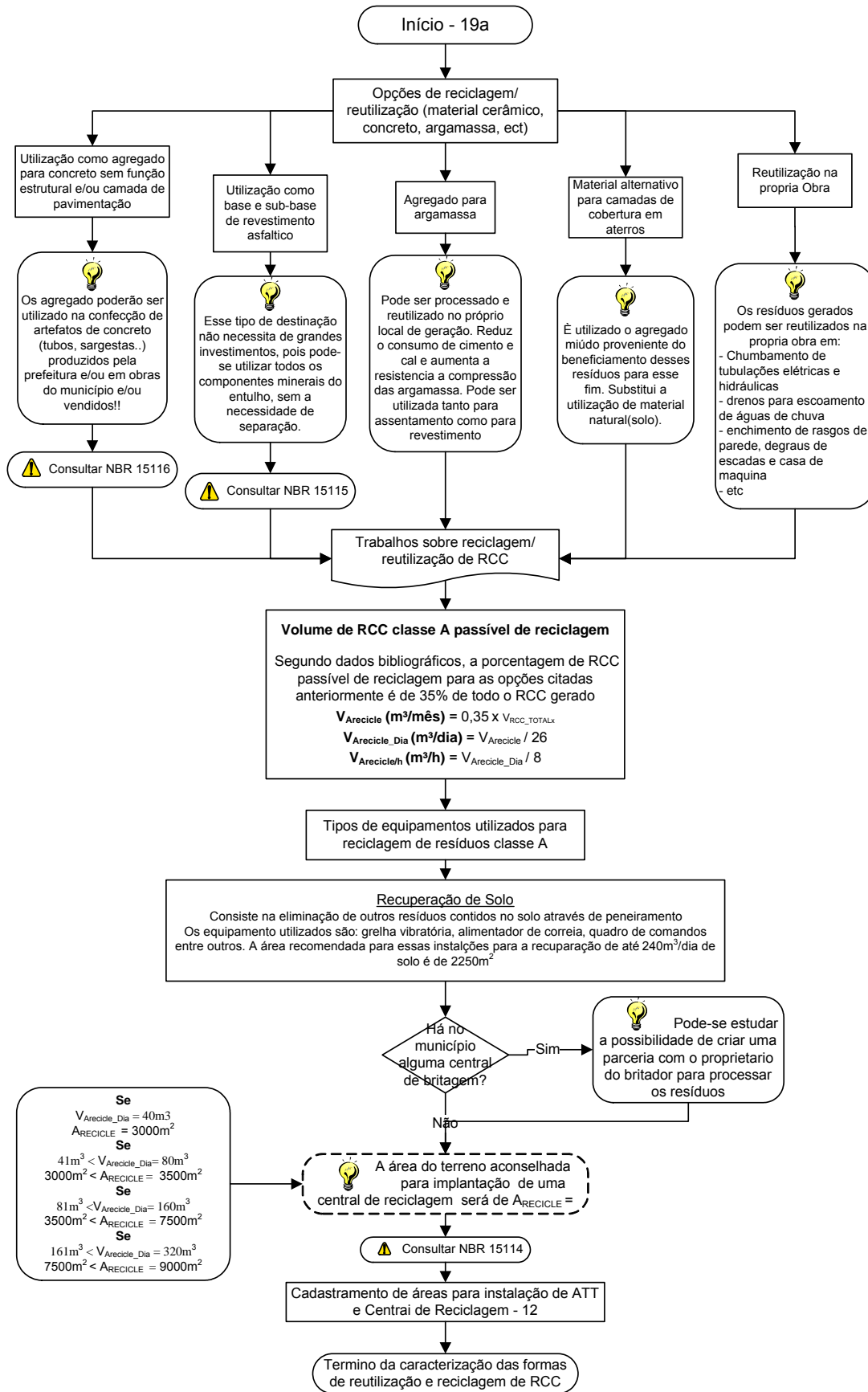


Figura 31 - Caracterização da destinação dos RCD classe A - reciclagem/reutilização

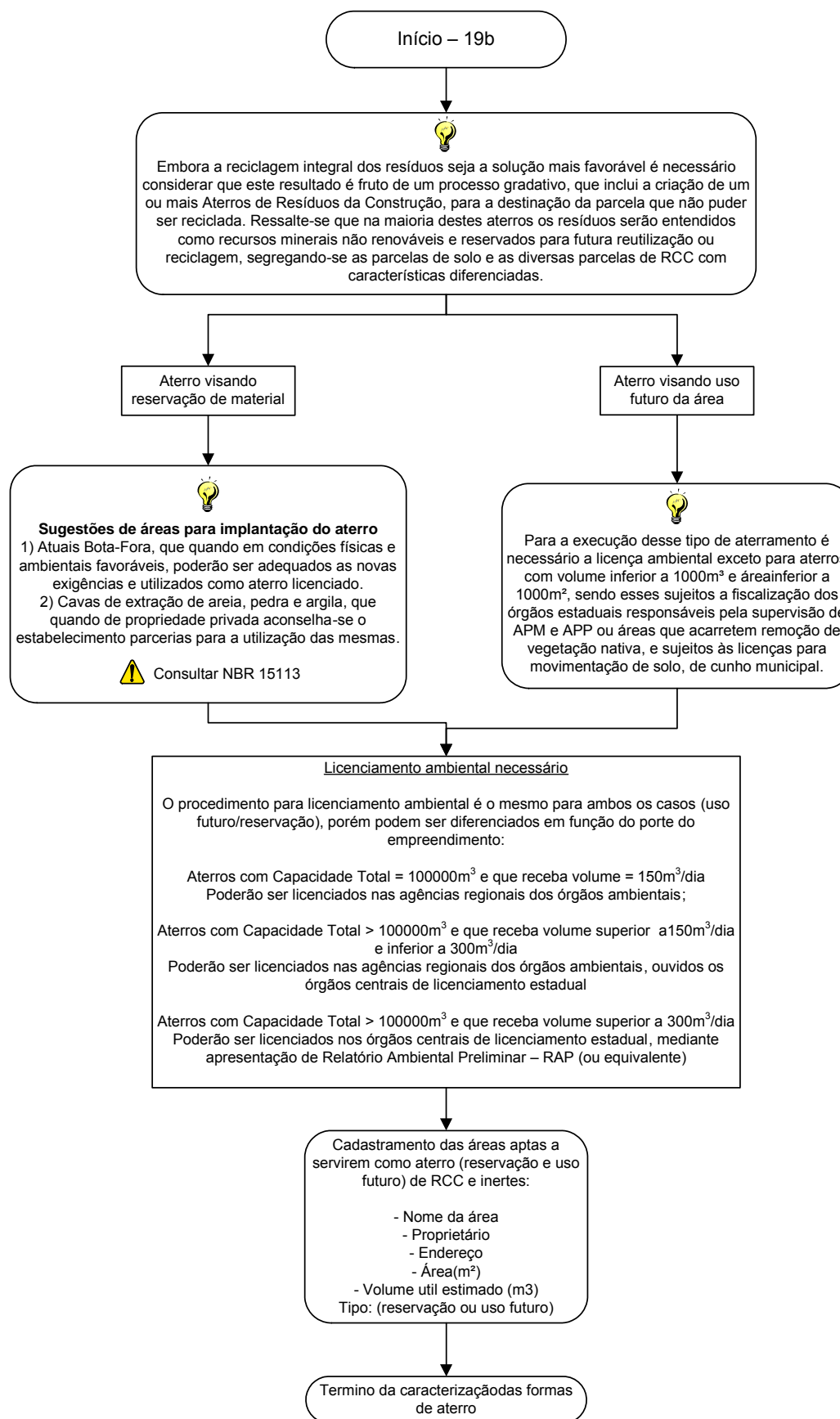


Figura 32 - Caracterização da destinação dos RCD classe A - Aterro

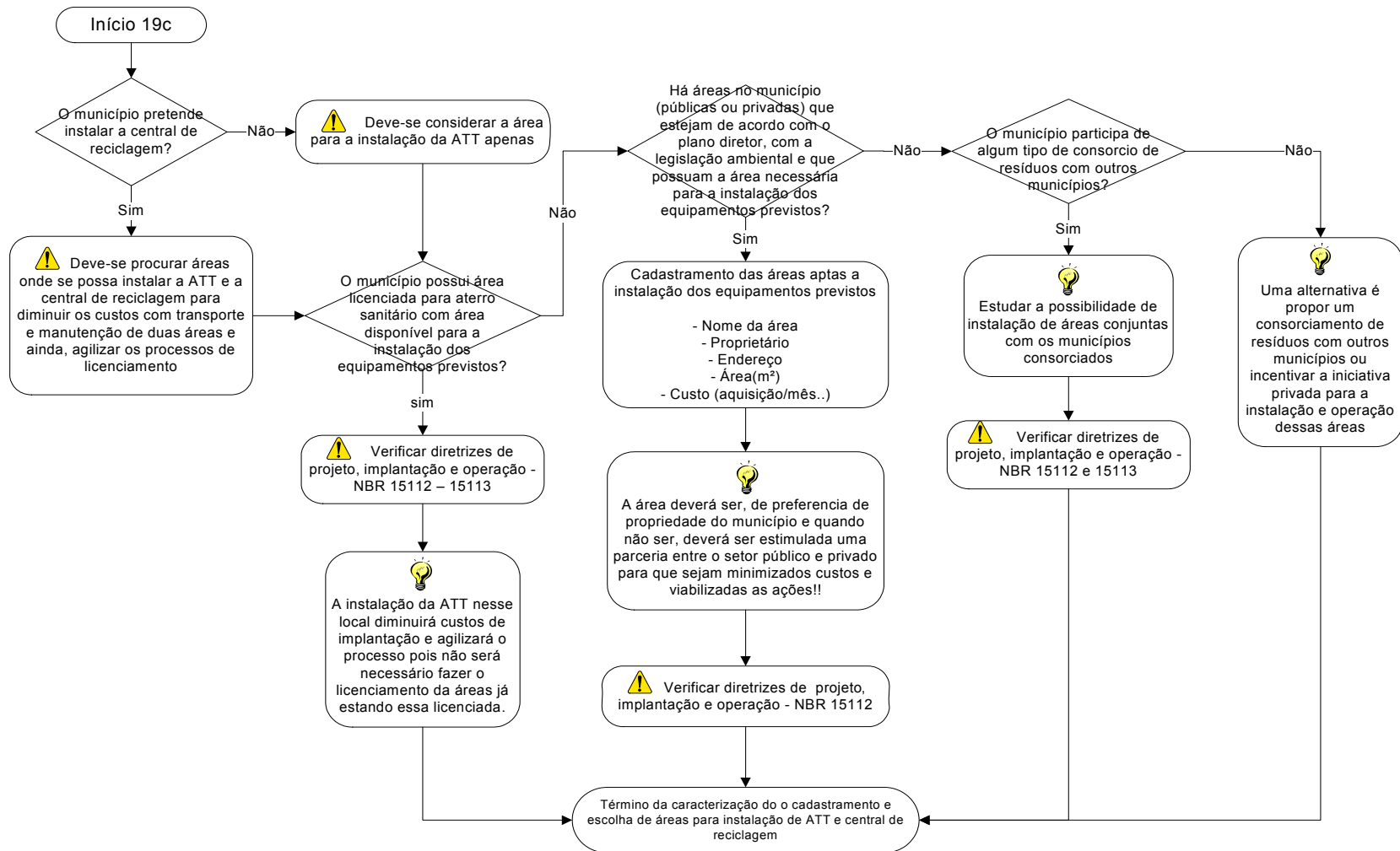


Figura 33 - Cadastramento de áreas para a implantação de ATT e central de reciclagem

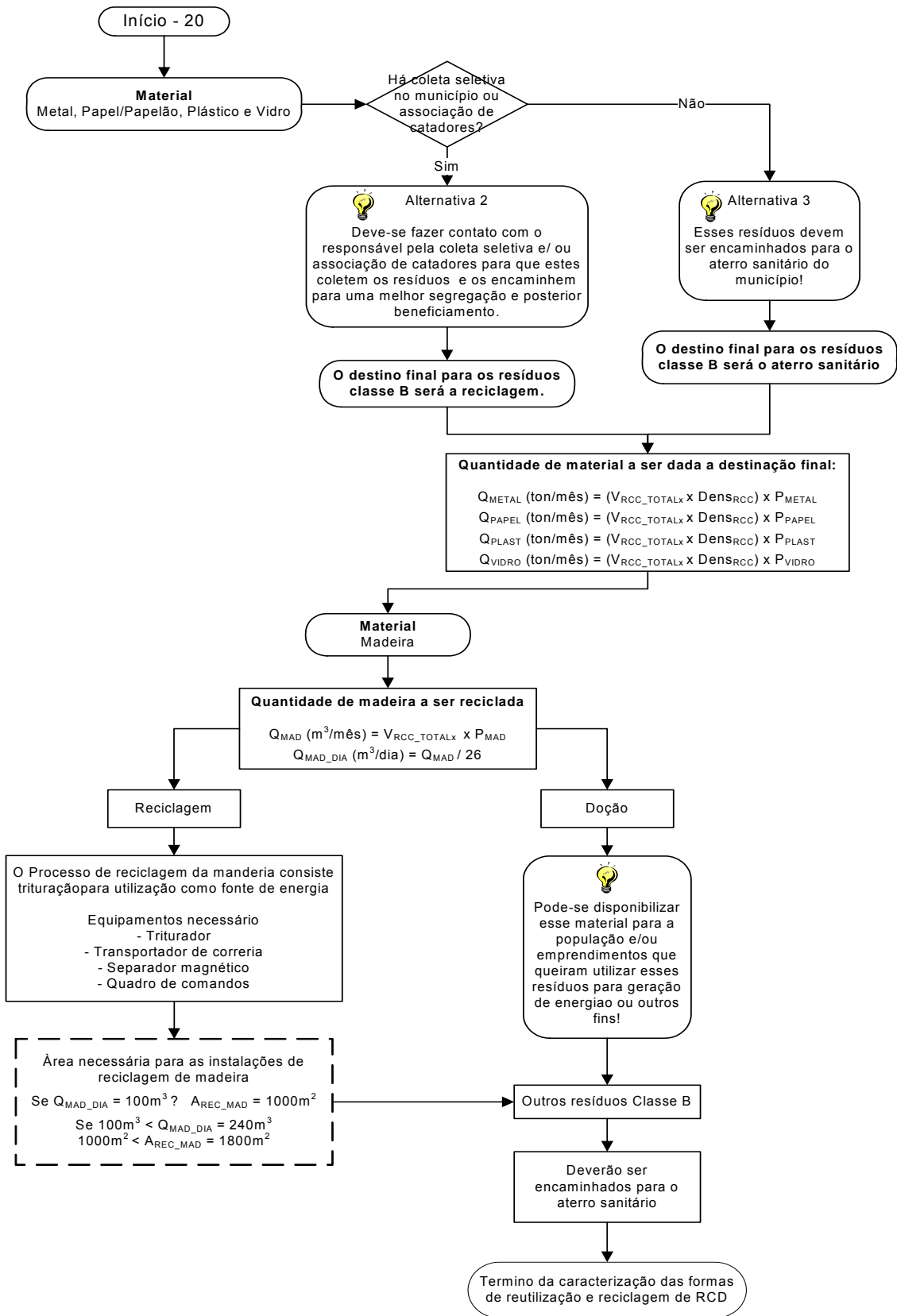


Figura 34 - Caracterização da destinação final dos RCD - Classe B



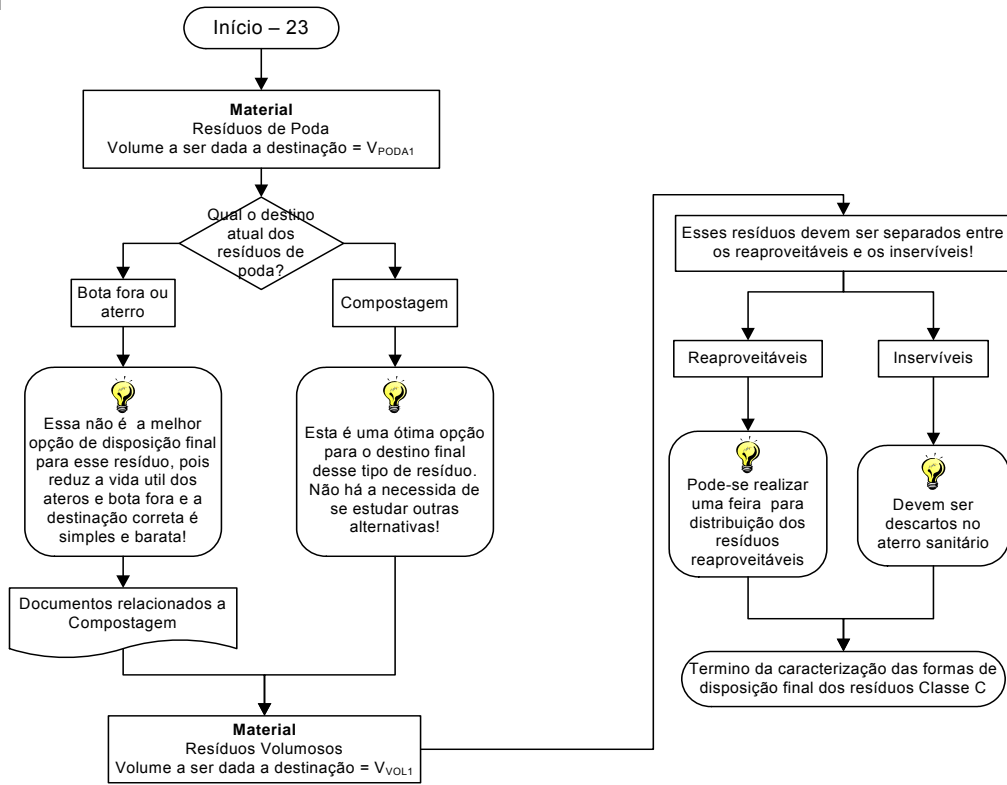


Figura 35 - Caracterização da destinação final dos RCD Classe C e D

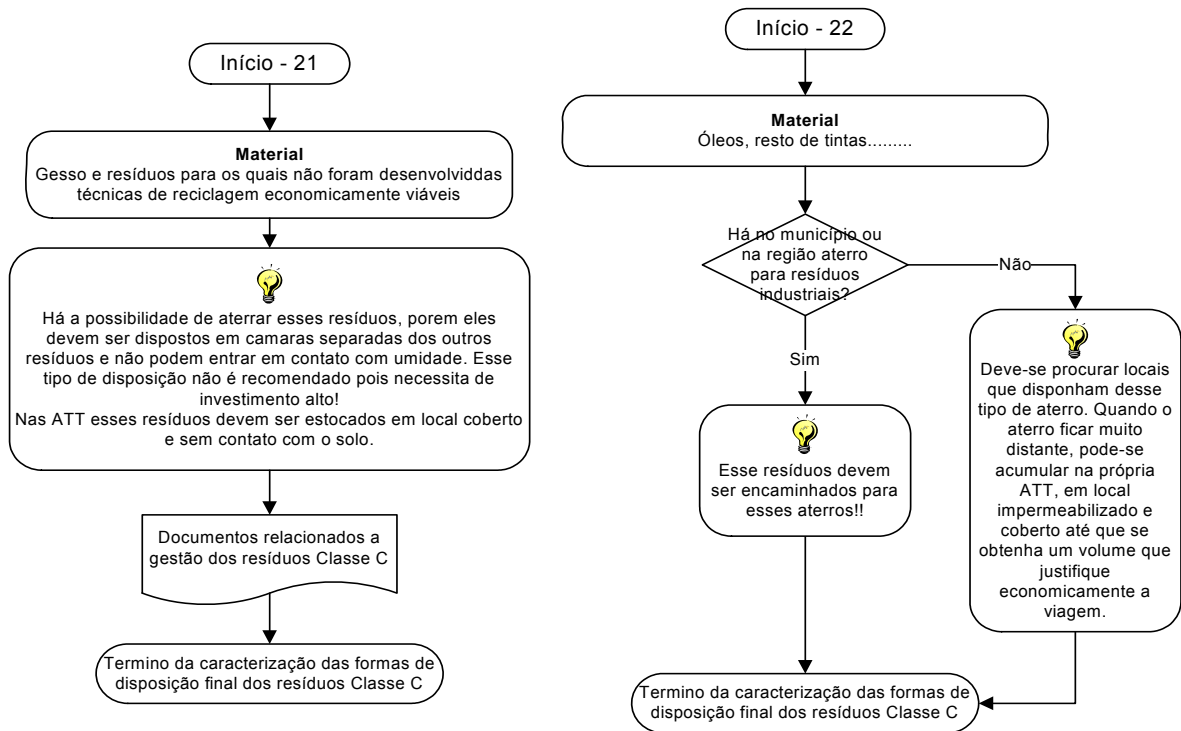


Figura 36 - Caracterização final de outros resíduos (Poda e Volumosos)

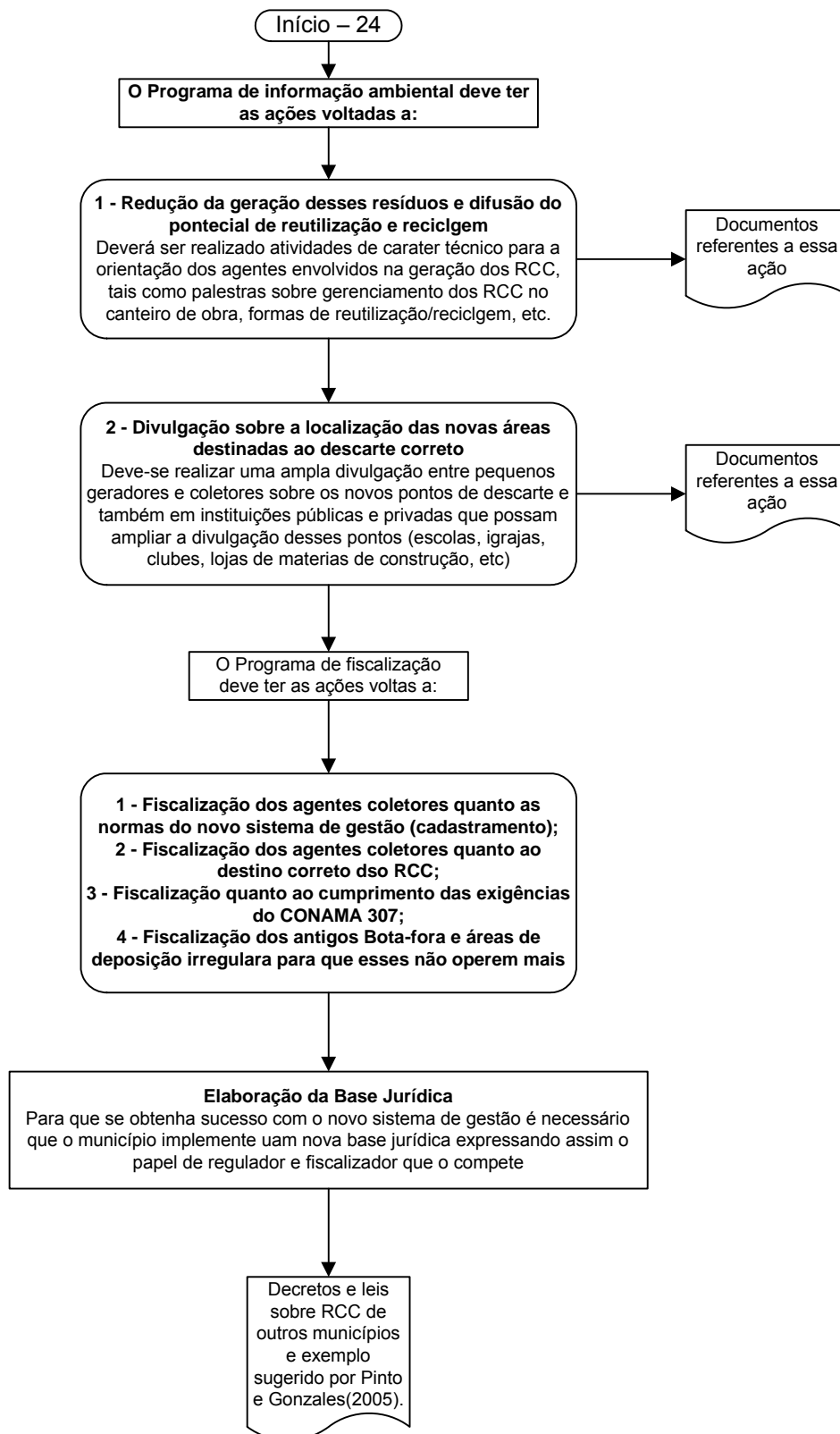


Figura 37 - Caracterização do Programa de Informação Ambiental e Fiscalização e Base Jurídica

## 5 CODIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO PRÉVIA DO MODELO

Neste capítulo são apresentados os resultados da codificação e avaliação prévia do modelo criado para auxiliar os municípios de pequeno porte no gerenciamento dos RCD

O primeiro item refere-se a codificação do modelo estruturado anteriormente e são apresentados os resultados obtidos na codificação. No segundo item, é apresentada a metodologia adotada para avaliar o sistema e no terceiro item, os resultados oriundos dessa avaliação prévia.

### 5.1 CODIFICAÇÃO DO MODELO

As figuras a seguir, apresentam as principais características e funções do sistema desenvolvido, resultado da etapa de codificação.

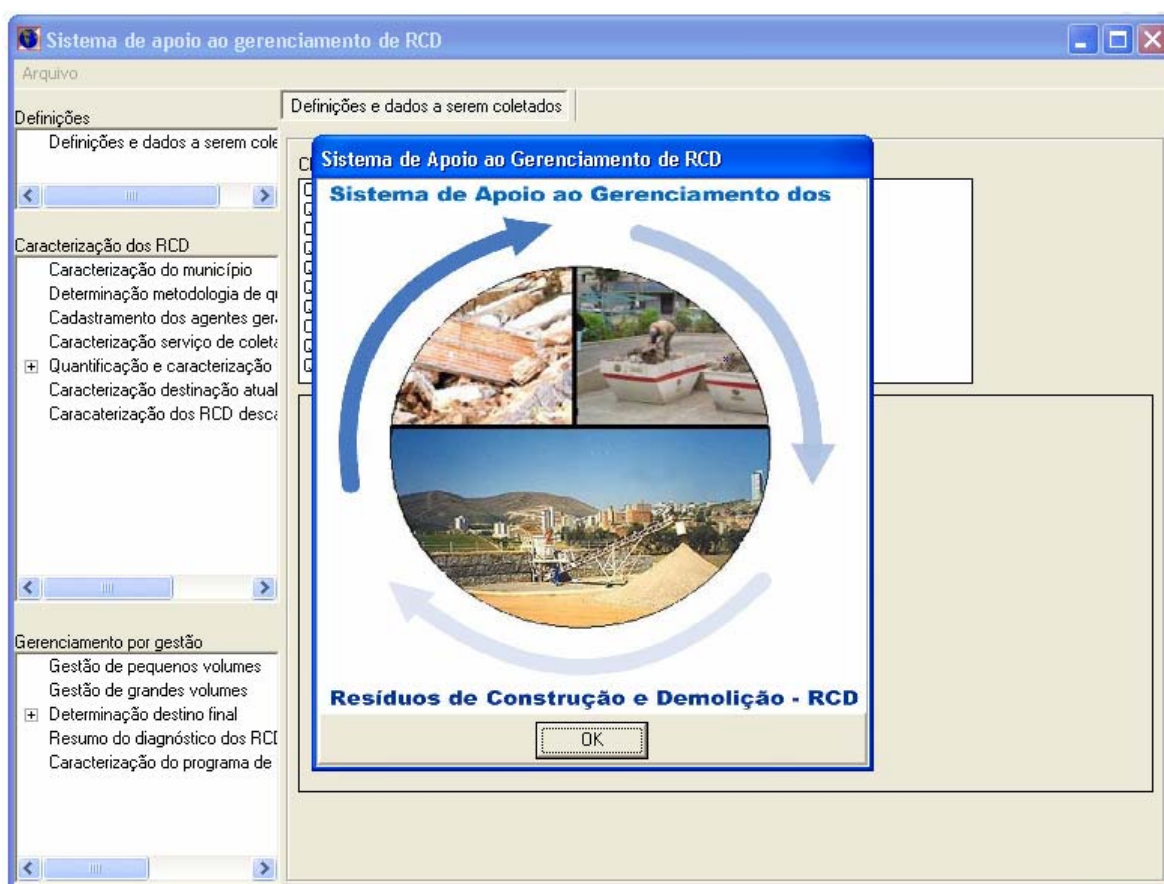


Figura 38 - Tela de abertura e menu das principais funções

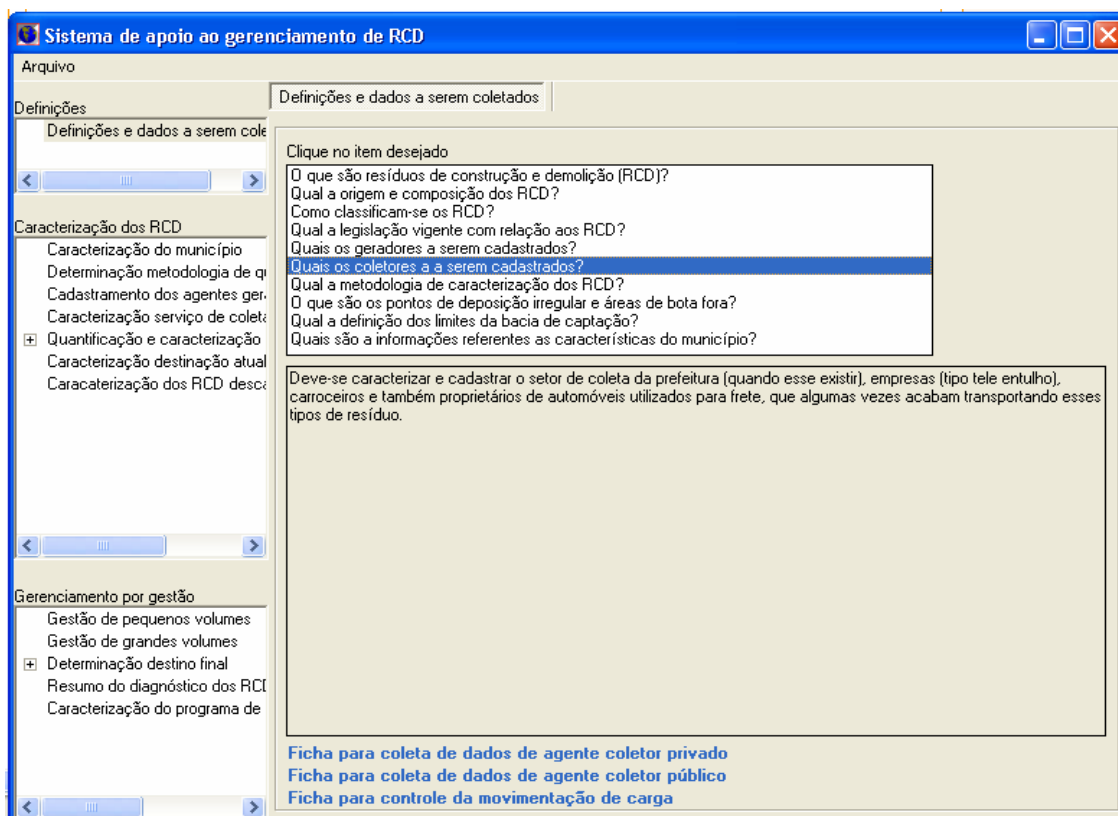


Figura 39 – Interface referente a parte das definições apresentadas ao usuário

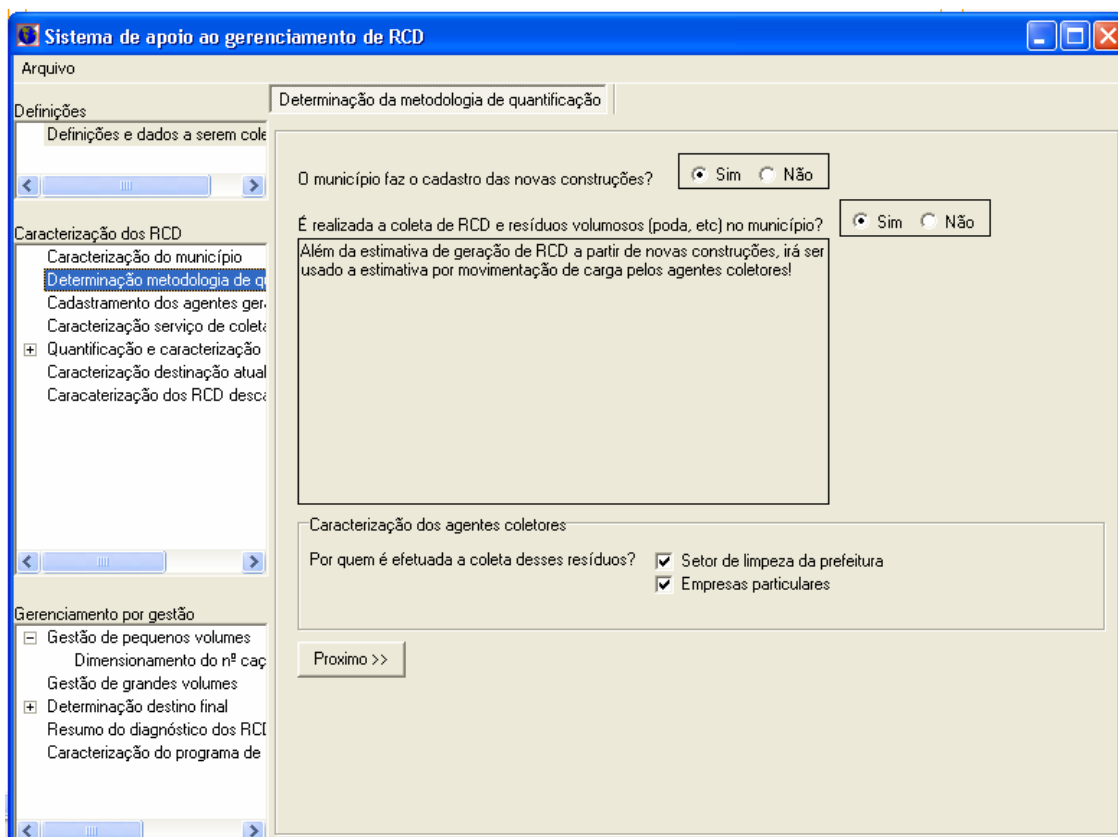


Figura 40 - Interface referente a escolha da metodologia de quantificação

**Sistema de apoio ao gerenciamento de RCD**

Arquivo

Definições

Definições e dados a serem coletados

Caracterização dos RCD

Caracterização do município

Determinação metodologia de coleta

Cadastramento dos agentes geradores

**Caracterização do serviço de coleta**

Quantificação e caracterização

Caracterização qualitativa de resíduos

Estimativa geração de RCD

Estimativa volume de RCD coletado

Caracterização destinação atual

Caracterização dos RCD descarte

Gerenciamento por gestão

Gestão de pequenos volumes

Dimensionamento do nº caçapas

Gestão de grandes volumes

Determinação destino final

Resumo do diagnóstico dos RCD

Caracterização do programa de coleta

**Cad. dos agentes coletores**

Abrir Cadastrar Excluir

PMFW Púb

Papa Entulho Priv

**Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen**

**Característica do RCD transportado por esse agente**

Volume médio transportado mensalmente   Não sabe

Entrada através da planilha de dados

	%	Volume (m³)
Resíduos proveniente de novas construções	32,80	109,33
Resíduos proveniente de reformas/renovações	42,00	140,00
Resíduos provenientes de deposições irregulares	0,00	0,00
Resíduos proveniente de demolições	25,20	84,00
Resíduos de poda coletados	0,00	0,00
Resíduos volumosos coletados	0,00	0,00
Outros tipos de resíduos coletados	0,00	0,00

Volume total coletado

Volume total de resíduos coletados (m³/mês)

Volume total de RCD coletados (m³/mês)

Gravar Proximo >>

Resumo

Exibir

Figura 41 - Interface referente ao cadastramento dos agentes coletores

**Sistema de apoio ao gerenciamento de RCD**

Arquivo

Definições

Definições e dados a serem coletados

Caracterização dos RCD

Caracterização do município

Determinação metodologia de coleta

Cadastramento dos agentes geradores

**Caracterização do serviço de coleta**

Quantificação e caracterização

Caracterização qualitativa de resíduos

Estimativa geração de RCD

Estimativa volume de RCD coletado

Caracterização destinação atual

Caracterização dos RCD descarte

Gerenciamento por gestão

Gestão de pequenos volumes

Dimensionamento do nº caçapas

Gestão de grandes volumes

Determinação destino final

Resumo do diagnóstico dos RCD

Caracterização do programa de coleta

**Planilha de controle da coleta efetuada**

**Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen**

Data de coleta

**Volume de resíduos coletados no mês (m³)**

Resíduos proveniente de novas construções	<input type="text" value="0,00"/>	Resíduos de poda coletados	<input type="text" value="0,00"/>
Resíduos proveniente de reformas/renovações	<input type="text" value="0,00"/>	Resíduos volumosos coletados	<input type="text" value="0,00"/>
Resíduos provenientes de deposições irregulares	<input type="text" value="0,00"/>	Outros tipos de resíduos coletados	<input type="text" value="0,00"/>
Resíduos proveniente de demolições	<input type="text" value="0,00"/>		

Adicionar Limpar Excluir Gravar Fechar

Data	Novas const. (m³)	Ref./renov. (m³)	Dep. irreg. (m³)	Demolições (m³)	Poda (m³)	Volumosos (m³)	Out.res. (m³)
01/09/2006	12,00	100,00	0,00	72,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2006	160,00	160,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
01/11/2006	156,00	160,00	0,00	80,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total (m³)</b>	<b>328,00</b>	<b>420,00</b>	<b>0,00</b>	<b>252,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Média mensal (m³)</b>	<b>109,33</b>	<b>140,00</b>	<b>0,00</b>	<b>84,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Figura 42 - Interface referente a planilha de cadastramento dos dados sobre a movimentação de carga

**Sistema de apoio ao gerenciamento de RCD**

Arquivo

Definições

Definições e dados a serem coletados

Caracterização dos RCD

Caracterização do município

Determinação metodologia de quantificação

Cadastramento dos agentes geradores

Caracterização serviço de coleta

Quantificação e caracterização

Caracterização qualitativa dos RCD

Estimativa geração de RCD

**Estimativa volume de RCD gerado**

Caracterização destinação atual

Caracterização dos RCD descartados

Gerenciamento por gestão

Gestão de pequenos volumes

Dimensionamento do nº caçambas

Gestão de grandes volumes

Determinação destino final

Resumo do diagnóstico dos RCD

Caracterização do programa de gerenciamento

Estimativa de quantificação e geração per capita dos RCD

Provável geração de RCD no município (m<sup>3</sup>/dia)

Provável geração de RCD no município (m<sup>3</sup>/mês)

Geração per capita (Kg/hab.dia)

Geração per capita (Kg/hab.ano)

Figura 43 - Interface referente ao resultado da estimativa do volume de RCD gerado no município

**Sistema de apoio ao gerenciamento de RCD**

Arquivo

Definições

Definições e dados a serem coletados

Caracterização dos RCD

Caracterização do município

Determinação metodologia de quantificação

Cadastramento dos agentes geradores

Caracterização serviço de coleta

Quantificação e caracterização

Caracterização qualitativa dos RCD

Estimativa geração de RCD

Estimativa volume de RCD gerado

**Caracterização destinação atual**

Caracterização dos RCD descartados

Gerenciamento por gestão

Gestão de pequenos volumes

Dimensionamento do nº caçambas

Gestão de grandes volumes

Determinação destino final

Resumo do diagnóstico dos RCD

Caracterização do programa de gerenciamento

Caracterização do destino final atual dos RCD no município

Qual o destino final dos RCD atualmente no município?

Disposto juntamente com os resíduos domésticos

Disposto em bota-fora/aterro

Cadastramento das áreas de bota-fora

Nome da área

Endereço/Bairro

Responsável pela operação

É depositado apenas resíduos Classe A?  Sim  Não

A área possui licença ambiental?  Sim  Não

Volume médio descartado (m<sup>3</sup>/mês)

Volume total depositado em bota forra irregular

Nome da área	Responsável	Licença	Vol. descartado

Figura 44 - Interface referente a caracterização da destinação final e cadastramento das áreas de Bota fora/aterro

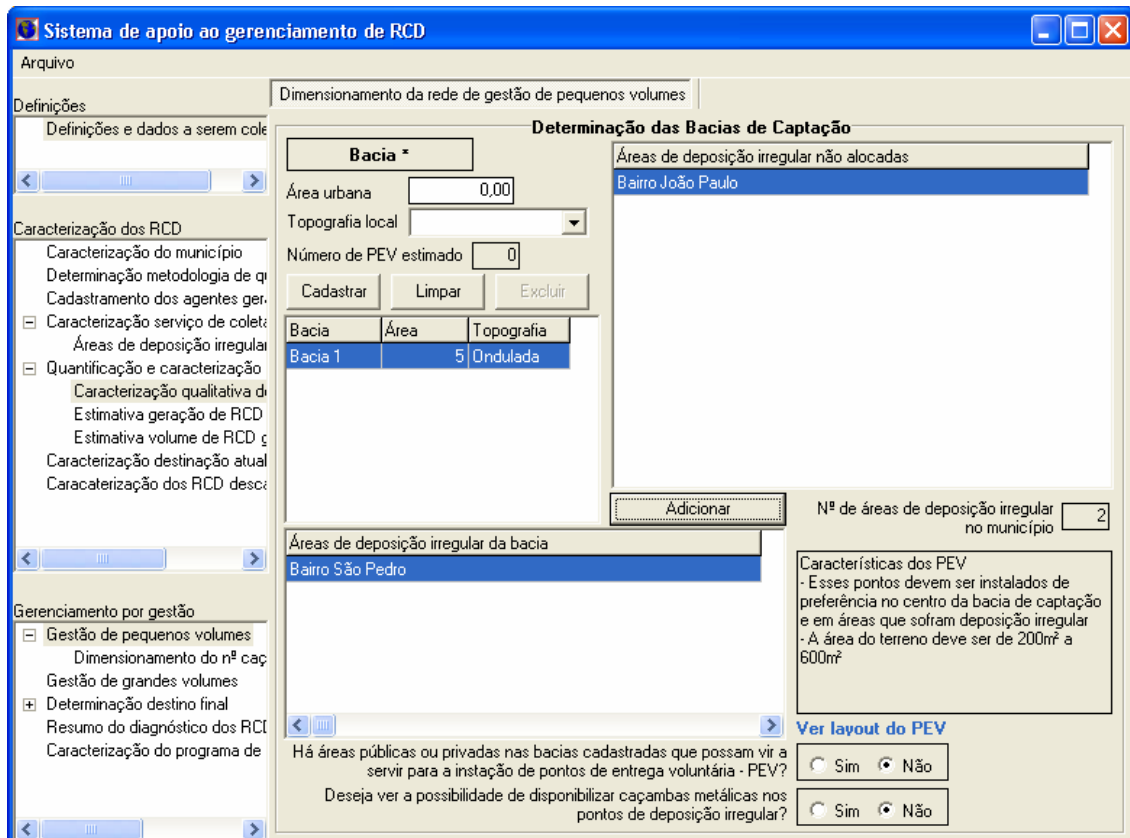


Figura 45 - Interface referente a gestão dos pequenos volumes

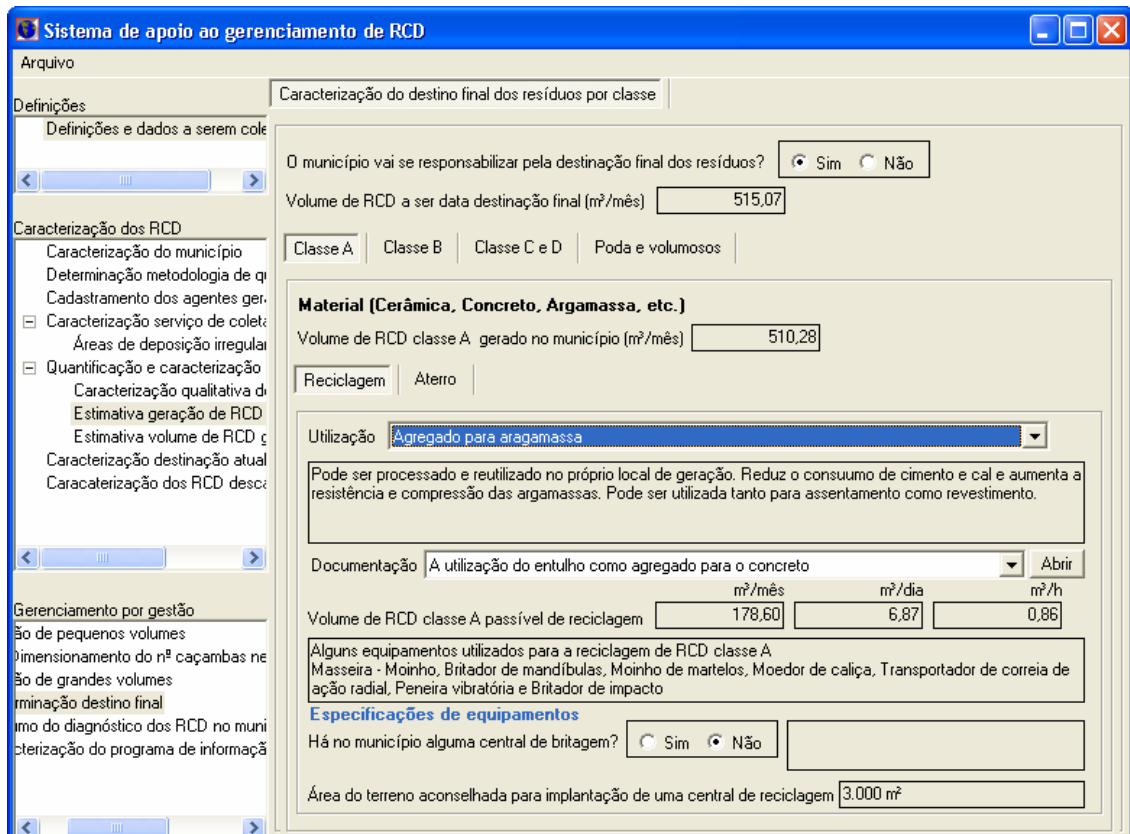


Figura 46 - Interface referente as opções de destinação final disponíveis ao usuário

## 5.2 AVALIAÇÃO PRÉVIA DO MODELO

Conforme citado na parte metodológica do trabalho, a avaliação prévia do sistema foi realizada em duas etapas que serão caracterizadas a seguir:

*Primeira etapa:* essa etapa foi realizada pelo próprio autor, durante e após a codificação do sistema, onde foram detectados e corrigidos problemas como os de rotina, lógica, etc. A medida que o sistema ia sendo desenvolvido, o programador repassava ao autor a parte desenvolvida, essa era analisada pelo autor e quando detectado algum problema, era imediatamente repassado ao programador para correção.

Os dados utilizados para a avaliação nessa primeira etapa, tanto os quantitativos como os qualitativos, foram obtidos no município de Frederico Westphalen – RS, através da aplicação da metodologia sugerida no sistema.

Os dados quantitativos foram obtidos através do monitoramento da movimentação de carga junto aos dois agentes coletores atuantes no município (setor de limpeza da prefeitura e uma empresa particular de coleta de entulho) com o auxílio de uma planilha (Apêndice 4), durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2006. E, através de consulta ao setor de registro na prefeitura, onde foram obtidos os valores referentes às áreas aprovadas para novas construções nos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005. Na Tabela 14 apresenta-se os dados obtidos no controle da movimentação de carga e na Tabela 15, os valores obtidos referentes as áreas licenciadas, ambos utilizados na avaliação.

Tabela 14 - Dados referentes a movimentação de carga no município de Frederico Westphalen/RS, utilizados na avaliação prévia do sistema

Agente	Mês	Veículo/equipamento	Capacidade (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /mes				
				Reforma/Ren	Demolição	N. const	Dep. Irr.	Outros
Público	set/06	Caminhão caçamba/basculante	4	100	72	12	0	0
	out/06			160	100	160	0	0
	nov/06			160	80	156	0	0
Privado	set/06	Caçamba metálica	2	43				
	out/06			51		8		
	nov/06			38		10		



Tabela 15 - Dados referentes as áreas licenciadas no município de F. W., utilizados na avaliação prévia

Ano	Area Aprovada (m <sup>2</sup> )
2002	22488,98
2003	28385,23
2004	23904,46
2005	19945,39

Os dados referentes as características qualitativas dos RCD no município, foram obtidos também através da aplicação da metodologia proposta.

Selecionado aleatoriamente um bota-fora utilizado pela prefeitura, coletou-se as amostras para posterior caracterização, por meio da seleção manual dos componentes e pesagem (Figura 47). Os dados obtidos nessa caracterização e utilizados para avaliar o sistema podem ser visualizados na Tabela 16.



Figura 47 - Caracterização qualitativa dos RCD no município de Fred. Westphalen - RS

Tabela 16 - Dados referentes a caracterização dos RCD no município de Frederico Westphalen – RS, utilizados na avaliação prévia do sistema

Classe	Material	Amostra 1 (Kg)	Amostra 2 (kg)	Amostra 3 (Kg)	Total(Kg)	%
A	Argamassa	15,5	25,5	14	55	17,00
	Cerâmica	25,5	14	24	63,5	19,63
	Concreto	10	6	13,5	29,5	9,12
	Argamassa + cerâmica	5,5	5	9,5	20	6,18
	Rocha	9,5	11	5	25,5	7,88
	Cerâmica Polida	2	8	2,7	12,7	3,93
	Solo*	35	36,2	42,4	113,6	35,12
	Outros	0,7	0	0	0,7	0,22
B	Madeira	0,5	0	0,7	1,2	0,37
	Metal	0,3	0	0	0,3	0,09
	Plástico	0,2	0**	0,2	0,4	0,12
	Papel/Papelão	0	0**	0	0	0,00
	Vidro	0,3	0,4	0	0,7	0,22
	Outros	0	0	0	0	0,00
D	Gesso	0	0,4	0	0,4	0,12
	Outros	0	0	0	0	0,00
D	Tintas, solventes e óleos	0	0	0	0	0,00
	Outros	0	0	0	0	0,00
	<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>106,5</b>	<b>112</b>	<b>323,5</b>	<b>100,00</b>

\*Os resíduos com menor granulometria, que não foram possíveis de separar através do processo manual, foram consideradas como solo.

*Segunda etapa:* após os testes técnicos serem realizados e os problemas corrigidos, foi disponibilizado uma versão prévia do sistema a profissionais da área com características semelhantes a dos possíveis futuros usuários. Após a utilização do sistema, estes responderam a um questionário (APÊNDICE 7). Os profissionais envolvidos na avaliação foram: um Engenheiro Civil (da prefeitura de Frederico Westphalen) e dois estudantes, um do curso de graduação Engenharia Sanitária e Ambiental e outro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, ambos da Universidade Federal de Santa Catarina.

No próximo item serão descritos os resultados obtidos na etapa da avaliação prévia.

### 5.3 PRINCIPAIS RESULTADOS: AVALIAÇÃO PRÉVIA DO SISTEMA

Na etapa inicial da avaliação, onde foram verificadas a unidade e validação dos resultados o sistema apresentou bons resultados. Os dados

utilizados apresentaram resultados coerentes, comparado com pesquisas realizadas em outros municípios.

A densidade do RCD gerado no município é de 1,20 t/m<sup>3</sup> e as características quantitativas dos RCD referentes ao município onde foram coletados os dados para avaliação, podem ser observadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Índices da geração de RCD no município de coleta dos dados utilizados na avaliação

Estimativa Total da geração de RCD no Município	
Indicadores	Vol. (m <sup>3</sup> /mês)
Estimativa da geração em novas const.	246,68
Estimativa pela movimentação de carga <sup>1</sup>	302,00
Estimativa pela coleta em áreas de dep. Irr.	0,00
<b>Total</b>	<b>548,68</b>
Geração per capita (m <sup>3</sup> /mês)	0,02
Geração per capita (kg/mês)	23,36
Geração per capita (kg/dia)	0,90

1 - movimentação de carga referente a reformas, demolições e renovações

Na Tabela 18, pode-se observar as características qualitativas dos RCD gerados no mesmo município.

Tabela 18 - Características Qualitativas dos RCD gerados no município de coleta dos dados

Classe	Material	%	Volume (m <sup>3</sup> /mes)	Total/Classe (m <sup>3</sup> /mês)
A	Argamassa	17,00	93,28	543,59
	Cerâmica	19,63	107,70	
	Concreto	9,12	50,03	
	Argamassa + cerâmica	6,18	33,92	
	Rocha	7,88	43,25	
	Cerâmica Polida	3,93	21,54	
	Fibrocimento	0,22	1,19	
	Solo*	35,12	192,67	
	Outros	0,00	0,00	
B	Madeira	0,37	2,04	4,41
	Metal	0,09	0,51	
	Plástico	0,12	0,68	
	Papel/Papelão	0,00	0,00	
	Vidro	0,22	1,19	
	Outros	0,00	0,00	
D	Gesso	0,12	0,68	0,68
	Outros	0,00	0	
D	Tintas, solventes e óleos	0,00	0	0
	Outros	0,00	0	
<b>Total</b>			<b>548,68</b>	<b>548,68</b>

\*Os resíduos com menor granulometria, que não foram possíveis de separar através do processo manual, foram consideradas como solo.

Pode-se observar que o volume de solo presente na composição dos RCD é elevada, possivelmente devido à impossibilidade de separação manual de materiais de menor granulometria, mas pode ser relacionado ao grande número de obras de escavação (ampliação de residências através da abertura de porões) que estavam sendo realizadas no município, como relatado pelo engenheiro da prefeitura.

Com relação aos resíduos classe B, acredita-se que estes dados não representem efetivamente o volume presente nos RCD, pois, observou-se a presença de catadores junto ao bota fora, os quais coletam quase que diariamente resíduos desse bota fora.

Na segunda etapa da avaliação, possíveis futuros usuários (Engenheiro Civil da Prefeitura, e alunos de graduação e Pós Graduação da Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSC) utilizaram o sistema desenvolvido e responderam a um questionário. Neste questionário, buscou-se informações quanto a utilidade do sistema como auxílio no gerenciamento dos resíduos de construção e demolição em municípios de pequeno porte.

O sistema desenvolvido foi considerado de grande utilidade por todos os usuários, por apresentar um manancial de informações necessárias para subsidiar usuários não especialistas no gerenciamento dos RCD em municípios de pequeno porte. No entanto, considerando que os futuros usuários podem não ter familiaridade com o uso do computador foi sugerida a construção de um Manual do Usuário em mídia impressa visando facilitar o usuário na utilização da ferramenta. Ainda, foi sugerido, em alguns pontos, a melhoria da interface com o usuário, as quais já foram providenciadas.

## 6 CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

### 6.1 CONCLUSÕES FINAIS

O trabalho ora desenvolvido certamente não teve a pretensão de esgotar o tema nem tão pouco propor soluções irrevogáveis. No entanto, vale retomar os objetivos inicialmente propostos e identificar uma relação direta com os resultados alcançados. Assim sendo, de forma a explicitar a construção deste raciocínio, resgatam-se, primeiramente, os objetivos específicos propostos:

- Adquirir conhecimento referente aos resíduos de construção e demolição e sistemas de apoio à decisão;
- Estabelecer um modelo que represente os conhecimentos adquiridos, orientados para resolução do problema;
- Codificar o modelo estabelecido, visando materializá-lo na forma de uma ferramenta informatizada (software).

Assim, entende-se que o objetivo geral “Desenvolver uma ferramenta informatizada para auxiliar municípios de pequeno porte no gerenciamento dos resíduos da construção civil” tenha sido alcançado.

A etapa de aquisição de conhecimentos referente aos resíduos de construção e demolição permitiu perceber importância de cada item em separado (diagnóstico, programa de informação, formação da base jurídica, etc.) necessário para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos, o que auxiliou na estruturação do modelo desenvolvido.

Com relação aos conhecimentos adquiridos sobre os sistemas de apoio a decisão, esses permitiram o desenvolvimento de um modelo formalizado através de fluxogramas, aplicados a resolução do problema. Esses fluxogramas serviram de base para o desenvolvimento e avaliação do produto final (Software), que foi resultado da etapa de codificação dos conhecimentos.

A ferramenta desenvolvida permite que os usuários sejam guiados na utilização dos conhecimentos estruturados anteriormente, através de uma interface interativa e acessível. A ferramenta auxilia o usuário:

- na coleta de informações referentes ao RCD no município, através da disponibilização de planilhas e informações que ajudam na coleta de dados em campo, e que servirão posteriormente para a determinação de indicadores e para tomada de decisão;
- no cadastramento de dados coletados em campo, tais como os agentes geradores e coletores, áreas de deposições irregulares, botafora/aterros, etc., sendo esse cadastro armazenado em um banco de dados, que servirá como base para o estabelecimento de ações posteriormente, tanto pela ferramenta quanto pelo usuário;
- no diagnóstico dos RCD, que é realizado através da alimentação do sistema com os dados coletados em campo, permitindo assim a determinação de indicadores (geração per capita, composição, etc.);
- no dimensionamento do novo sistema de gestão dos pequenos volumes, através de opções de dimensionamento e cadastramento de áreas aptas a instalação dos equipamentos necessários para esse fim;
- na tomada de decisão referente a destinação final de cada classe dos RCD, através da apresentação de opções de destinação, vantagens de cada opção e um acervo técnico ao qual o usuário poderá consultar em meio eletrônico;
- na determinação das responsabilidades pela gestão dos grande volumes e no dimensionamento desse sistema de gestão (ATT, centrais de reciclagem e aterros); e
- na estruturação dos programas de informação ambiental e base jurídica, referentes ao sistema de gestão dos RCD, através de proposições e da disponibilização de um acervo referente ao assunto (leis e decretos de outros municípios referentes aos RCD e exemplos de programas de informação ambiental).

A avaliação prévia do sistema desenvolvido foi realizada através da utilização do sistema por possíveis futuros usuários. Todos os usuários consideraram o sistema de grande utilidade, por apresentar um manancial de informações necessárias para subsidiar usuários não especialistas no gerenciamento dos RCD em municípios de pequeno porte. No entanto,

considerando que os futuros usuários podem não ter familiaridade com o uso do computador, a principal sugestão foi a da construção de um Manual do Usuário em mídia impressa ou eletrônica, visando facilitar a utilização para usuários com menos familiaridade o usuário na utilização do mesmo.

Considerando que no objetivo do trabalho não constava a etapa de avaliação do sistema, recomenda-se que esta seja realizada por meio de uma aplicação completa do mesmo em alguns municípios de pequeno porte, onde os usuários poderão analisar desde a coleta dos dados até as últimas informações fornecidas pelo sistema.

Por fim, acredita-se que o sistema desenvolvido contribuirá significativamente no auxílio ao gerenciamento dos RCD em municípios de pequeno porte, colaborando assim para o atendimento das exigências da legislação e conseqüentemente para a conservação do meio ambiente.

## 6.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Considerando algumas limitações encontradas no desenvolvimento e avaliação do sistema desenvolvido, sugere-se os seguintes estudos visando o aprimoramento do mesmo:

- Aplicação direta do sistema em municípios de pequeno porte, para confirmar sua funcionalidade;
- Criação de um manual, impresso e/ou digital, considerando que o usuário pode não ter familiaridade com a tecnologia em uso;
- Ampliação do acervo técnico disponível no sistema, conforme a evolução dos trabalhos técnicos desenvolvidos na área.
- Integração do sistema a outras tecnologias como a internet, de maneira a permitir o acesso e a utilização por um maior número de usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2004**. Disponível em <[www.abrelpe.com.br](http://www.abrelpe.com.br)> Acesso em 4 mar. 2005.

AMERICANA, Lei n. 4.198, de 8 de setembro de 2005. Institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de acordo com o previsto na Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, e dá outras providências.  
Legislação Municipal

ÂNGULO, S. C., JOHN, V. M. **Requisitos para a execução de aterros de resíduos de construção Civil**. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, Boletim Técnico, série BT/PCC. Disponível em: <[http://publicacoes.pcc.usp.br/BTs\\_Petrelche/BT436%20-%20Angulo.pdf](http://publicacoes.pcc.usp.br/BTs_Petrelche/BT436%20-%20Angulo.pdf)>.

Acesso em: 12 dezembro 2006.

ÂNGULO, S. C., JOHN, V. M. **Determinação dos teores de concreto e argamassa em agregados graúdos de RCC reciclados** Disponível em <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/angulo\\_john\\_IBRACON\\_2001.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/angulo_john_IBRACON_2001.pdf)>.

Acesso em: 10 março 2006.

ÂNGULO, S. C., JOHN, V. M. **Requisitos para a execução de aterros de resíduos de construção Civil**. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, Boletim Técnico, série BT/PCC. Disponível em: <[http://publicacoes.pcc.usp.br/BTs\\_Petrelche/BT436%20-%20Angulo.pdf](http://publicacoes.pcc.usp.br/BTs_Petrelche/BT436%20-%20Angulo.pdf)>.

Acesso em: 12 dezembro 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. Florianópolis: UFSC, 1998. 284 p.

BARROS, M. C.. **Avaliação de um Resíduo da Construção Civil Beneficiado Como Material Alternativo Para Sistema de Cobertura.** Rio de Janeiro, 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRASIL. **Resolução n. 05, de 5 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.** Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1993.

BRASIL. **Resolução n. 237, de 19 de Dezembro de 1997.** Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002.

BRASIL. **Resolução n. 307, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil.** Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002.

BURGOYNE, Dan. **Construction & demolition (C&D) waste diversion in California.** Estados Unidos, Integrated Waste Management Board. Disponível em <http://www.ciwmb.ca.gov/ConDemo/CaseStudies/DGSDiversion.pdf>  
Acesso em: 10 de setembro. 2006.

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

CARVALHO, J. H., Sistemas de apoio à decisão (área médica). Disponível em: <https://www.dei.uc.pt/weboncampus/course/LEI/2004-2005/1.3Decisao.pdf;jsessionid=6749384967D3DA0DAC08B1C967C1C3B0>  
Acesso em: 02 Janeiro 2007.

CASTILHOS JUNIOR, A. B., LANGE, L. C., GOMES, L. P., PESSIN, N. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CHORAFAS, D N. (1988). **Sistemas Especialistas: Aplicações Comerciais.** Editora McGraw Hill, São Paulo.

COLOMBO, C. R. **A Qualidade de vida de trabalhadores da construção civil numa perspectiva holístico-ecológica: vivendo necessidades no mundo trabalho família.** Florianópolis, 1999. 203f Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

CUNHA JUNIOR, N. B.. Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil. 2005, SindusCon-MG. Belo horizonte, 2005.

CURITIBA. Decreto n. 1.120, de 24 de novembro de 1997. Regulamenta o transporte e disposição final de Resíduos de Construção Civil e dá outras providências. Legislação Municipal.

CURITIBA. Decreto n. 1.068, de 18 de novembro de 2004. Institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba e altera disposições do Decreto no 1.120/97. Legislação Municipal.

CURITIBA, **Termo de Referência para a Elaboração do Projeto de Gerenciamento de Resíduos as Construção Civil**, Disponível em <[http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/MeioAmbiente/legislacoes/Termo%20de%20Referencia%20PGRCC\\_FINAL.pdf](http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/MeioAmbiente/legislacoes/Termo%20de%20Referencia%20PGRCC_FINAL.pdf)>. Acesso em: 18 de Janeiro 2007.

DA ROSA, M. P. **Viabilidade Econômico-Financeira e Benefícios Ambientais da Implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil produzidos em Florianópolis-sc**. Florianópolis, 2002. 155f Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.

DALTRO FILHO, José *et al.* Problemática dos Resíduos Sólidos da Construção Civil em Aracajú – Diagnóstico. Aracaju, 1994.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, **Construction and demolition Debris**: Disponível em <<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/debris-new/index.htm>>. Acesso em: 13 de fevereiro, 2006.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, **Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste: CHARACTERIZATION OF BUILDING-RELATED CONSTRUCTION AND DEMOLITION DEBRIS IN THE UNITED STATES**. Disponível em

<<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/sqg/c&d-rpt.pdf>>. Acesso em: 13 de fevereiro, 2006.

FONSECA, F. B. **Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto e agregado reciclados de rejeitos de construção Civil.** 2002. 167 f.. Dissertação (mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

GRIGOLI, Ademir S. **O uso de entulho de obra na própria obra como parâmetro de organização de canteiro e redução de custos.** In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, IX, 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, 2002.

GUARULHOS. Lei n. 6.126, de 27 de abril de 2006. Institui o Plano Integrado de Resíduos da Construção Civil e Volumosos e da outras providências correlatas. Legislação Municipal.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico – 2000.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 março 2005.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção – 2004.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2004/paic2004.pdf>>. Acesso em: 10 fevereiro 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Países.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/paisesat/>>. Acesso em: 15 fevereiro 2007.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2ª Ed. São Paulo, 2000. 370p.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

JOHN, V. M., CINCOTTO, M. A.. **Alternativas de Gestão dos Resíduos de Gesso**. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Artigo. Disponível em <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Alternativas%20para%20gestão%20de%20resíduos%20de%20gesso%20v2.pdf>> Acesso em: 15 fevereiro 2006.

KROETZ, C. E., **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Dimensionamento e Estimativa de Custos de Aterros Sanitários em Trincheiras para Municípios de Pequeno Porte**. Florianópolis 2003. 174 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina.

LATTERZA, L. M., **Concreto com Agregado Graúdo Proveniente da Reciclagem de Resíduos de Construção Civil - Um Novo Material para Fabricação de Painéis Leves de Vedação**. São Carlos 1998. 130 f.. Dissertação (mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, Universidade de São Paulo.

LEVY, S.M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos**. São Paulo, 1997. 145f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LIEBOWITZ, Jay. **Introduction to Expert Systems**. Santa Cruz, California, USA: Mitchell Publishing Inc., 1988

LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão em Escolha de Áreas para Aterros Sanitários**. Florianópolis, 2002. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.

MARQUES NETO, J. C., **Gestão dos Resíduos de Construção Civil no Brasil**. São Carlos, ed. RIMA, 2005.

MENDES, Raquel Dias. **Inteligência Artificial: Sistemas Especialistas no Gerenciamento da Informação**. Ci. Inf., Brasília, v. 26, n. 1, 1997. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-19651997000100006&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000100006&lng=pt) . Acesso em: 01 Jan 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Recomendações para licenciamento - Áreas de manejo de resíduos da construção civil e resíduos volumosos decorrentes da implementação da resolução conama 307/2002**. 2006.

MONTEIRO, J. H. P.. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. IBAM/SEDU, Rio de Janeiro, 2001.

MOURA, Luiz A. A. de. **Qualidade e gestão ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 14.000 nas empresas**. São Paulo: Editora Oliveira Mendes, 1998.

NOVAES, E. S.. **Agenda 21: Iniciativas Regionais e Locais**. Disponível em <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/meioamb/agenda21/apresent/index.htm>. Acesso em: 20 maio 2007.

PEREIRA, M. J. L. B.; FONSECA, J. G. M. (1997). **Faces da decisão: as mudanças de paradigmas e o poder da decisão**. São Paulo, Makron Books.

PINI (1999), *Téchne* Ano 8 Nov/Dez 99 Pg. 22-24.

PEREIRA, M. D.. **Orientações Técnicas para Operação de Usinas de Triagem e Compostagem**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo. 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, USP, São Paulo.

PINTO, T. P. Reciclagem no canteiro de obras – responsabilidade ambiental e redução de custos. **Téchne – A revista do engenheiro**, São Paulo, nº 49 nov/dez 2000.

PINTO, T. P. **Gestão Ambiental dos Resíduos da Construção Civil: a experiência do Sinduscon-SP**. 2005, SindusCon-SP, São Paulo, 2005.

PINTO, Tarcísio de P; GONZÁLES, Juan L. R. (coord.). **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, **Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil**; ETS 001, São Paulo, 2003. 14 p. Disponível em [http://ww2.prefeitura.sp.gov.br//arquivos/secretarias/infraestruturaurbana/normas\\_tecnicas\\_de\\_pavimentacao/pmspets0012003.pdf](http://ww2.prefeitura.sp.gov.br//arquivos/secretarias/infraestruturaurbana/normas_tecnicas_de_pavimentacao/pmspets0012003.pdf), Acesso em: 18 abril 2006.

RECIFE. Lei n. 17.072, de 4 de janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Legislação Municipal.

SÃO PAULO. Decreto n. Lei n 42.217, de 24 de Julho de 2002. Regulamenta a Lei nº 10.315, de 30 de abril de 1987, no que se refere ao uso de áreas destinadas ao transbordo e triagem de resíduos de construção civil e resíduos volumosos, na forma que especifica, e dá outras providências.

SÃO PAULO. Decreto n. 46.594, de 3 de novembro de 2005. Regulamenta a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final de resíduos inertes, de que trata a Lei n. 13.478, de 30 de dezembro de 2002, com as alterações subsequentes. Legislação Municipal

SAPATA, S. M. M. **Diagnóstico e proposta para gerenciamento do resíduo da construção civil no município de Maringá-PR.. Potencialidades de uso**

**em obras públicas.** Florianópolis, 2002. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

SARDÁ, M. C. **Diagnóstico do resíduo da construção civil gerado no município de Blumenau-SC. Potencialidades de uso em obras públicas.** Florianópolis, 2003. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

SINDUSCON-DF, **Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Canteiro de Obras.** Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal Disponível em [http://www.sinduscondf.org.br/sites/500/573/MeioAmbiente/cartilha\\_pgm.pdf](http://www.sinduscondf.org.br/sites/500/573/MeioAmbiente/cartilha_pgm.pdf). Acesso em: 10 janeiro 2007.

SJOSTROM, C. **Durability and sustainable use of building materials.** In: LLEWELLYN, J.W.; DAVIES, H. (Ed.). Sustainable use of materials. Londres: BRE/RILEM, 1992.

SPRAGUE, R. H.; WATSON, H. J. (1991). **Sistema de Apoio à Decisão: colocando a teoria em prática.** Rio de Janeiro, Campus, 1991.

SYMONDS GROUP Ltd. **Construction and Demolition Waste Management Practices, and Their Economic Impacts:** Final Report, report to DGXI, European Commission, February, 1999. Disponível em: [http://europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/cdw/cdw\\_chapter1-6.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/cdw/cdw_chapter1-6.pdf). Acesso em: 20 de novembro. 2005.

WAMBUCO, Projecto. Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios – V1 e V3, União Europeia, Disponível em <http://www.ceifa-ambiente.net/portugues/projectos/concluidos/wambuco/>>. Acesso em 20 julho, 2006.

WESTMACOTT, S. **Developing decision support systems for integrated coastal management in the tropics: Is the ICM decision-making**



**environment too complex for the development of a useable and useful DSS?** Journal of Environmental management, n. 62, p. 55-74, 2001.

WIERZBICKI, A. P. **Decision support methods and applications: the cross-sections of economics and engineering or environmental issues.** Annual reviews in Control, n. 24, p. 9-19, 2000.

XAVIER, LUCIANA LOPES. **Diagnóstico do Resíduo da Construção Civil na cidade de Florianópolis/SC.** Florianópolis, 2001. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** 1997. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ZORDAN, S. E. **Entulho na Indústria da Construção.** Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP, 2005. Disponível em

<[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho\\_ind\\_ccivil.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccivil.htm)>. Acesso em: 13 julho, 2005.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 - Resolução 307 CONAMA

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

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

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994, e Considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001; Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil; Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental; Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas; Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos; Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I -Classe A -são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

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

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

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

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. § 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução. § 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

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

Art 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: I -as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

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

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

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

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

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

VII -as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos; VIII -as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

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

Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos. § 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

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

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

- I -caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- II -triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;
- III -acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;
- IV -transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
- V -destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

- I -Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- II -Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- III -Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
- IV -Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

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

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

Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de "bota fora". Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

JOSÉ CARLOS CARVALHO Presidente do Conselho  
Publicada DOU 17/07/2002

## APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Ficha para cadastramento dos agentes envolvidos na coleta e transporte dos RCD

CADASTRAMENTO DOS AGENTOS ENVOLVIDOS NO TRANSPORTE DE RCD  
**Prefeitura Municipal de**  
**Cadastramento dos agentes privados envolvidos na coleta e transporte dos RCD**

Se a empresa prestar serviço a prefeitura, os dados de quantificação deverão ser separados.

<b>Nome/Razão social</b>	<input type="text"/>		
<b>Responsável pela operação</b>	<input type="text"/>		
<b>CPF/CNPJ</b>	<input type="text"/>		
<b>Endereço</b>	<input type="text"/>		
<b>Telefone</b>	<input type="text"/>		
<b>Atividade</b>	(Marcar com "x" a alternativa)		
Carroceiro	<input type="checkbox"/>		
Empresa de tele entulho	<input type="checkbox"/>		
Carro de aluguel - Frete	<input type="checkbox"/>		
<b>Tipo de veículo</b>		<b>Nº de veículos</b>	<b>Capacidade volumétrica (m<sup>3</sup>)/viagem</b>
Caminhão Poliguindaste e caçambas metálicas	<input type="checkbox"/>	Nº caçambas	<input type="text"/>
Caminhão Basculante	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
Cainhonete	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
Carroça de tração animal	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
Carretão	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
<b>Sabe o volume e origem dos RCD e outros resíduos coletados?</b>			
<b>Sim -&gt;</b>	<b>Vol. Médio mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<input type="text"/>	
Origem (%)			
Reforma/renovações	<input type="checkbox"/>		
Demolições	<input type="checkbox"/>		
Novas construções	<input type="checkbox"/>		
Deposição Irregular	<input type="checkbox"/>		
Poda	<input type="checkbox"/>		
Volumosos	<input type="checkbox"/>		
<b>Não -&gt;</b>	Será necessário que o agente faça um controle diário, durante 3 meses, do volume e origem do resíduo coletado, conforme tabela em anexo		
<b>Preço médio(R\$/viagem)</b>	<input type="text"/>		
<b>Data do Cadastro</b>	<input type="text"/>		

## APÊNDICE 2 - Ficha para coleta de dados referentes ao setor público de coleta de RCD

## DADOS REFERENTES AO SETOR DE COLETA DA PREFEITURA

Prefeitura Municipal de .....

A coleta de RCD é terceirizada?	Se Não ->	Continuar cadastro
Se Sim ->	Qual o custo médio mensal desse serviço?	R\$
Obter os dados abaixo sobre a empresa		

Responsável pela operação	
---------------------------	--

Telefone	
----------	--

<b>Critérios para a coleta</b>	(Marcar com "x" a alternativa)
Locais conhecidos de dep. Irreg. com limpeza periódica	<input type="checkbox"/>
A partir de solicitação dos munícipe e/ou verificação da necessidade pelo setor	<input type="checkbox"/>

## Cadastramento dos locais de deposição irregular

Endereço/Bairro	Nº de coletas realizada/mês	Vol. Médio por coleta (m <sup>3</sup> )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Tipo de veículo	Nº de veículos	Capacidade volumétrica
Caminhão Poliguindaste e caçambas metálicas	Nº caçambas	
Caminhão Basculante		
Cainhonete		
Carroça de tração animal		
Carretão		

<b>Sabe o volume e origem dos RCD e outros resíduos coletados?</b>		
Se Sim ->	Vol. Médio mensal (m <sup>3</sup> )	
<b>Origem (%)</b>		<b>Se Não</b>
Reforma/renovações	<input type="checkbox"/>	Será necessário que o agente faça um controle diário, durante 3 meses, do volume e origem do resíduo coletado, conforme tabela de controle
Demolições	<input type="checkbox"/>	
Novas construções	<input type="checkbox"/>	
Deposição Irregular	<input type="checkbox"/>	
Poda	<input type="checkbox"/>	
Volumosos	<input type="checkbox"/>	

<b>Levantamento de custos</b>	
Nº de funcionários	<input type="checkbox"/>
Média salarial dos func.(c/ impostos) (R\$/func)	<input type="checkbox"/>
CUsto médio mensal - Combustível R\$	<input type="checkbox"/>
Custo médio de manutenção equip. R\$	<input type="checkbox"/>
Custo médio da destinação Final* R\$/mês	<input type="checkbox"/>

\* Custo relacionado a deposição, quando o RCD for depositado em aterro particular



## APÊNDICE 3 – Ficha para cadastramento dos agentes envolvidos na geração dos RCD

<b>Município</b>	<input type="text"/>
<b>Nome/Razão social</b>	<input type="text"/>
<b>Responsável pela operação</b>	<input type="text"/>
<b>CPF/CNPJ</b>	<input type="text"/>
<b>Endereço</b>	<input type="text"/>
<b>Telefone</b>	<input type="text"/>
<b>Nº de Funcionários</b>	<input type="text"/>
<b>Tipo de obra em que participa</b>	
Obras Públicas	<input type="text"/>
Obras Privadas	<input type="text"/>
Obras Públicas e Privadas	<input type="text"/>
<b>Data do Cadastro</b>	<input type="text"/>

## APÊNDICE 4 - Planilha para controle dos RCD transportados no município

Empresa							
Responsável							
Veículo/capacidade							
Mês							
Tipo de Resíduo/volume							
Dia/mês	RCD				Poda	Volumosos	Outros
	Ref/Renov.	Novas const.	Dep. Irregular	Demolições			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
Total(m <sup>3</sup> )							

## APÊNDICE 5 - Ficha para auxílio na caracterização qualitativa dos RCD

	<b>Massa Total (kg)</b>			
<b>Classe</b>	<b>Material</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>
A	Concreto Aragamassa Cerâmica Argamassa + Ceramica Cerâmica polida Areia e Solo Rocha Outros classe A			
B	Madeira Metais Papel/papelão Plástico Vidro Outros classe B			
C	Gesso Outros classe C			
D	Tintas, solventes e óleos Telhas ou mat. contendo amianto Outros			



APÊNDICE 7 - Questionário para avaliação do programa

**INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE APOIO AO  
GERENCIAMENTO  
DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RCD**

Dados do Avaliador:

Nome: \_\_\_\_\_

Empresa/Instituição: \_\_\_\_\_

Município/UF: \_\_\_\_\_

Formação sobre Gerenciamento dos RCD:

- Especialista
- Engenheiro/Técnico prefeitura
- Estudante do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Outro: \_\_\_\_\_

**ETAPA 1: Informações necessárias para a utilização da ferramenta**

- Você considera que as informações fornecidas pela ferramenta sobre os RCC e sobre as formas de coleta e cadastramento dos dados são úteis?  
 Não  
 Sim →  pouco     razoavelmente     muito

**ETAPA 2: Caracterização dos RCC no Município**

Você considera que a ferramenta auxilia no(a):

- determinação da estimativa da população atual?  
 Não  
 Sim →  pouco             razoavelmente     muito
- cadastramento dos agentes geradores e coletores de RCD?  
 Não  
 Sim →  pouco             razoavelmente     muito
- caracterização quantitativa dos RCD?  
 Não  
 Sim →  pouco             razoavelmente     muito

- caracterização qualitativa dos RCD?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito
  
- caracterização da destinação final dos RCD?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito
  
- caracterização dos impactos ambientais e econômicos ocasionados pelos RCD?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito

### **ETAPA 3: Alternativas de gerenciamento dos RCD no município**

#### ***Referente à Rede de Gestão para Pequenos Volumes***

Você considera que a ferramenta auxilia no(a):

- estimativa do número de pontos de entrega voluntária a ser implantado no município?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito
  
- cadastramento de áreas aptas a implantação dos PEVs e/ou determinação do número de caçambas a serem disponibilizadas em cada ponto de deposição irregular e período de coleta?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito

#### ***Referente à determinação da responsabilidade pelo gerenciamento dos grandes volumes e as características das áreas para o manejo desses resíduos***

- Você considera que a ferramenta pode ser útil para esse fim?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito

#### **Referente à determinação das formas de tratamento e destinação final dos RCC classe A**

Você considera que a ferramenta auxilia quanto:

- as alternativas de reciclagem/reutilização desses resíduos?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente     muito

- as alternativas de destinação final desses resíduos?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito
- ao cadastramento e escolha de áreas aptas a implantação e unidades de transbordo, triagem, reciclagem e/ou aterro?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito
- aos documentos técnicos disponibilizados relacionados a esses assuntos?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito

### **Referente à determinação das formas de destinação final dos RCD classe B, C e D**

Você considera que a ferramenta pode auxiliar no(a):

- cálculo do volume de cada resíduo a ser dada a destinação adequada?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito
- determinação de alternativas de destinação final de acordo com a classe do RCC?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito
- documentação técnica disponibilizada com relação a esses assuntos?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito

### **Referente à Caracterização do Programa de Informação Ambiental e Fiscalização e da Base Jurídica a ser elaborada**

Você considera que a ferramenta pode auxiliar no(a) :

- documentação técnica disponibilizada sobre esses assuntos?  
 Não  
 Sim →  pouco       razoavelmente    muito

### **Avaliação de Aspectos Gerais da Ferramenta - Avaliação Subjetiva:**

- Quanto ao aspecto visual do programa:  
 fraco  regular  bom  muito bom
- Quanto à clareza na solicitação de informações ao usuário:  
 fraco  regular  bom  muito bom

