

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**

**Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana**

**Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão  
Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares**

LUCIANA MIYOKO MASSUKADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr<sup>a</sup>. Viviana Maria Zanta

São Carlos

2004

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M422sa

Massukado, Luciana Miyoko.

Sistema de apoio à decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares / Luciana Miyoko Massukado. -- São Carlos : UFSCar, 2004. 230 p.

Acompanha CD-ROM e fluxograma

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2004.

1. Resíduos sólidos. 2. Gestão de resíduos sólidos. 3. Sistema de apoio à decisão. 4. Cenários. 5. SIMGERE I. Título.

CDD: 363.7285(20<sup>a</sup>)

“Isso nós sabemos.  
Todas as coisas estão conectadas  
Como o sangue que une uma família...  
O que acontecer com a Terra  
Acontecerá com os filhos e filhas da Terra.  
O Homem não teceu a teia da vida.  
Ele é apenas um fio.  
O que ele fizer para a teia  
Estará fazendo a si mesmo.”

Chefe Seattle

Retirado do livro A Teia da Vida de Fritjof Capra

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pai, mãe, irmãs, primos e primas pelo incentivo e apoio.

Ao Lucas, meu sobrinho querido, pela sua alegria contagiante.

Aos meus queridos amigos, Patty, Grá, Gleise, Dion, Rô, Marcos, Ragazzo, Bruno, Jaque pelo carinho e pelas dicas.

À orientadora e amiga, Viviana, que mesmo estando longe, mostrou-se sempre disposta a me atender.

À Maria e ao Bernardo pelas opiniões e conversas, que na ausência da Viviana, dedicaram seu tempo para me auxiliar nos momentos de dúvida.

À programadora e amiga, Gleise, pela paciência e dedicação ao trabalho.

Aos colegas pesquisadores, que mesmo não conhecendo pessoalmente, contribuíram com a pesquisa enviando artigos dos quais eu necessitava.

Aos membros da banca pela colaboração e atenção dispensada a dissertação.

Aos professores, funcionários e amigos do Departamento de Engenharia Civil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido, possibilitando a realização deste trabalho.

À Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia, em especial, a Flávia Thiemann e Paulo Mancini que testaram o Sistema de Apoio à Decisão para a situação de São Carlos.

E por fim, agradeço ao Santo Expedito pela ajudinha extra.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	i
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	ix
<b>SIGLAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
1.1. Aspectos iniciais.....	01
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	03
2.1. Objetivo Geral .....	03
2.2. Objetivos Específicos.....	03
<b>3. REVISAO DE LITERATURA</b> .....	05
3.1. Resíduos Sólidos.....	05
3.2. Resíduos sólidos domiciliares.....	09
3.3. A problemática dos resíduos sólidos domiciliares.....	11
3.4. A cadeia dos resíduos sólidos domiciliares: do berço ao túmulo.....	13
3.4.1. Acondicionamento e Armazenamento.....	13
3.4.2. Coleta.....	15
3.4.2.1. Coleta Seletiva.....	16
3.4.2.1.1. Usinas ou centrais de triagem e beneficiamento.....	21
3.4.2.1.2. Viabilidade da coleta seletiva.....	22
3.4.3. Transporte e transferência.....	23
3.4.4. Tratamento.....	25
3.4.4.1. Compostagem.....	26
3.4.4.2. Reciclagem.....	30
3.4.4.3. Incineração.....	33
3.4.5. Destinação final.....	34
<b>4. GESTAO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS</b> .....	41
4.1. Modelo de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares: O que está errado?.....	43
4.2. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares: O Enfoque Sistêmico.....	45
4.2.1. Bases da GIRSUD.....	49
4.2.2. Hierarquia da GIRSUD.....	51
4.2.3. Da Hierarquia para a Rede.....	53
4.2.4. O Princípio dos 3 R's.....	57
4.2.4.1. Princípio da Redução .....	57
4.2.4.2. Princípio da Reutilização .....	59

4.2.4.3. Princípio da Reciclagem .....	60
4.3. Qual a melhor opção de Gestão?.....	62
<b>5. CENÁRIOS.....</b>	<b>64</b>
5.1. Método Delphi.....	65
<b>6. FUNDAMENTOS DA TOMADA DE DECISÃO.....</b>	<b>67</b>
6.1. Processo decisório.....	68
6.2. Sistema de apoio à decisão.....	69
6.2.1. Modelos de simulação.....	74
6.2.1.1. Modelagem da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.....	75
6.2.2. Validação do sistema de apoio à decisão.....	76
6.2.3. Quando aplicar a simulação?.....	77
<b>7. MÉTODO.....</b>	<b>79</b>
7.1. Elaboração de cenários.....	79
7.2. Desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão.....	83
7.3. Aplicação do SAD para a GIRSUD de São Carlos/SP.....	87
<b>8. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMICILIARES.....</b>	<b>89</b>
8.1. Elaboração de cenários de GIRSUD.....	89
8.1.1. Proposta de cenário de GIRSUD a partir do Método de Pesquisa Delphi.....	91
<b>9. DELIMITAÇÃO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>10. MODELO CONCEITUAL DE SIMULAÇÃO.....</b>	<b>99</b>
10.1. Construção e Representação do modelo conceitual.....	99
10.2. Bloco Composição gravimétrica .....	103
10.2.1. Bloco Composição gravimétrica: Nova Composição.....	104
10.2.2. Bloco Composição gravimétrica: Alterar composição.....	109
10.3. Bloco Cenário.....	111
10.3.1. Bloco Cenário: Novo Cenário.....	112
10.3.1.1. Dados Gerais.....	114
10.3.1.2. Cenário atual de gestão.....	115
10.3.1.3. Produção e Composição dos RSD.....	118
10.3.1.4. Aterro Sanitário.....	119
10.3.1.5. Informações específicas.....	121
10.3.2. Bloco Cenário: Nova Simulação.....	129
10.3.2.1. Cenário atual: CC + AS.....	131
10.3.2.2. Cenário atual: CC + CTB + AS.....	145
10.3.2.3. Cenário atual: CC + CTB + UC + AS.....	156
10.3.2.4. Cenário atual: CC + CS + CTB + AS .....	163
10.3.2.5. Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS.....	170
10.3.2.6. Simulação.....	174
10.4. Bloco Relatório.....	191
10.4.1. Dados gerais do cenário.....	192

10.4.2. Dados gerais da simulação.....	194
10.4.3. Relatórios do cálculo da vida útil e da simulação econômica simplificada.....	199
<b>11. VALIDAÇÃO.....</b>	<b>205</b>
<b>12. APLICAÇÃO DO SAD PARA A GIRSUD DE SÃO CARLOS.....</b>	<b>206</b>
12.1. Características do município.....	206
12.2. Gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos domiciliares.....	208
12.3. Aplicação do SAD GIRSUD para São Carlos.....	210
12.3.1. Resultados da aplicação: usabilidade.....	210
12.3.2. Resultados da aplicação: coerência.....	211
<b>13. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>214</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>219</b>
<b>APÊNDICE A: Relatório de erros e alterações do sistema</b>	
<b>APÊNDICE B: Composição gravimétrica de alguns RSD</b>	
<b>APÊNDICE C: Restrições de cálculo para alternativas de GIRSUD</b>	
<b>APÊNDICE D: Fluxograma de decisão para o calculo da vida útil do aterro e para a simulação econômica simplificada.</b>	
<b>APENDICE E: Aplicação do software para a GIRSUD do município de São Carlos</b>	
<b>APENDICE F: SIMGERE – CD do software desenvolvido</b>	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Composição gravimétrica em peso do RSD no Brasil em 1999.....	10
Figura 4.1: Relações existentes entre o ambiente urbano construído, o ambiente natural e a gestão dos resíduos sólidos.....	48
Figura 4.2: Hierarquia da GIRSUD.....	52
Figura 4.3: Proposta de rede para a GIRSUD.....	56
Figura 6.1: Elementos que formam o ambiente de decisão.....	68
Figura 6.2: Componentes de um sistema de apoio à decisão.....	70
Figura 7.1: Distribuição inicial e final dos especialistas por Estado.....	80
Figura 7.2: Texto introdutório enviado aos especialistas da pesquisa.....	82
Figura 7.3: Observações e instruções enviadas junto com o questionário aos especialistas.....	82
Figura 7.4: Fluxograma das atividades desenvolvidas.....	88
Figura 8.1: Representação gráfica da porcentagem de municípios com aterro sanitário previsto para 2013.....	91
Figura 8.2: Representação gráfica da porcentagem de municípios com coleta seletiva prevista para 2013.....	92
Figura 8.3: Representação gráfica da porcentagem de municípios com cooperativa de catadores prevista para 2013.....	92
Figura 8.4: Representação gráfica da porcentagem de municípios com usinas de compostagem prevista para 2013.....	93
Figura 8.5: Representação gráfica, em porcentagem, para a expectativa de crescimento do mercado de recicláveis até 2013.....	93
Figura 8.6: Representação gráfica, em porcentagem, para a expectativa de crescimento do mercado de composto até 2013.....	94
Figura 9.1: Variáveis de entrada do SAD.....	96
Figura 9.2: Variáveis de saída do SAD.....	97
Figura 10.1: Esquema do modelo conceitual do SAD.....	99



Figura 10.2: Representação da tela “O que é?”.....	100
Figura 10.3: Representação da tela “Sobre”.....	101
Figura 10.4.: Representação da tela “Menu Principal”.....	101
Figura 10.5: Fluxograma referente à tela “Menu Principal”.....	102
Figura 10.6.: Representação da tela “Composição Gravimétrica”.....	104
Figura 10.7.: Representação da tela “Cadastro da composição gravimétrica”.....	104
Figura 10.8.: Representação da tela “Cadastro de componentes” caso a composição gravimétrica seja conhecida.....	105
Figura 10.9: Fluxograma referente às telas “Cadastro da composição gravimétrica” e “Cadastro da composição gravimétrica”.....	105
Figura 10.10: Fluxograma referente à tela “Cadastro de componentes”.....	106
Figura 10.11: Representação da tela “Valores de referência – Dados do município” caso a composição gravimétrica não seja conhecida.....	107
Figura 10.12: Representação da tela “Valores de referência – valores de referência” caso a composição gravimétrica não seja conhecida.....	107
Figura 10.13: Representação da tela “Valores de referência – Composição cidade de referência” caso a composição gravimétrica não seja conhecida.....	107
Figura 10.14: Fluxograma referente à seqüência de telas quando a composição gravimétrica não é conhecida.....	108
Figura 10.15: Representação da tela “Alterar composição gravimétrica”.....	109
Figura 10.16: Representação da tela “Alteração de componentes”.....	109
Figura 10.17: Fluxograma referente às telas “Alterar composição gravimétrica” e “Alteração de componentes” .....	110
Figura 10.18: Esquema geral da opção Novo cenário e Nova simulação.....	111
Figura 10.19: Representação da Tela “Novo Cenário – Dados Gerais”.....	114
Figura 10.20: Fluxograma referente à tela “Novo Cenário – Dados Gerais”.....	115
Figura 10.21: Representação da tela “Novo Cenário – Cenário de Gestão”.....	116
Figura 10.22: Fluxograma referente à tela “Novo Cenário – Cenário de Gestão”	117

Figura 10.23: Representação da tela “Novo Cenário – Produção e Composição”....	118
Figura 10.24: Fluxograma referente “Novo Cenário – Produção e Composição”...	119
Figura 10.25: Representação da tela “Novo Cenário – Aterro sanitário”.....	120
Figura 10.26: Fluxograma referente à tela “Novo Cenário – Aterro sanitário”.....	120
Figura 10.27: Representação da tela “Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CTB + AS.....	121
Figura 10.28: Representação da tela “Adicionar resíduos”.....	121
Figura 10.29: Fluxograma referente às telas “Central de Triagem e Beneficiamento” e “Adicionar resíduos” .....	122
Figura 10.30: Representação da tela “Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CTB + UC + AS .....	123
Figura 10.31: Representação da tela “Adicionar resíduos”.....	123
Figura 10.32: Representação da tela “Usina de Compostagem” para Novo Cenário: CC + CTB + UC + AS.....	123
Figura 10.33 Fluxograma referente às telas “Central de triagem e beneficiamento” “adicionar resíduos” e “Usina de compostagem”.....	124
Figura 10.33: Representação da tela “Coleta Seletiva e Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CS + CTB + AS.....	125
Figura 10.34: Representação da tela “Adicionar resíduos”.....	125
Figura 10.35: Fluxograma referente às telas “Coleta seletiva e central de triagem e beneficiamento” e “Adicionar resíduos”.....	126
Figura 10.36: Representação da tela “Coleta Seletiva e Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CS + CTB + UC + AS.....	127
Figura 10.37: Representação da tela “Adicionar resíduos”.....	127
Figura 10.38: Representação da tela “Usina de Compostagem” para Novo Cenário: CC + CS + CTB + UC + AS.....	128
Figura 10.39: Fluxograma referente às telas “Coleta seletiva e central de triagem e beneficiamento”, “Adicionar resíduos” e “Usina de compostagem”.....	129
Figura 10.40: Representação da Tela “Nova Simulação”.....	130

Figura 10.41: Fluxograma referente à tela “Nova Simulação”.....	130
Figura 10.42: Representação da tela “Cenário atual: CC + AS”.....	131
Figura 10.43: Fluxograma referente à tela “Cenário Atual: CC + AS”.....	132
Figura 10.44: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”.....	133
Figura 10.45: Fluxograma referente à tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”.....	133
Figura 10.46: Representação da tela “Nova alternativa:CTB - Dados da alternativa”.....	134
Figura 10.47: Representação da tela “Nova alternativa:CTB – Simulação econômica simplificada”.....	134
Figura 10.48: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CTB”.....	135
Figura 10.49: Representação da tela “Nova alternativa: CTB + UC – Dados alternativa CTB”.....	136
Figura 10.50: Representação da tela “Nova alternativa CTB + UC – Dados alternativa UC”.....	137
Figura 10.51: Representação da tela “Nova alternativa CTB + UC – Simulação econômica simplificada”.....	137
Figura 10.52: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CTB + UC”.....	138
Figura 10.53: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB – Dados alternativa CTB”.....	139
Figura 10.54: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB – Dados alternativa CS”.....	140
Figura 10.55: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB – simulação econômica simplificada”.....	140
Figura 10.56: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CS + CTB ”.....	141
Figura 10.57: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Dados alternativa CTB”.....	142
Figura 10.58: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Dados alternativa CS”.....	142

Figura 10.59: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Dados alternativa UC” .....	143
Figura 10.60: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC – Simulação econômica simplificada” .....	143
Figura 10.61: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CS + CTB + UC”.	144
Figura 10.62: Representação da tela “Cenário atual: CC + CTB + AS” .....	145
Figura 10.63: Fluxograma referente à tela “Cenário atual: CC + CTB + AS” .....	146
Figura 10.64: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Dados CTB” .....	147
Figura 10.65: Fluxograma referente à tela “Dados CTB” .....	147
Figura 10.66: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada” .....	148
Figura 10.67: Fluxograma referente às telas “nova alternativa:NÃO” .....	148
Figura 10.68: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Dados alternativa UC” .....	149
Figura 10.69: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Simulação econômica simplificada” .....	149
Figura 10.70: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: UC” .....	150
Figura 10.71 Representação da tela “Nova alternativa: CS – Dados alternativa CS” .....	151
Figura 10.72 Representação da tela “Nova alternativa: CS – Simulação econômica simplificada” .....	151
Figura 10.73: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa – CS” .....	152
Figura 10.74: Representação da tela “Nova alternativa: CS + UC – Dados alternativa CS” .....	153
Figura 10.75: Representação da tela “Nova alternativa: CS + UC – Dados alternativa UC” .....	154
Figura 10.76: Representação da tela “Nova alternativa: CS + UC – Simulação econômica simplificada” .....	154
Figura 10.77: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CS + UC” .....	155

Figura 10.78: Representação da tela “Cenário atual: CC + CTB + UC + AS” .....	156
Figura 10.79: Fluxograma referente à tela “Cenário atual: CC + CTB + UC + AS”	157
Figura 10.80: Representação da tela “Dados UC” .....	158
Figura 10.81: Fluxograma referente à tela “Dados UC” .....	158
Figura 10.82: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada” .....	159
Figura 10.83: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: NÃO” .....	159
Figura 10.84: Representação da tela “Nova alternativa CS – Dados alternativa CS” .....	160
Figura 10.85: Representação da tela “Nova alternativa CS - simulação econômica simplificada” .....	161
Figura 10.86: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa CS” .....	162
Figura 10.87: Representação da tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + AS” .....	163
Figura 10.88: Fluxograma referente à tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + AS”	164
Figura 10.89: Representação da tela “Dados CS” .....	165
Figura 10.90: Fluxograma referente à tela “Dados CS” .....	165
Figura 10.91: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada” .....	166
Figura 10.92: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: NÃO” .....	166
Figura 10.93: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Dados alternativa UC” .....	167
Figura 10.94: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Simulação econômica simplificada” .....	168
Figura 10.95: Fluxograma referente às tela “Nova alternativa: UC” .....	169
Figura 10.96: Representação da tela “CC + CS + CTB + UC + AS” .....	170
Figura 10.97: Fluxograma referente à tela “CC + CS + CTB + UC + AS” .....	171
Figura 10.98: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Dados CTB” .....	172

Figura 10.99: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Dados CS”.....	172
Figura 10.100: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Dados UC”.....	173
Figura 10.101: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Simulação econômica simplificada”.....	173
Figura 10.102: Fluxograma referente às telas “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS”.....	174
Figura 10.103: Representação da tela “Resultado da simulação”.....	190
Figura 10.104: Fluxograma referente à tela “Resultados da simulação”.....	190
Figura 10.105: Representação da tela “Relatório GIRSU”.....	191
Figura 10.106: Fluxograma referente a tela “Relatório GIRSU”.....	192
Figura 10.107: Relatório referente aos Dados Gerais do Cenário.....	193
Figura 10.108: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: NÃO.....	194
Figura 10.109: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CTB.....	195
Figura 10.110: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CTB+UC.....	196
Figura 10.111: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CS+CTB.....	197
Figura 10.112: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CS+CTB.....	198
Figura 10.113: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: NÃO.....	200
Figura 10.114: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CTB.....	201
Figura 10.115: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CTB+UC.....	202
Figura 10.116: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CS+CTB.....	203

Figura 10.117: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CS+CTB+UC.....	204
Figura 12.1: Localização de São Carlos no estado de São Paulo e municípios vizinhos.....	207

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Classificação dos resíduos sólidos quanto ao objetivo do estudo.....	07
Quadro 3.2: Fatores que influenciam na composição gravimétrica dos RSD.....	09
Quadro 3.3: Código de cores para coleta seletiva.....	18
Quadro 3.4: Processos de compostagem utilizados no Brasil.....	28
Quadro 3.5: Economias proporcionadas pela reciclagem.....	31
Quadro 3.6: Índices de reciclagem no Brasil.....	32
Quadro 3.7: Comparação técnica entre aterro sanitário tradicional e manual.....	40
Quadro 4.1: Características que diferenciam a gestão e o gerenciamento de RS.....	42
Quadro 4.2: Influência de alguns fatores na GIRS.....	50
Quadro 4.3: Alternativas de gestão para diferentes componentes presentes nos RSD.....	51
Quadro 4.4: Sistematização das vantagens e limitações das estratégias para a GIRSUD.....	61
Quadro 6.1: Tipos de análise de um sistema de apoio à decisão.....	73
Quadro 7.1: Modelo do questionário enviado para os especialistas.....	81
Quadro 7.2: Exemplo da planilha de erros e alterações utilizada na validação do sistema.....	86
Quadro 8.1: Propostas de cenários de GIRSUD.....	89
Quadro 10.1: Legenda utilizada nos fluxogramas de decisão.....	103
Quadro 10.2: Divisão dos cenários em módulos.....	113
Quadro 10.03: Variáveis utilizadas para a simulação da vida útil do aterro e para a simulação econômica simplificada.....	175
Quadro 12.1. Dados gerais de São Carlos.....	207
Quadro 12.2: Composição Gravimétrica dos RSD de São Carlos.....	208
Quadro 12.3: Resumo dos dados da simulação para São Carlos.....	212



## LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
AS	ATERRO SANITÁRIO
CC	COLETA CONVENCIONAL
CEMPRE	COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM
CETESB	COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
CONDER	COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA
CS	COLETA SELETIVA
CSR	CORPORATIONS SUPPORTING RECYCLING
CTB	CENTRAL DE TRIAGEM E BENEFICIAMENTO
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
EPA	ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY
EPIC	ENVIRONMENT AND PLASTICS INDUSTRY COUNCIL
GIRS	GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
GIRSUD	GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMICILIARES
GTZ	GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT
IBAM	INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IPT	INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
LEV	LOCAL DE ENTREGA VOLUNTÁRIA
PEAD	POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE
PEV	PONTO DE ENTREGA VOLUNTÁRIA
PET	POLIETILENO TEREFALADO
PVC	POLICLORETO DE VINILA
PNSB	PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO
RSD	RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES
RSU	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
SAD	SISTEMA DE APOIO À DECISÃO
SEGEM	SECRETARIA DE ECOLOGIA DEL GOBIERNO DE ESTADO DE MEXICO
UC	USINA DE COMPOSTAGEM

## **Resumo**

A quantidade de resíduos gerada pela atividade humana aliada a diminuição de locais adequados para a disposição final têm se apresentado como um dos grandes desafios a serem enfrentados não só pelas administrações municipais como também por toda a comunidade geradora de resíduos. Atualmente a gestão dos resíduos sólidos domiciliares é tratada segundo o modelo reducionista de Descartes e Newton, caracterizada pela separação e análise de partes do sistema, resultando em tomadas de decisão isoladas e pontuais. Aspectos, como a carência de capacitação técnica e de recursos financeiros, contribuem para a continuidade deste cenário. Ciente desta problemática e incorporando alguns princípios do pensamento sistêmico, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de apoio à decisão na perspectiva de auxiliar os gestores na avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos domiciliares. O método consistiu, primeiramente, em definir e delimitar o campo de trabalho do sistema de apoio à decisão seguindo-se para a construção do modelo conceitual com base no conhecimento adquirido na literatura pertinente, para depois traduzi-lo em telas de ação e fluxogramas de decisão, atividade imprescindível para a próxima etapa. Terminado estes procedimentos iniciou-se a codificação do modelo em linguagem de programação (Delphi 6.0). Esta etapa foi realizada aplicando a metodologia Extreme Programming (XP) em que o programador e o agente cognitivo atuam juntos na codificação do sistema. Por fim, a aplicação em São Carlos (SP) possibilitou verificar a validação do software SIMGERE em dois momentos – primeiro com relação à usabilidade do programa, ou seja, se o sistema é amigável e de fácil compreensão para o usuário por se tratar de um ambiente novo para ele e, segundo com relação à coerência dos resultados obtidos para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares do município. Concluiu-se que, para o caso de São Carlos (SP) a projeção da vida útil do aterro sanitário, estimada em aproximadamente mais 2 anos, foi coerente com o esperado, porém a simulação econômica precisa ser revisada de forma a refletir corretamente o modelo de gestão atualmente empregado.

**Palavras-chave: gestão de resíduos sólidos, sistema de apoio à decisão, cenários, SIMGERE.**

## **Abstract**

The amount of waste generated by human activities associated with the decrease of appropriate final disposal sites have been presented as one of the great challenges to be faced by local administrations as well as by waste generating communities. Nowadays, household solid waste management is analyzed according to Descartes and Newton models, which are characterized by the separation and analysis of a system through its parts, resulting in isolated and narrow sighted decisions. Aspects such as the lack of technical training and financial resources contribute to this ongoing scenario. Considering the exposed problem this work aims to develop a decision support system to support the managers in the evaluation household solid waste management scenarios. The method consisted in defining and delimiting the work field of decision support system, followed by the construction of a conceptual model based on the acquired knowledge. The model was then translated in action screens and decision workflows, which were programmed in Delphi 6.0. The Extreme Programming (XP) methodology was applied, meaning that programmer and cognitive agent act together in the code of the system. Finally, the validation of the SIMGERE software in São Carlos (São Paulo State) was made in two moments - first on program's usability, in other words, if the system is friendly and easy understanding by user for treating of a new environment for him and; second on the coherence of the results obtained by the simulation of the municipal household solid waste management. For São Carlos case study, the landfill lifetime projection, nearly 2 years, was coherent with the expected. However, the economical simulation needs to be revised in order to better reflect the current management model.

**Keywords: Household solid waste management, decision support system, scenario, SIMGERE.**

# 1 - INTRODUÇÃO

---

## 1.1. Aspectos iniciais

Até recentemente acreditava-se que os impactos provenientes das atividades humanas tinham repercussão somente no âmbito local, e em alguns casos no regional, e que estes problemas poderiam ser facilmente resolvidos. Entretanto, hoje, caminha-se para a visão de que a ação antrópica pode ser tão extensa e complexa que é capaz de gerar uma série de eventos não planejados e, portanto, difíceis de serem administrados.

Dentre estes eventos destaca-se a geração crescente de resíduos sólidos impulsionado principalmente pelas necessidades de consumo de uma sociedade que não pára de crescer.

Historicamente, observa-se que os resíduos sólidos eram produzidos desde os tempos mais remotos, porém em pequena quantidade e constituído essencialmente de restos alimentares possibilitando que o meio ambiente assimilasse estes resíduos de forma a não prejudicar o seu desenvolvimento. A partir da Revolução Industrial, com a introdução das fábricas a produção começou a ser realizada em larga escala. Neste momento, uma quantidade cada vez maior de novos produtos foi introduzida no mercado, acarretando considerável aumento do volume e da diversidade de resíduos gerados nas áreas urbanas.

Uma vez gerado, o resíduo sólido demanda por soluções adequadas de forma a alterar o mínimo possível o meio ambiente e todos os elementos que fazem parte dele. Sabe-se, porém, que o manejo dos resíduos sólidos é uma tarefa complexa em virtude da quantidade e heterogeneidade de seus componentes, do crescente desenvolvimento das áreas urbanas, das limitações dos recursos humanos, financeiros e econômicos disponíveis e da falta de políticas públicas que regule as atividades deste setor.

A busca por uma solução adequada para os resíduos sólidos deve ocorrer em todos os municípios. No entanto, não se pode ignorar as diferenças fundamentais de capacidade econômica, disponibilidade de qualificação técnica e características

ambientais existentes entre as grandes cidades e os municípios de pequeno e médio porte (FERREIRA, 2000).

No Brasil, 68,5% dos resíduos gerados em municípios com até 20 mil habitantes são depositados em locais inadequados. Esta situação torna-se relevante pois esta parcela de municípios correspondem a 73% da população brasileira total (IBGE, 2002; JUCA, 2003).

E, de uma forma geral, estes municípios vêm se deparando com problemas que envolvem aspectos sociais, econômicos, sanitários, ambientais e de saúde pública decorrentes da gestão inadequada dos seus resíduos sólidos domésticos. Gestão esta caracterizada pela:

- Ausência ou deficiência de planejamento, que a partir de um diagnóstico da situação estabeleça princípios, metas e prioridades;
- Baixa qualificação do corpo técnico para realizar o planejamento das etapas de gestão de modo a atender satisfatoriamente as necessidades urbanas;
- Inexistência de histórico e de banco de dados que forneça subsídios para a tomada de decisão;
- Ausência de programas de educação ambiental que sejam abrangentes, sistemáticos, consistentes, permanentes e que sejam destinados à conscientização e comprometimento da população para a prevenção e minimização dos resíduos;
- Carência de cooperação e execução de ações compartilhadas entre os diversos níveis de atuação do Poder Público (União, Estado e Municípios) e entre este e a sociedade, numa abordagem integrada e em sintonia com as políticas de meio ambiente, recursos hídricos, saneamento ambiental e de saúde pública e,
- Insuficiência de recursos financeiros para cobertura dos investimentos e custeio das atividades do sistema de resíduos sólidos (JARAMILLO, 1991; EPIC E CSR, 2000; ITP E CEMPRE, 2000).

Acrescenta-se ainda a este quadro a diminuição, em alguns municípios, de locais adequados para a disposição final dos resíduos sólidos, que tem como causas, o aumento do custo de implantação, a rejeição dos moradores quanto ao local, e imposições ambientais mais restritas relativas à localização e operação dos aterros. A escassez de áreas adequadas para implantação de aterros sanitários é um problema freqüentemente citado na literatura como uma barreira à gestão dos resíduos sólidos (LEAO et al, 2001; LUPATINI, 2002; MILANEZ, 2002).

Tendo em vista todas estas dificuldades faz-se necessário à introdução de uma gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares (GIRSUD), que preze pelo planejamento de ações conjuntas e pela adoção de medidas compatíveis com a realidade local de modo a minimizar os problemas decorrentes do manejo inadequado dos resíduos, desde a sua geração até a sua disposição final.

Neste sentido, o desenvolvimento deste trabalho justifica-se pela necessidade que os municípios, sobretudo aqueles de pequeno e médio porte, têm por uma ferramenta simples e interativa que facilite e auxilie o gestor nas tomadas de decisões estratégicas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Neste trabalho pretende-se desenvolver um sistema de apoio à decisão (SAD) como uma ferramenta auxiliar, aos gestores do sistema de limpeza urbana, na avaliação de cenários de gestão de resíduos sólidos urbanos domiciliares.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Obter conhecimentos referentes à gestão de resíduos sólidos, teoria sistêmica, modelagem, construção de cenários e sistemas de apoio à decisão;

- Identificar tendências para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares no intuito de elaborar possíveis cenários futuros;
- Definir o campo de trabalho do Sistema de Apoio à Decisão e seus principais componentes;
- Conceber o modelo conceitual matemático simplificado para o SAD;
- Codificar este modelo em linguagem computacional e
- Aplicar o sistema de apoio à decisão em São Carlos (SP) para validar o software desenvolvido.

## 3 - REVISÃO DA LITERATURA

---

### 3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

Existem na literatura várias definições para a palavra resíduos sólidos, sendo algumas mais elaboradas que outras. De acordo com a nova versão da NBR – 10.004 ABNT (2004), resíduos sólidos são

*... resíduos nos estados sólido ou semi-sólido que, resultam de atividades da comunidade 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 alguns líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.*

Verifica-se que a definição estabelecida para resíduos sólidos, por esta norma, é um tanto quanto abrangente. Devido esta abrangência é conveniente que os resíduos sólidos sejam classificados de alguma forma a fim de orientar os gestores nas estratégias de manejo para cada grupo de resíduo.

Uma primeira classificação foi estabelecida pela mesma norma, que classificou os resíduos sólidos, quanto ao risco que estes podem causar à saúde pública e ao meio ambiente, em duas classes, sendo que a segunda é subdividida em duas:

- Classe I – Perigosos: resíduos que em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento de mortalidade ou incidência de doenças além poder apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Nesta classe enquadram-se principalmente os resíduos sólidos industriais e de serviços de saúde.



- Classe II-A – Não perigosos - Não Inertes: resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I (perigosos) ou na Classe II B (inertes). Estes resíduos podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água. Enquadram-se, nesta classe, principalmente os resíduos sólidos domiciliares.
- Classe II-B – Não perigosos - Inertes: resíduos sólidos que submetidos a testes de solubilização não apresentem nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Nesta classe enquadram-se principalmente os resíduos de construção e demolição.

É interessante notar a diferença que existe entre a propriedade inflamabilidade presente na Classe I e a combustibilidade encontrada na Classe II-A. A primeira (inflamabilidade) está associada ao poder do resíduo se converter em chamas e a segunda (combustibilidade), refere-se à condição do resíduo propagar o fogo.

No âmbito da gestão dos resíduos sólidos a ABNT 10.004 (2004) é uma ferramenta imprescindível, pois a partir desta classificação o gerador do resíduo pode facilmente identificar o potencial de risco do resíduo bem como identificar as melhores alternativas de tratamento e disposição final.

Outras normas complementares da ABNT para serem consultadas pelos gestores são: NBR -10.005 (2004) sobre Extrato lixiviado, NBR 10.006 (2004) sobre Extrato solubilizado e NBR-10.007 (2004) sobre amostragem de resíduos sólidos.

A classificação proposta pela NBR – 10.004, segundo TEIXEIRA (2001),

*É útil, pois permite prever diferentes formas de manuseio dos RS que, em função da sua periculosidade, acarretem o menor impacto sobre o ambiente e a saúde humana. Por outro lado, não se pode associar esta classificação diretamente com a fonte de origem dos RS, uma vez que se pode ter uma mesma atividade humana (por exemplo, uma indústria) gerando diferentes classes de resíduos.*

Outras classificações foram sugeridas pelo IPT E CEMPRE (2000), agrupando os resíduos sólidos quanto à natureza física (seco ou molhado), composição

química (matéria orgânica putrescível e matéria inorgânica) e origem (domiciliares, comerciais, públicos, industriais, de serviços de saúde, de terminais de transporte, agrícolas, de construção civil, de varrição, de feiras livres e de estações de tratamento de água e esgoto).

Provavelmente, a classificação mais empregada dos resíduos seja quanto a sua origem, pois além de indicar a quem cabe a responsabilidade pelo gerenciamento – se Prefeitura Municipal ou gerador (indústria, hospital, etc) – fornece também informação inicial sobre a forma de manejo deste grupo de resíduos.

De acordo com a finalidade do estudo, outras classificações podem ser adotadas, tais como grau de biodegradabilidade e grau de reciclagem. O Quadro 3.1. resume algumas propostas de classificação dos resíduos sólidos de acordo com a finalidade do estudo.

**QUADRO 3.1: Classificação dos resíduos sólidos quanto ao objetivo do estudo.**

<b>OBJETIVO</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
Identificar a fonte geradora	Domiciliares, comerciais, de serviços, industriais, de serviço de saúde, de construção e demolição, de terminais de transporte, de poda e capinação, de estações de tratamento de água e esgoto.
Identificar a natureza física	Seco ou molhado
Determinar grau de biodegradabilidade	Facilmente biodegradável, moderadamente, dificilmente e não biodegradável.
Avaliar a periculosidade	Perigoso, não inerte e inerte.
Identificar o grau de reciclagem	Reciclável, inservível, compostável.

Fonte: o AUTOR

Quanto à origem destaca-se os resíduos sólidos domiciliares - objeto de estudo deste trabalho - que contribuem com uma parcela significativa dos resíduos totais gerados.

Segundo a CETESB (1999) os resíduos sólidos domiciliares representam cerca de 65,3% em peso do total diário em aterros e lixões cadastrados. A escolha pelo RSD justifica-se também pela grande presença no cotidiano dos cidadãos e porque o

serviço de Limpeza Pública é alvo de grande visibilidade devido aos impactos estéticos imediatos decorrentes do manejo incorreto destes resíduos.

Outro aspecto complementar no estudo dos resíduos sólidos além da classificação é a composição gravimétrica, isto é, a porcentagem, em peso, de cada componente presente numa fração amostral de resíduos.

O conhecimento da composição gravimétrica é relevante, pois ela é uma das premissas básicas para se iniciar os estudos da viabilidade de implantação de qualquer sistema de tratamento de resíduos assim como da proposição da forma de disposição final dos resíduos gerados.

POVINELLI E GOMES (1991) afirmaram que a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de um município poderá servir “como base para comunidades onde ainda não se tenha realizado” esta caracterização, sendo que o emprego dos valores é somente válido quando as populações, e os próprios municípios, possuem características muito semelhantes.

Os fatores que influenciam na quantidade e na composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados são as condições sociais, atividades econômicas predominantes (indústria, serviços, turismo, entre outros) e valores culturais (hábitos e costumes) do gerador, como por exemplo, a queima de papel e folhas do jardim.

As quantidades e a composição podem ser influenciadas também pelas variações climáticas e geográficas do local. Portanto, a quantidade gerada e a composição podem variar com o tempo e também de região para região (BARROS E MOLLER, 1995; BIDONI E POVINELLI, 1999; IBAM, 2001). O Quadro 3.2 resume os fatores que exercem influência sobre a composição gravimétrica dos RSD.

**Quadro 3.2: Fatores que influenciam na composição gravimétrica dos RSD**

	<b>Fatores</b>	<b>Influência</b>
Épocas Especiais	Feriados	Aumento da quantidade de embalagens
	Férias	Redução ou aumento populacional, dependendo se o local for turístico ou não
Sócio Econômicos	Cultura	Quanto maior o nível cultural, maior a incidência de resíduos recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica
	Poder aquisitivo	Maior consumo de supérfluos perto do recebimento do salário (fim e início do mês) Maior consumo de supérfluos no final de semana
	Desenvolvimento Tecnológico	Introdução de materiais cada vez mais leves, reduzindo o valor do peso específico aparente dos resíduos
	Promoção de lojas comerciais	Aumento de embalagens
	Campanhas ambientais	Redução da proporção de resíduos não biodegradáveis e aumento dos biodegradáveis.
Climáticos	Outono	Aumento da quantidade de folhas
	Verão	Aumento da quantidade de embalagens de bebidas

Fonte: Modificado de IBAM (2001)

Além da classificação e composição gravimétrica do resíduo é fundamental conhecer também a densidade aparente do resíduo, sua compressibilidade, umidade e a proporção existente entre a massa e o volume do resíduo (ZANTA E FERREIRA, 2003).

### **3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

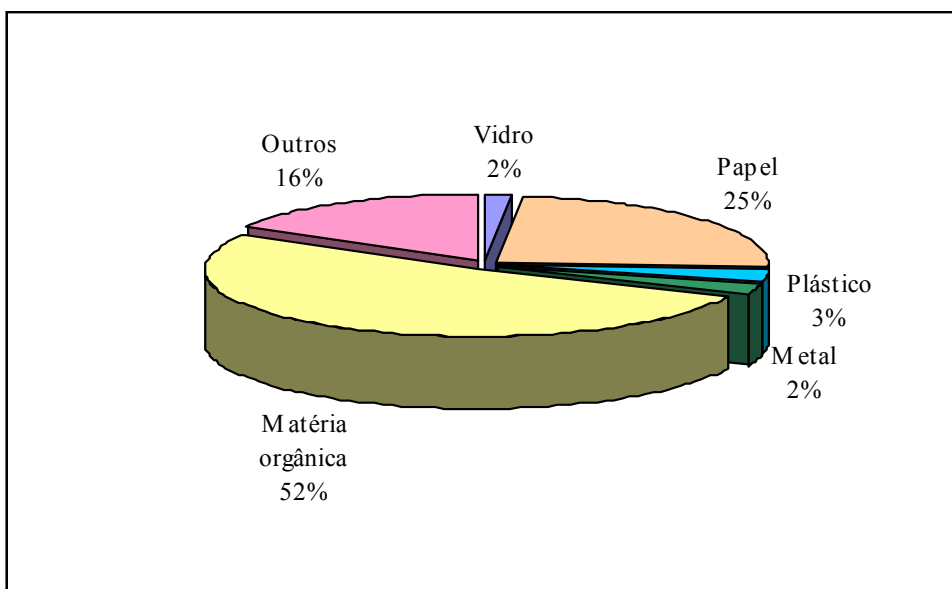
Neste trabalho, o termo resíduos sólidos domiciliares (RSD) é utilizado como referência aos resíduos que são gerados nos domicílios. Inclui-se também nesta categoria os resíduos produzidos em estabelecimentos comerciais, de serviços e industriais cujo volume seja compatível ao estabelecido pela legislação municipal no

que se refere à produção máxima diária para ser coletado pelo serviço de limpeza urbana municipal (CETESB, 1997d).

Estima-se que 47,5 milhões de toneladas de RSD sejam produzidos no Brasil por ano (130 mil ton/dia), ou seja, aproximadamente 0,7 kg/hab.dia. (GRIMBERG, 2002). Sabe-se, porém, que este valor per capita é uma média que pode variar de local para local dependendo dos hábitos, costumes e poder aquisitivo da população. Devido à extensão geográfica do Brasil é possível identificar perfis bastante distintos tanto em termos de geração per capita como com relação à composição gravimétrica dos resíduos.

Os principais componentes dos RSD são restos de comidas, jornais e revistas, garrafas, embalagens, têxteis, latas de alumínio, podendo também apresentar resíduos com substâncias químicas perigosas, sendo mais comum observar a presença de pilhas, baterias, remédios, lâmpadas, tintas e solventes gerados pelas atividades cotidianas de seus residentes.

A Figura 3.1. mostra a composição gravimétrica média em peso dos resíduos sólidos domiciliares no Brasil.



**Figura 3.1: Composição gravimétrica em peso dos RSD no Brasil em 1999**

Fonte: PHILIPPI JR citado por IPT E CEMPRE (2000).

Observa-se nesta figura, que o resíduo sólido domiciliar brasileiro é composto na sua maioria por matéria orgânica putrescível, que tem como característica

a rápida degradação, tornando-se, portanto, a responsável pelo odor desagradável proveniente das usinas de compostagem e dos locais de disposição.

O alto teor de matéria orgânica putrescível presente, cerca de 52% em peso, influi diretamente na questão da disposição final em aterros, especialmente quanto ao tratamento do lixiviado e de gases, constituídos principalmente por metano e dióxido de carbono, oriundos da decomposição da matéria orgânica (VILHENA, 2002).

A elevada geração de resíduos sólidos facilmente degradáveis, no Brasil, pode ser em parte explicada pela cultura de desperdício de alimentos (fases de produção, industrialização, armazenagem, transporte e distribuição) existente e que é comum também a vários outros países latinos.

### **3.3. A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

Considerado como um dos setores do saneamento básico, o sistema de resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público.

GILNREINER (1994), afirmou que o sistema de resíduos sólidos não é um serviço municipal, tal como é o sistema de abastecimento de água e o transporte público. Enquanto os dois últimos são considerados meras utilidades, o sistema de resíduos sólidos é um serviço que requer a participação da população, que deve estar consciente da necessidade de tal serviço e cooperar seguindo as diretrizes estabelecidas pelo município.

A problemática dos RSD tem se mostrado mais incisiva devido a propaganda que estimula a utilização cada vez maior de produtos ditos mais “convenientes” como, por exemplo, a compra de alimentos congelados ou semiprontos que geralmente vêm com mais embalagens.

Observando este modelo contemporâneo de consumo READ (1999) é enfático ao afirmar que a produção do resíduo sólido está se revelando mais como uma atividade anti-social do que efetivamente a consequência necessária e inevitável das necessidades de consumo da população.

A partir deste cenário, conclui-se que o ser humano vive numa época que poderia ser designada como a Era dos Descartáveis na qual os produtos são inutilizados e descartados com enorme rapidez.

Desta forma, o manejo inadequado dos resíduos sólidos (tanto pela população quanto pela administração municipal) é, em muitos casos, o responsável pela poluição ambiental e redução da qualidade de vida nas cidades brasileiras. Exemplos desta gestão ineficiente são os inúmeros episódios em que a ausência de tratamento e a disposição inadvertida dos resíduos provocam principalmente a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Um exemplo é o recente fato noticiado pela Folha de São Paulo sobre o caso de Ribeirão Preto, interior de São Paulo, envolvendo a possibilidade de contaminação de quatro conjuntos habitacionais que foram construídos sobre o antigo lixão do município. Os moradores, aproximadamente 3.900 pessoas, corriam o risco de uma combustão acidental incontrolada devido ao confinamento do gás metano na massa do lixo e também de contaminação por meio das substâncias cancerígenas presentes no solo. Outro problema destacado pela mesma fonte é a possibilidade de contaminação do Aquífero Guarani, uma vez que o lixão não possui nenhum tipo de dispositivo de proteção que impeça a infiltração do lixiviado no reservatório (FOLHA DE SÃO PAULO, 2003).

Outra questão, não menos relevante, com relação aos RSD foi destacado pelo IBAM (2001), cujo relato dizia,

*(...) a participação de catadores na segregação informal do lixo seja nas ruas ou nos vazadouros e aterro, é o ponto mais agudo e visível da relação do lixo com a questão social. Trata-se do elo perfeito entre o inservível e a população marginalizada da sociedade que, no lixo, identifica o objeto a ser trabalhado na condução de sua estratégia de sobrevivência.*

Portanto, infere-se que a problemática dos RSD transcende as soluções técnicas (coletar, transportar, tratar e destinar o resíduo), pois requer atitudes que permeiem os aspectos sociais (catadores), ambientais (proteção do meio ambiente),

educacionais (mobilização da população), estéticos (paisagem), econômicos, de saúde pública e também de integração com os outros sistemas de saneamento.

### **3.4. A CADEIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: DO BERÇO AO TÚMULO**

Nos domicílios, o resíduo sólido é gerado a partir do momento em que o produto ou material que não tem mais utilidade para o seu proprietário é descartado.

A geração de resíduos, apesar de se encontrar no início da cadeia, tem significativo impacto no sistema, pois quanto mais resíduos gerados maiores serão os volumes a serem coletados, transportados, tratados e dispostos.

Para LOGAREZZI (2004), a geração de resíduos é em parte determinada pelas ações de consumo de produtos e de serviços, pelas opções de produção, pela opção de comercialização e pelas opções de oferecimento de serviços. Portanto as ações de gestão nestes contextos devem ser pensadas e trabalhadas a longo prazo e pelas três esferas – Federal, Estadual e Municipal.

Logo após o descarte do resíduo ocorre o acondicionamento, e em alguns casos, é necessário realizar também o armazenamento do resíduo.

As próximas etapas da cadeia são: coleta, transporte e transferência, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos domiciliares.

Nas atividades de consumo, geração e descarte o cidadão está envolvido diretamente, enquanto que nas etapas de coleta, transporte e transferência, tratamento e destinação final seu envolvimento é indireto (LOGAREZZI, 2004).

#### **3.4.1. Acondicionamento e Armazenamento**

O acondicionamento é a etapa subsequente à geração e descarte do resíduo. O material rejeitado pode ser acondicionado em caixas, tambores ou sacos plásticos sendo este último o mais comum.



As normas NBR 9190, 9191 e 9195 todas de 1993 referem-se, respectivamente, a classificação, especificação e determinação de resistência à queda livre dos sacos plásticos para acondicionamento de lixo. Já a NBR 13055 (1993) determina a capacidade volumétrica de sacos para acondicionamento de lixo. (IPT e CEMPRE, 2000).

BARROS E MÖLLER (1995) afirmaram que, “acondicionar significa dar ao lixo uma ‘embalagem’ adequada, cujos tipos dependem de suas características e da forma de remoção, aumentando assim a segurança e a eficiência do serviço”.

De acordo com o IBAM (2001), “acondicionar os resíduos sólidos domiciliares significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada e, de forma compatível com o tipo e a quantidade de resíduos”. O acondicionamento adequado evita acidentes, proliferação de vetores, minimiza o impacto visual e olfativo e facilita a realização da etapa da coleta.

Porém acondicionar o resíduo não significa somente colocá-lo em um recipiente adequado podendo incluir também pré-ações como realizar uma lavagem simples do resíduo (vasilhames constituídos por materiais metálicos, plásticos e vidros) a fim de retirar as impurezas e evitar a proliferação de moscas. No caso da coleta ser seletiva, a lavagem ajuda a não contaminar, principalmente com gorduras, outros resíduos recicláveis facilitando o processo de reciclagem para obtenção de materiais reciclados com melhores propriedades.

O armazenamento dos resíduos pode ser observado em edifícios e condomínios, onde o gerador após acondicionar o resíduo, transporta-o para o local de armazenamento (fechado ou aberto) de uso comum até que o serviço de coleta faça o seu recolhimento.

Outra situação de armazenamento ocorre quando a coleta não é diária, podendo ser realizada duas ou três vezes por semana. Neste caso, o resíduo acondicionado é armazenado em recipientes maiores comumente com tampa para evitar a proliferação de moscas e diminuir o odor desagradável, aguardando o momento próximo da coleta para dispor o recipiente em via pública.

As etapas de acondicionamento e armazenamento são de responsabilidade do cidadão. Embora sejam de responsabilidade do gerador, a administração municipal deve exercer funções de regulamentação, educação e

fiscalização, visando assegurar condições sanitárias e operacionais adequadas (IPT E CEMPRE, 2000).

### **3.4.2. Coleta**

A partir da etapa da coleta a operação do sistema é assumida pelo poder público municipal. Para o IBAM (2001),

*A coleta do lixo é o segmento que mais se desenvolveu dentro do sistema de resíduos sólidos e o que apresenta maior abrangência de atendimento junto à população, ao mesmo tempo em que é a atividade do sistema que demanda maior percentual de recursos por parte da municipalidade.*

Assim, a coleta de resíduos constitui o contato mais direto entre gerador e serviço de limpeza urbana e por isso representa a etapa mais suscetível à crítica dos moradores. E, para que esta interação ocorra de forma satisfatória, a administração municipal deve garantir a universalidade do serviço prestado, ou seja, todo cidadão deve ser servido pela coleta de resíduos domiciliares. Outro atributo imprescindível ao serviço de coleta é a regularidade, isto é os veículos coletores devem passar regularmente nos mesmos locais, dias e horários estabelecidos.

Com relação ao aspecto normativo é interessante verificar a norma NBR 12980 (1993) da ABNT que se refere à terminologia de coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos e também a NBR 13463 (1995) que classifica a coleta de resíduos (IPT E CEMPRE, 2000).

A coleta, para que seja eficiente, não depende apenas dos recursos financeiros a ela destinados, mas, sobretudo da fase da pré-coleta (acondicionamento e armazenamento) e do desempenho dos sistemas de apoio à própria coleta (eficiência das rotas, equipe de trabalho e equipamentos).

No Brasil, a coleta é realizada, em sua maioria, pelo sistema porta a porta, ou seja, os resíduos são coletados na sua origem, em cada domicílio. A equipe de

coleta recolhe o resíduo que está disposto ao longo das vias colocando-o diretamente no veículo coletor ou pode acumular o resíduo em determinados pontos, por exemplo, esquinas, para posterior carregamento do veículo.

A coleta pode ser convencional - também conhecida como misturada - ou seletiva, sendo ambas não são excludentes podendo coexistir num mesmo município. A diferença entre elas é que a coleta convencional não exige segregação na fonte dos materiais coletados enquanto a seletiva pode requerer a separação em diversas frações.

#### **3.4.2.1. Coleta Seletiva**

Entende-se como coleta seletiva o sistema de recolhimento diferenciado de resíduos, que foram previamente separados na sua fonte geradora (IPT E CEMPRE, 2000).

Não se deve confundir coleta seletiva com reciclagem, pois a coleta é uma das etapas que antecedem o processo de reciclagem dos resíduos. Outras etapas que podem anteceder este processo são as atividades de separação, prensagem e enfardamento por tipo de resíduos, que são geralmente, realizados em uma central de triagem e beneficiamento.

A coleta seletiva pode diferenciar-se quanto ao grau de seletividade podendo variar da simples separação entre resíduos secos e úmidos, passando pela separação nas frações recicláveis, orgânicos, inservíveis e perigosos até a coleta seletiva por tipos de resíduos, ou seja, plásticos, metais, papel, papelão, vidros, baterias e pilhas e matéria orgânica.

Quanto maior forem as frações separadas, mais eficiente tenderá ser o sistema, pois os materiais estarão mais limpos. Por outro lado, torna-se mais difícil a operação uma vez que o tempo gasto na coleta é maior sendo necessário um investimento inicial elevado (LOGAREZZI, 2002).

O IPT E CEMPRE (2000), destacaram quatro formas de recolher os resíduos na coleta seletiva: coleta porta-a-porta, pontos de entrega voluntária (PEV's), postos de troca e por meio da coleta informal geralmente realizada por catadores.

A primeira modalidade é a coleta seletiva realizada pelo sistema porta a porta o qual assemelha-se bastante à coleta convencional. Neste caso, os resíduos são

separados nas frações pré-estabelecidas e colocados na via pública à espera do caminhão coletor. É comum verificar também a coleta seletiva em que os moradores aguardam a equipe da coleta para então entregar os resíduos. Esta forma de coletar apesar de ser mais demorada é utilizada nos locais onde os catadores de rua (coleta informal), passam antes da equipe da coleta seletiva (coleta formal), recolhendo somente os resíduos com maior valor de venda.

A coleta seletiva porta-a-porta apresenta alto custo inicial, dado o baixo rendimento proporcionado aos veículos, isto é, alta quilometragem desenvolvida com baixa recepção de carga, o que tem desestimulado a expansão deste sistema.

Os PEV's ou LEV's (Locais de Entrega Voluntária) são instalações simples nas quais os resíduos são acumulados separadamente aguardando o serviço de coleta. Em alguns casos, esta forma de coleta seletiva, funciona como alternativa complementar ao sistema porta a porta (LOGAREZZI, 2004).

Nesta modalidade, segundo CETESB (1997e), o veículo de coleta não se desloca de domicílio em domicílio. A própria população realiza a entrega de seus resíduos recicláveis em pontos pré-determinados pela administração pública.











Esta forma de coleta é adotada em locais que há grande produção de resíduo, fluxo intenso de pessoas ou quando se deseja aliviar o armazenamento doméstico semanal. Os PEV's devem ser dimensionados em função do volume de reciclável gerado na área de abrangência e da disponibilidade de infra-estrutura para coleta.

Os PEV's devem ser projetados para uma capacidade adequada, podendo apresentar tamanhos distintos dependendo do resíduo a ser recebido. Outra característica essencial requerida é que estes recipientes sejam fabricados com materiais resistentes a choques, ações de animais e agentes químicos. Os PEV's devem ter bom aspecto visual, proteção contra roubo, apresentar boas condições higiênicas e ser fácil de manusear, tanto pelo gerador como pelo coletor.

Geralmente, os recipientes dos PEV's são coloridos para indicar qual tipo de resíduo deverá ser colocado. A resolução CONAMA 275 de 25 de abril de 2001 estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na identificação dos coletores, bem como, em campanhas informativas para a coleta

seletiva. O Quadro 3.3, elaborado pela autora, sistematiza o código de cores proposto por esta resolução.

**QUADRO 3.3.: Código de cores para coleta seletiva**

CORES		RESÍDUOS
	Azul	Papel/Papelão
	Vermelho	Plástico
	Verde	Vidro
	Amarelo	Metal
	Preto	Madeira
	Laranja	Resíduos Perigosos
	Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviço de saúde
	Roxo	Resíduos radioativos
	Marrom	Resíduos orgânicos
	Cinza	Resíduo não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: Resolução CONAMA 275

Certa atenção deve ser despendida com os PEV's quanto ao grau de confiança que se pode assumir na eficiência de separação dos resíduos pelos cidadãos, como, por exemplo, na hipótese de se depositar resíduos que não podem ser reciclados ou que sejam perigosos, ou então, de se incluir resíduos em tambores errados. Nesta situação é necessário prever uma segunda triagem dos resíduos.

Os postos de troca são uma alternativa baseada na troca do resíduo por algum tipo de bem, que pode ser alimento, vale transporte, descontos etc. (IPT E CEMPRE, 2000).

A última modalidade é a coleta seletiva realizada pelos catadores ou carrinheiros, conhecida também como coleta informal.

LOGAREZZI (2004), define coleta informal como aquela

*(...) exercida pela ação de catadores de resíduos autônomos, geralmente encaminhando os resíduos coletados a sucateiros que têm condições de acondicioná-los, acumulá-los e comercializá-los a industrias (...). Trata-se de atividade urbana espontânea, cuja contribuição ao sistema formal de gerenciamento de resíduos é em geral muito significativo (...)*

O trabalho destes catadores tem um grande impacto com relação à quantidade de resíduos que deixa de ir para o destino final. Indiretamente, eles contribuem para reduzir os gastos públicos relativos à coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos.

De acordo com o CEMPRE citado por IPT e CEMPRE (2000), estima-se que no Brasil haja cerca de 200 mil catadores de rua responsáveis pela coleta de vários resíduos recicláveis. O referido autor afirma ainda que “o benefício que os catadores de rua trazem para limpeza urbana é grande, mas geralmente passa despercebido”.

De acordo com TEIXEIRA e ZANIN (1999),

*(...) a coleta informal deve ser devidamente identificada e considerada sempre que se queira implantar a reciclagem de resíduos sólidos, pois pode, por um lado, interferir nos fluxos dos materiais a serem coletados, desviando parte dos mesmos; por outro lado, porém, pode vir a integrar-se de modo positivo no sistema a ser implementado.*

Em São Carlos (SP), MANCINI (1999), estudou a participação da coleta informal no município e constatou que, a coleta realizada pelos catadores correspondia à cerca de 30% do total de resíduos coletados naquela época. MANCINI conclui ainda que para o ano de 1996 a cidade de São Carlos recuperou 17 mil toneladas de resíduos, gerando uma economia de 6,5 milhões de reais na forma de custos evitados com coleta, transporte e disposição final e consumo de energia e matéria-prima.

GRIMBERG E BLAETH (1998) salientaram que,

*Qualquer que seja a modalidade adotada, os programas de coleta seletiva, em sua maioria, foram implantados através de experiências-piloto em bairros. Ampliadas gradativamente, estas experiências foram incorporando sugestões da comunidade para seu aprimoramento. Esta ampliação modular permite adequações operacionais e pode também reduzir o esforço educativo necessário à implantação da coleta seletiva em outros bairros, graças à transmissão de novos conceitos e atitudes de uma comunidade a outra.*

As principais vantagens da coleta seletiva consistem em proporcionar maior eficiência na reciclagem, pois os materiais chegam mais limpos nas instalações, além de contribuir para a diminuição do volume de resíduos que são encaminhados para o aterro sanitário, prolongando assim a sua vida útil.

A coleta seletiva proporciona também ganhos sociais, pois estimula a prática da cidadania uma vez que a participação popular reforça o espírito comunitário e também possibilita a articulação dos catadores para formarem cooperativas, associações ou organizações da sociedade civil, criando desta forma melhores condições de trabalho e renda.

Para o IPT E CEMPRE (2000), os pilares da coleta seletiva são, “tecnologia (para efetuar a coleta, separação e reciclagem), mercado (para absorção do material recuperado) e conscientização (para motivar o público alvo)”. Certamente em cidades onde a coleta seletiva não obteve sucesso, a causa tenha sido, provavelmente, a deficiência ou falta de um destes requisitos.

O custo da coleta seletiva ainda é alto se comparado à coleta convencional. O diagnóstico da coleta seletiva, no Brasil, é realizado desde 1994 pelo CEMPRE por meio da pesquisa Ciclossoft, que consiste num banco de dados atualizado da coleta seletiva em municípios de pequeno, médio e grande porte.

Esta pesquisa mostrou que em 1994 o valor da coleta seletiva era 10 vezes maior que a coleta convencional, passando para 8 vezes em 1999. Hoje, a relação entre o custo da coleta seletiva e convencional é de 6 para 1, sendo o custo médio da coleta seletiva de aproximadamente R\$ 350,00/t (CEMPRE, 2004a).

A partir destes dados pode-se inferir que o valor da coleta seletiva tende a diminuir devido aos programas que estão sendo criados e fortalecidos, as legislações e as pressões exercidas pela comunidade.

De acordo com esta pesquisa a redução no custo da coleta seletiva deveu-se ao fato de que o desempenho da coleta seletiva é diretamente proporcional aos investimentos feitos para sensibilizar e conscientizar a população. E, quanto maior a participação dos cidadãos em programas de coleta seletiva, menor será o custo de administração. Portanto, o custo da coleta seletiva é inversamente proporcional à participação da população, ou seja, quanto maior for a sensibilização e conscientização da comunidade menor será o gasto despendido com a coleta seletiva.

Salienta-se, porém, que os custos levantados pela pesquisa estão exclusivamente computados sob o ponto de vista econômico, não sendo considerado, portanto, os ganhos sociais (inclusão de antigos catadores de rua e do lixão em cooperativas) e ambientais (aumento da vida útil do aterro, conservação dos recursos naturais) proporcionados pela coleta seletiva.

Aspecto importante quanto à coleta seletiva é que este sistema requer uma instalação onde os resíduos possam ser separados por tipos, prensados e enfardados para então serem escoados para o mercado. Estas instalações são conhecidas como usinas, galpões ou centros de triagem e beneficiamento.

#### **3.4.2.1.1. Usinas ou Centrais de Triagem e Beneficiamento**

As Usinas ou Centrais de Triagem e Beneficiamento são instalações, geralmente galpões, que têm por objetivo triar ou separar os resíduos recicláveis provenientes da coleta seja ela convencional ou seletiva. O lay out destas instalações pode variar bastante de acordo com a quantidade de resíduos a serem processados e com o esquema de recebimento e separação dos resíduos.

Quanto à localização, as centrais de triagem e beneficiamento podem estar localizado dentro ou fora do aterro sanitário.



GRIMBERG E BLAETH (1998), afirmaram que por mais minucioso que seja um cidadão na separação de seus resíduos domiciliares, é sempre necessário beneficiar estes resíduos após a coleta.

A Central de Triagem e Beneficiamento além de separar os resíduos por tipo pode realizar outras atividades a fim de obter maior ganho com a venda dos mesmos. Dentre as atividades destacam-se a lavagem, trituração, peneiramento, prensagem e enfardamento de acordo com as exigências ditadas pelo mercado consumidor.

Como já mencionado, as instalações que operam separando somente os resíduos provenientes da coleta seletiva, apresentam melhor desempenho, pois neste caso, os resíduos chegam menos contaminados. E, assim, consegue-se um preço superior àqueles obtidos quando da coleta convencional.

O índice de rejeitos produzidos numa central de triagem e beneficiamento pode variar de um município para outro. Os fatores que influem nesta variação são: grau de eficácia no processo de conscientização da população, o rendimento dos funcionários da central e as condições do mercado para assimilar os resíduos triados.

#### **3.4.2.1.2. Viabilidade da Coleta Seletiva**

A viabilidade da coleta seletiva, incluindo-se aqui a central de triagem e beneficiamento, pode ser estudada sob três aspectos: econômico, ambiental e social.

A viabilidade econômica refere-se à análise do custo/benefício produzido pela introdução da coleta seletiva. Dentre os custos envolvidos para o cálculo tem-se: aquisição do terreno, infra-estrutura, veículos, contêineres, salários e encargos, combustíveis, água, energia, seguros, equipamentos, manutenção, serviços de terceiros entre outros. Já, os benefícios econômicos são representados basicamente pela receita obtida com a venda de material e a economia alcançada com relação a não coleta, transporte e disposição desses resíduos.

A viabilidade ambiental pode ser expressa pela redução das quantidades de matérias primas extraídas, energia e água gastas alcançadas pela re-introdução do

resíduo na cadeia, ou seja, quando os resíduos transformam-se em matéria prima. Outro aspecto é com relação ao aumento da vida útil do aterro sanitário e a postergação na seleção de novas áreas para disposição final dos resíduos sólidos.

Por último, a viabilidade social, pode ser observada com relação a geração de empregos diretos e indiretos, sobretudo para aquelas pessoas que antes trabalhavam informalmente e em condições precárias.

Na opinião de LIMA (2001),

*(...) do ponto de vista ambiental e ecológico a coleta seletiva é perfeitamente viável, mas do ponto de vista econômico é fundamental se desenvolver estudos de viabilidade econômico-financeiro que justifiquem sua implantação. (...) cada município dentro de suas peculiaridades deve discutir com a sociedade o custo benefício desta ação. Fator necessário para que depois de iniciada esta atividade não seja interrompida ocasionando a grave e tão conhecida descontinuidade administrativa.*

Portanto, a viabilidade da coleta seletiva irá depender não somente das respostas obtidas a partir da análise econômica, ambiental e social, mas, sobretudo da ponderação que o tomador de decisão juntamente com a sociedade irá atribuir para cada uma destas questões.

### **3.4.3. Transporte e Transferência**

Esta fase do sistema de resíduos sólidos se refere à remoção dos resíduos sólidos dos locais de origem para estações de transferências, centros de tratamento ou, então, diretamente para o destino final. No transporte dos resíduos sólidos podem ser utilizados diferentes tipos de veículo, sendo os mais usuais o caminhão baú e o caminhão compactador.

Durante o planejamento da etapa de transporte de resíduos recomenda-se verificar a NBR 13221 (1994) e NBR 13333 e 13334 (1995) sobre os procedimentos a serem adotados (IPT E CEMPRE, 2000).

Para a escolha adequada do tipo de coletor deve ser conhecida a composição do resíduo a ser coletado, a quantidade, os custos do caminhão, custos de operação e manutenção, topografia da região, densidade populacional, tráfego e as características das vias como largura, pavimentação e declividade.

Segundo o IBAM (2001),

*O veículo coletor deve apresentar como características essenciais: não derramar lixo na via pública, permitir uma taxa de compactação de pelo menos 3:1, apresentar altura de carregamento de no máximo 1,20 m de altura, possibilitar o esvaziamento simultâneo de pelo menos dois recipientes por vez, possuir carregamento traseiro de preferência e dispor de local adequado para transportar a equipe de coleta.*

Esta etapa tem contribuição significativa na composição dos custos de operação do sistema de resíduos sólidos. A fim de reduzir estes gastos operacionais, costuma-se utilizar caminhões compactadores, que diminuem o número de viagens entre os domicílios e os locais de descarga. Entretanto tal opção exige investimento inicial mais elevado (MILANEZ, 2002).

O inconveniente dos caminhões compactadores é quando se pretende segregar os resíduos posteriormente à coleta. Neste caso, a eficiência de separação dos resíduos encaminhados para uma central de triagem, será muito baixa, pois a compactação, promoverá a mistura intensa, acabando por contaminar os resíduos recicláveis, e em alguns casos, podendo até inviabilizar a sua reciclagem.

Segundo IPT e CEMPRE (2000), para grandes distâncias a serem vencidas até a destinação final, 6 km no caso de caminhões convencionais e entre 12 e 25 km para os compactadores, é recomendado o uso de estações de transferência que limitem o percurso dos veículos coletores, gerando maior economia.

As estações de transferências ou de transbordo são instalações intermediárias onde os resíduos dos veículos coletores são transferidos, geralmente, para equipamentos de transporte maiores tais como as carretas (capacidade entre 40 m<sup>3</sup> a 60 m<sup>3</sup>), as quais conduzem os resíduos para o local de disposição final (IPT e CEMPRE,

2000). As barcaças e o transporte ferroviário também são opções utilizadas para transferir os resíduos, porém não são muito comuns.

A vantagem das estações de transferências é a flexibilidade proporcionada com relação ao local de destino final dos resíduos, pois caso ocorra o esgotamento da vida útil do aterro sanitário pode-se implantar um novo em local diferente, sem que haja grandes impactos na etapa de coleta.

A estação de transferência é indicada para cidades que apresentam forte expansão urbana, pois neste caso, há resistência da população em aceitar a implantação do aterro sanitário próximo a sua residência além do que quanto mais próximo da região central maior é o valor da terra.

#### **3.4.4. Tratamento**

IBAM (2001) definiu tratamento como

*Série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos RS seja impedindo descarte do lixo em local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável.*

De acordo com esta definição pode-se considerar a reciclagem, além da compostagem e da incineração, como uma alternativa de tratamento uma vez que esta atividade reduz a quantidade de resíduos sólidos a ser aterrada.

ZANTA E FERREIRA (2003), lembram que,

*O tratamento dos resíduos são ações corretivas que podem trazer como benefícios a valorização de resíduos, ganhos ambientais com a redução do uso de recursos naturais e da poluição, geração de emprego e renda e aumento da vida útil de locais de disposição final.*

Existem várias alternativas de tratamento adequadas para os resíduos sólidos. A escolha pela forma de tratamento deve ser definida de forma compatível com a realidade do município, levando-se em consideração as características dos resíduos sólidos, os condicionantes técnicos, econômicos e ambientais, uma vez que fatores como qualidade do produto e mercado consumidor podem ser limitantes ao uso de algumas destas alternativas (ZANTA E FERREIRA, 2003).

Destaca-se na seqüência os principais tratamentos empregados no Brasil para os resíduos sólidos domiciliares que são a compostagem, incineração e reciclagem.

#### **3.4.4.1. Compostagem**

Alguns autores (HUHTALA, 1999; IPT E CEMPRE, 2000) consideram a compostagem como uma forma de reciclagem, que neste caso específico, se aplicaria à matéria orgânica.

PEREIRA NETO (1996), definiu compostagem como

*Processo biológico, aeróbio e controlado, de transformação de resíduos orgânicos em húmus, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos envolvendo necessariamente duas fases distintas, sendo a primeira de degradação ativa e a segunda de maturação ou cura, onde é obtido o composto orgânico.*

A compostagem é um processo biológico controlado que utiliza o oxigênio presente no ar e no qual os microrganismos convertem, por meio da decomposição, a matéria orgânica degradável em dióxido de carbono, minerais, vapor de água e matéria orgânica estabilizada, conhecida como composto orgânico (RENKOW E RUBIN, 1998).

A transformação da matéria orgânica em gás carbônico e vapor de água reduzem o peso e o volume da pilha de material que está sendo compostado em aproximadamente 20-30% do peso inicial (IPT E CEMPRE, 2000).

Os principais fatores que intervêm no processo de compostagem são: microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetos), umidade, oxigenação, temperatura, relação carbono/nitrogênio, pH e tamanho da partícula (BIDONE E POVINELLI, 1999).

Como benefícios advindos da compostagem pode-se destacar: a redução da quantidade de resíduo a ser aterrado, a eliminação de patógenos, economia no tratamento de efluentes e a produção de um composto que pode melhorar a estrutura do solo, podendo também limitar a necessidade de fertilizantes industrializados (PEREIRA NETO, 1996; RENKOW E RUBIN, 1998; IPT E CEMPRE, 2000; LIMA, 2001).

Quanto às desvantagens deste tratamento cita-se a necessidade de um mercado para escoar o composto e de um local para a disposição final dos rejeitos. RENKOW E RUBIN (1998) apontaram que a limitação da compostagem reside no fato de que este tratamento requer que se faça uma pré-seleção do material e também que se realize um controle periódico do produto final – atividades estas que tendem a ser relativamente onerosa.

Dentre as aplicações do composto orgânico destacam-se o uso em hortos e viveiros, floricultura, programas de paisagismo, parques, jardins, programas de reflorestamento além de material de cobertura para aterros.

As características dos materiais comercializados como fertilizantes devem obedecer às especificações da Legislação Brasileira, do Ministério da Agricultura. O Decreto Lei nº 86.955, a Portaria MA 84 de 29/03/82 e a Portaria MA 01 de 4/3/83 dispõem sobre a inspeção e a fiscalização da produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas e aprovam normas sobre especificações, garantia e tolerância (IPT E CEMPRE, 2000).

Os mesmos autores ressaltam, porém a Portaria MA 84, de 29/03/82 diz somente que no requerimento do registro, o produto deverá apresentar declaração expressa de ausência de agentes fitotóxicos, agentes patogênicos ao homem, animais e plantas, assim como metais pesados, agentes poluentes, pragas e ervas daninhas. Não se estabelece limite tolerável para sua aplicação no solo, onde podem ter efeito cumulativo (IPT E CEMPRE, 2000).

O problema que pode ocorrer devido à operação inadequada do processo de compostagem é a possibilidade de liberação do odor e lixiviados, caso em que a

umidade ultrapassa valores de 60% promovendo a anaerobiose (BIDONE E POVINELLI, 1999; IPT E CEMPRE, 2000).

O Quadro 3.4 ilustra três processos mais comumente utilizados no Brasil para realizar a compostagem.

#### QUADRO 3.4: Processos de compostagem utilizados no Brasil

PROCESSO	DESCRIÇÃO
Sistema Dano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituído de sete etapas: recepção (balança), triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento, cura do composto no pátio e beneficiamento, descarga do composto cru no pátio de maturação primária, encaminhamento para o pátio de maturação secundária e beneficiamento;</li> <li>• Indicado para cidades de grande porte;</li> <li>• Tempo gasto na bioestabilização é menor se comparado aos outros sistemas;</li> <li>• Altos custos de implantação e manutenção.</li> </ul>
Método natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os resíduos são triados, moídos, umidificados e dispostos em leiras para digerir e compostar;</li> <li>• As leiras são reviradas periodicamente para facilitar a decomposição biológica;</li> <li>• Custos de implantação e manutenção menores;</li> <li>• Indicado para cidades de pequeno e médio porte;</li> <li>• Operação é afetada por fatores climáticos;</li> <li>• Tempo para que o processo se complete varia de 3 a 4 meses.</li> </ul>
Método acelerado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compostagem com insuflamento de ar forçado na massa em degradação;</li> <li>• Custos de implantação e manutenção maiores do que o método natural mas menores que o sistema DANO;</li> <li>• Indicado para aportes superiores a 200 t/dia;</li> <li>• Tempo total da compostagem acelerada é de 2 a 3 meses.</li> </ul>

FONTE: adaptado de BIDONE E POVINELLI, 1999; IPT E CEMPRE 2000 e LIMA, 2001.

A eficiência de qualquer um dos processos de compostagem acima citados depende principalmente da qualidade do material que chega para ser compostado. Resíduos alimentares de feiras, restaurantes, varejões de verdura são preferíveis aos resíduos provenientes dos domicílios, pois estes podem apresentar algumas substâncias indesejáveis como cacos de vidro, pilhas, medicamentos, etc.

A compostagem não precisa ser feita necessariamente em grande escala. Ela pode ser realizada nas próprias residências, sendo denominada neste caso, como

compostagem doméstica ou caseira. Uma das vantagens da compostagem doméstica com relação a compostagem em escala é que a primeira poupa custos de transporte e de disposição de resíduos.

Segundo LOBER (1996), a compostagem de folhas do jardim e dos restos de comida podem ser capazes de desviar 25% do resíduo que é encaminhado para a disposição final.

A compostagem caseira requer espaço na habitação para dispor o material a ser compostado. Em cidades com padrão de habitação sem muito adensamento ela é bastante viável.

Esta modalidade de compostagem está baseada na participação popular de forma solidária aos interesses sociais, pois muda a visão de que tudo deve ser coletado pelo serviço de limpeza pública municipal. Para GRIMBERG E BLAUTH (1998), a compostagem doméstica, tem um valor pedagógico inestimável, na medida em que reaproxima as pessoas dos ciclos da natureza e permite que elas revejam seus preconceitos com relação à matéria orgânica descartada.

Com relação aos custos de uma usina de compostagem, IPT e CEMPRE (2000) escreveram que

*As informações sobre custos operacionais das usinas são bastante imprecisas e variáveis, qualquer que seja o processo considerado. Usinas com capacidade de até 50 t/dia, operando pelo método natural, apresentam valores entre US\$ 6,00 a US\$ 10,00 por tonelada processada, excluindo os custos de manutenção e recuperação/remuneração de capital. Um modelo conceitual para 95 t/dia supõe cerca de US\$ 20,00 por tonelada processada.*

Na pesquisa realizada por RENKOW E RUBIN (1998) sobre a viabilidade econômica de se adotar a compostagem como alternativa da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos nos EUA, indicou que do ponto de vista econômico, a compostagem não poderia se justificar na maior parte dos EUA devido ao alto custo de processamento (\$50,00/ton), mas que poderia ser competitivo em locais onde o aterro sanitário apresentasse um custo mais elevado.



Outra conclusão retirada da mesma pesquisa foi que naquelas instalações, a maioria do composto produzido era doada o que poderia indicar um mercado absorvedor limitado para os compostos produzidos a partir dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

HICKMAN JR (2004), complementando as conclusões do trabalho citado anteriormente, escreveu que as duas principais razões que impedem um maior desenvolvimento da compostagem como importante parte da gestão dos RS nos Estados Unidos são: o custo de produção do composto e a ausência de mercado para o produto final.

Ao analisar essas afirmações sobre a compostagem nos EUA deve-se atentar para o fato de a contribuição do material facilmente degradável neste país é de 35,6 % (IBAM, 2001).

No contexto brasileiro, a compostagem deveria ser mais enfatizada já que cerca de 50% do RSD é constituído por matéria orgânica. Apesar disso, a técnica de compostagem ainda não se mostrou eficiente no Brasil. A compostagem no Brasil vem sendo tratada apenas sob a perspectiva de eliminar o resíduo domiciliar e não como um processo industrial que necessita de cuidados ambientais, operacionais, de marketing e controle de qualidade do produto final, entre outros.

#### **3.4.4.2. Reciclagem**

A reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares, também conhecida como reciclagem pós-consumo, é o aproveitamento dos resíduos descartados que após uma série de processamentos, retornam ao processo produtivo como matéria prima.

Segundo IPT e CEMPRE (2000), a reciclagem é o resultado de atividades que visam minimizar ou desviar o resíduo de seu destino final para serem utilizados como matéria prima na manufatura de bens, que antes eram produzidos somente com matéria prima virgem.

A reciclagem é atrativa à gestão de resíduos, pois transforma o lixo em insumos para a indústria, com diversas vantagens ambientais - ajuda a poupar espaço no aterro sanitário, reduz sensivelmente o consumo de energia, contribui para a

conservação dos recursos naturais e para o bem-estar da comunidade (CRAIGHILL E POWELL, 1996).

Esta atividade, em geral, é otimizada quando os resíduos encontram-se limpos e não contaminados, como por exemplo, aqueles provenientes da coleta seletiva bem organizada.

A reciclagem promove também, o desenvolvimento da consciência ambiental e incentiva as atividades envolvidas nesta atividade, incluindo a implantação de micro empresas recicladoras com conseguinte aumento do nível de mão de obra economicamente ativa.

O Quadro 3.5 mostra as economias proporcionadas pela reciclagem dos principais resíduos sólidos encontrados nos domicílios.

**Quadro 3.5: Economias proporcionadas pela reciclagem**

1 ton de resíduo reciclado	Economia de Água (%)	Economia de Energia (%)	Economia de Matéria Prima (%)	Redução Poluição da Água (%)	Redução Poluição do ar (%)
Alumínio	—	90 - 97	5 ton de bauxita	97	95
Papel	58	23 - 74	20 pés de eucalipto	35	74
Plástico	—	78	50% de petróleo	—	—
Vidro	50	4 - 32	1,2 ton de MP virgem	50	20
Aço	40	47 - 74	—	76	85

Fonte: IPT E CEMPRE, 2000; LIMA, 2001; CALDERONI, 2003

Com relação ao Quadro 3.5, cabe ressaltar que o valor atribuído à economia de matéria prima, no caso dos plásticos, dever ser analisado com ressalvas, pois nem todos os plásticos são obtidos a partir do petróleo. Outras matérias primas como o gás natural, carvão e plantas também podem ser utilizados para produzir alguns tipos de plásticos.

Por exemplo, o PVC (Policloreto de vinila) pode ser obtido por diversas rotas de produção, sendo que uma delas é a partir de eteno e cloro. O eteno não necessariamente é obtido a partir do petróleo podendo ser sintetizado também a partir do gás natural ou etanol (NUNES, 2002).

O Quadro 3.6 mostra os índices de reciclagem, a porcentagem ocupada no aterro sanitário e o preço médio de comercialização de alguns resíduos sólidos domiciliares.

**Quadro 3.6: Índices de reciclagem no Brasil**

Resíduo	Quanto é reciclado (%) *	% que representa no Aterro sanitário	Preço médio de comercialização (R\$/t)
Latinha de alumínio	87	< 1	2.800,00
Lata de aço	45	2,5	160,00
PET	35	<5	600,00
Plástico filme e rígido	17,5	5-10	210,00 e 360,00
Vidro	44	3	52,00
Embalagem longa vida	15	< 1	62,00
Papel de escritório	41	19 **	364,00
Papel ondulado	77,3	19 **	200,00

\* Dados referentes a 2002

\*\* Papel de escritório mais papel ondulado

FONTE: CEMPRE, 2004b.

Vilhena citado por CERQUEIRA E FREITAS (2000), é otimista com relação ao mercado de reciclagem brasileiro que, “tem como diferencial uma base sustentável, já que os índices de coleta seletiva e reciclagem avançam em igual proporção ao número de indústrias com tecnologia para beneficiamento de resíduos”.

Porém o mesmo autor prossegue explicitando que,

*O escoamento dos resíduos tende a concentrar-se nos locais onde há demanda por este tipo de serviço e tecnologia disponível. A falta de linhas de financiamento para novos empreendedores (...) dificulta a expansão do setor como um todo.*

CEMPRE (2004c) afirmou que

*(...) a falta de incentivos governamentais à atividade de (...) reciclagem tem sido um obstáculo a um crescimento mais acentuado do setor. Na verdade, antes de falar em incentivos é necessário eliminar os 'desincentivos', (...) na esfera tributária, a nível federal, estadual e mesmo municipal. Do ponto de vista Federal pode-se destacar o IPI dos plásticos reciclados (12%) versus o IPI da resina 'virgem' (10%).*

Pode-se inferir, a partir desta visão, que apesar do Brasil apresentar potencial para a expansão da atividade recicladora, existe ainda fragilidade nas políticas públicas para a gestão dos resíduos sólidos principalmente quanto à dotação de diretrizes e leis que incentivem a reciclagem no país como um todo.

#### **3.4.4.3. Incineração**

A incineração é mais uma alternativa de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, cujo processo consiste na combustão controlada com temperaturas entre 800 a 1000 °C numa mistura balanceada de componentes e quantidades apropriadas de ar por um tempo pré-determinado (BARROS E MOLLER, 1995).

A incineração é um processo que reduz a massa de resíduo, em até 70% e o volume em até 90%, porém, ela não elimina totalmente o resíduo, restando sempre um rejeito que deve ser encaminhado para um local adequado de disposição (BARROS E MOLLER, 1995).

Entre as vantagens deste tratamento destaca-se a redução do volume de resíduos encaminhado para o aterro sanitário, a esterilização de patógenos, funcionamento independente do clima e necessidade de instalações físicas menores (CETESB, 1997c).

Por outro lado, as desvantagens são os elevados custos com equipamentos, a necessidade de mão de obra especializada, não é flexível para adaptar-se a um grande aumento nas quantidades, pode apresentar problemas de combustão incompleta e deixa de reciclar certos resíduos que poderiam, de outra forma, serem

utilizados como matéria prima nos processos produtivos (JARAMILLO, 1991; IPT E CEMPRE, 2000).

Existe muita polêmica quanto ao uso desta alternativa para o tratamento dos RSD. Se, por um lado, a queima dos resíduos gera energia e calor aproveitáveis no processo produtivo, por outro, a emissão de poluentes na atmosfera, decorrentes da queima ineficiente gera impactos nocivos à saúde pública que contra-indicam a escolha dessa alternativa. O alto custo dessa tecnologia também desestimula a seleção por esta alternativa.

Com relação ao aspecto legal, a resolução CONAMA 264/00 define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para a produção de cimento.

A incineração de resíduos sólidos domiciliares é adotada em cidades onde foram esgotadas todas as outras possibilidades de tratamento e destinação do lixo. O emprego da incineração é mais comum para tratar os resíduos perigosos provenientes, geralmente, de estabelecimentos de serviço de saúde e industriais.

No contexto brasileiro, a incineração não é muito indicada devido ao alto teor de água presente no RSD, o que significa um baixo poder calorífico e porque também ainda não se tem problema significativo de escassez de locais para se dispor o resíduo.

#### **3.4.5. Destinação Final**

O problema da destinação final continua sendo uma preocupação constante para os técnicos e administradores responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos urbanos, enfoque este justificável dada a atual precariedade dessa atividade.

Dados do IBGE (2002) sobre a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB 2000), mostraram que apenas 13,4 % dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos em aterros sanitários, 18,3% em aterros controlados, e o restante dos municípios (68,3%) dispõe seus resíduos em locais impróprios, como é o caso dos lixões (JUCA 2003).

Portanto, nota-se que no Brasil o lixão ainda predomina como forma mais comum de destinação final dos resíduos sólidos coletados. Os lixões são depósitos a céu aberto, sem sistemas de proteção ambiental, que além de causarem problemas ambientais (contaminação do solo e água), permitem que pessoas sobrevivam num ambiente insalubre e em condições sub humanas, seja se alimentando dos restos de alimentos seja por meio da venda de materiais que catam na massa de lixo.

Alternativa ainda empregada no Brasil é o aterro controlado que foi definido pela ABNT 8849 (1985) como:

*Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos (RS), cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.*

O aterro controlado é na realidade uma técnica que apenas minimiza a questão da presença dos catadores e da proliferação de vetores, porém não resolve o problema dos gases e do líquido percolado uma vez que os resíduos são apenas cobertos no final de cada jornada de trabalho. Portanto, o aterro controlado é uma alternativa pouco eficaz em termos ambientais e de saúde pública.

A norma ABNT 8419 (1992) que fala sobre apresentação de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos, definiu aterro sanitário como,

*Uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário.*

Assim, o aterro sanitário é considerado o método mais adequado de disposição dos resíduos, seja pelo baixo custo, seja pela relativa simplicidade de operação.

A resolução CONAMA 001/86 deve ser verificada quando for realizado um projeto de aterro sanitário, uma vez que esta resolução define as atividades que necessitam de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e também a resolução CONAMA 005/88 que estabelece critérios para exigências de licenciamento para obras de saneamento.

Dentre as normas técnicas é interessante que o gestor consulte a NBR 13.896 (ABNT, 1997) sobre critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos e a NBR 8.419 (ABNT, 1984) sobre apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Segundo JUCA (2002),

*No mundo inteiro, com algumas exceções, os aterros sanitários representam a principal destinação final dos resíduos sólidos (...). Apesar da contradição, nos países em desenvolvimento, o aterro sanitário tem sido a mais importante meta a alcançar.*

MILANEZ (2002) escreveu que apesar do aterro sanitário ser a forma de

*(...) disposição mais recomendada, do ponto de vista do confinamento dos resíduos, utilizar apenas o aterro sanitário significa estar tornando inacessíveis diversos materiais necessários para as atividades econômicas e que no longo prazo, podem se tornar escassos.*

Quanto à implantação e operação dos aterros sanitários, eles devem ser localizados em áreas selecionadas com base em diversos critérios ambientais empregando, quando necessário, barreiras constituídas por revestimentos minerais (solo compactado) ou geomantas sintéticas para a impermeabilização do fundo e taludes do aterro. Os resíduos devem ser dispostos em células sanitárias sendo recobertos

diariamente por uma camada inerte, impedindo a atração de vetores. Os aterros sanitários também devem possuir sistemas de drenagem e tratamento de líquidos e gases a fim de proteger o meio ambiente (CETESB, 1997b; IPT e CEMPRE, 2000; LEÃO et al, 2001 E SEGEM e GTZ, 2002).

Dentre algumas vantagens proporcionadas pela utilização do aterro sanitário pode-se citar: o controle da proliferação de vetores, possibilidade de disposição de lodos provenientes de estações de tratamento de água e esgoto, baixo custo de operação.

As desvantagens relativas à implantação de aterros sanitários referem-se as grandes áreas necessárias para a locação do empreendimento, o longo período necessário para a estabilização do aterro e a interferência em sua operação de fatores climáticos, principalmente com relação à água pluvial.

FIUZA, FONTES E CRUZ (2002), fizeram um estudo sobre os custos de implantação e operação de aterros sanitários no estado da Bahia e concluíram que o custo médio total de implantação fica em torno de R\$ 1.358.971,71. Já O custo médio de operação identificado foi de aproximadamente R\$ 20.000,00 por mês, valor este atribuído sobretudo devido aos custos dos equipamentos e de manutenção.

Quanto aos custos de disposição em aterro sanitário a ETSU (1998) previu que estes poderão ter um aumento devido:

- À necessidade de tecnologias de engenharia mais eficazes para proteger o meio ambiente durante a sua operação e após o fechamento;
- Ao aumento das exigências para licenciamento por parte dos órgãos ambientais, incluindo aqui, capacitação técnica dos operadores e gerentes do aterro e
- À redução de espaços adequados em algumas áreas, tornando os custos de transportes mais onerosos se os resíduos tiverem que ser transportados por longas distâncias.

Analisando os argumentos expostos por ETSU constata-se a necessidade de uma gestão de resíduos integrada, que não pense somente na etapa de destinação



final, mas também naquelas que a antecedem a fim de minimizar a quantidade de resíduos que chegam no aterro sanitário.

Existem hoje, algumas tecnologias de destinação final que estão sendo empregadas para municípios de pequeno porte. Estas tecnologias primam pela simplicidade das técnicas construtivas e pelo baixo custo sempre baseadas em critérios técnicos científicos. Em virtude das novas propostas de destinação final de resíduos, o aterro sanitário discutido até agora será também denominado como aterro sanitário tradicional.

Para populações de até 10 mil habitantes tem-se a opção do aterro sustentável (LANGE, SIMÕES E FERREIRA, 2003). O aterro sustentável é um aterro projetado e operado de maneira a minimizar, tanto a curto quanto longo prazo, os riscos ambientais a níveis aceitáveis. Salienta-se que o reconhecimento dos níveis aceitáveis para os riscos ambientais depende da hidrogeologia local e regional, topografia, clima, flora, fauna entre outros vários fatores. Neste contexto, as técnicas e tecnologias apropriadas para uma determinada região podem não ser para outras (WESTLAKE, 1997).

O fato de o aterro sanitário sustentável receber uma quantidade pequena de resíduos em cada trincheira contribui para a redução da geração do lixiviado e gases, se comparado ao aterro tradicional, possibilitando assim um maior controle do sistema (GOMES E MARTINS, 2003).

Outra forma de se destinar os resíduos para municípios de pequeno porte são os aterros em valas propostos pela CETESB (1997a) que são definidos como uma técnica que “consiste no preenchimento de valas escavadas com dimensões apropriadas, onde os resíduos são depositados sem compactação, e a sua cobertura com terra é realizada manualmente”.

Devido ao fato dos resíduos não serem compactados após sua deposição, os espaços disponíveis na vala não são aproveitados integralmente. Desta forma, CETESB (1997a) e LIMA E PIZA (1999) recomendam esta opção para municípios que produzam até 10 toneladas por dia de resíduos sólidos.

O aterro em valas exige um determinado número de requisitos para sua viabilização, os quais destacam-se: não implantar em locais em que a profundidade do

lençol freático esteja próxima à superfície, que apresente terrenos rochosos e que sejam constituídos por solos arenosos (CETESB, 1997a).

Outra opção, para população de até 20 mil habitantes é o aterro sanitário simplificado proposto pela CONDER (s/d) que é

*(...) um projeto modular cujos impactos negativos causados ao meio ambiente com a sua implantação são inexpressivos e de fácil controle (...).A prática de cobrir os resíduos diariamente com uma camada de solo de espessura entre 0,15 e 0,20 cm (...) torna possível a diminuição da proliferação de vetores de doenças (...), e reduz a produção dos gases (...) gerados na decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos, não havendo necessidade do dreno vertical minimizando ainda mais os custos.*

Na concepção de FIUZA, FONTES E CRUZ (2002), o aterro sanitário simplificado

*(...) consiste no aterramento manual dos resíduos, desenvolvidos no sistema de trincheiras trapezoidal e uma altura útil de somente 1 a 1,5 m acima do nível do terreno. A vida útil de cada trincheira é prevista para aproximadamente um ano e meio (...) Os resíduos serão dispostos diretamente na trincheira, que terá uma camada impermeabilizadora de argila com 50 cm de espessura (...), os operários iniciarão o processo de arrumação dos mesmos, dispendo de ferramentas manuais e finalmente recobrimdo com uma camada de 20 cm solo ou com lona plástica removível a quantidade de resíduos dispostos no período diário (...) No final a vala é selada com uma cobertura final de 60 cm de solo.*

Há também a opção do aterro sanitário manual que é um método de disposição indicado para municípios com menos de 40 mil habitantes ou para regiões onde são depositados menos de 20 t de resíduos diariamente. O fator determinante do aterro sanitário manual é que ele não requer a utilização de equipamentos pesados para a operação do aterro, o que contribui para manter os custos relativamente mais baixos se comparado ao aterro sanitário tradicional. No aterro sanitário manual utilizam-se os mesmos componentes que o aterro tradicional (cerca, sistema de drenagem de água

pluvial, de gás e dos lixiviados, administração, vias de acesso), exceto pela geomembrana para impermeabilização e equipamentos. Para se operar um aterro sanitário manual com recebimento de aproximadamente 10t/d de resíduos é necessário empregar entre 4 a 6 trabalhadores (JARAMILLO, 1991; SEGEM e GTZ, 2002).

O Quadro 3.7. mostra a comparação técnica entre o aterro sanitário tradicional e o aterro sanitário manual.

**Quadro 3.7: Comparação técnica entre aterro sanitário tradicional e manual.**

Parâmetros	Aterro sanitário tradicional	Aterro sanitário manual
Operação	Regular	Muito simples
Manutenção	simples	Muito simples
Equipamento	convencional	Simple
Qualificação de pessoal	Nível médio	Baixo nível
Redução do volume (%)	50-60	40-50
Aplicação para municípios de pequeno porte	Sim, mas custoso	Exclusivamente
Aplicação para municípios de médio e grande porte	Sim	Não
Experiência no fechamento	Muita (> 40 anos)	Pouca

FONTE: traduzido de SEGEM e GTZ, 2002.

O aterro sanitário manual permite que os municípios com poucos recursos (incapacidade de adquirir e manter equipamentos pesados permanentes), geralmente os de pequeno porte, disponham adequadamente seus resíduos utilizando mão de obra que é abundante em países em desenvolvimento (JARAMILLO, 1991).

Todas estas técnicas de disposição buscam compatibilizar a redução dos riscos ambientais com a implantação de sistemas mais simples e econômicos. É importante lembrar que apesar destas formas de disposição serem obras menores que um aterro sanitário tradicional, não deixam de ser uma obra de engenharia e, portanto, não devem ter seu planejamento subestimado.

#### 4. GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Observa-se certo dissenso entre os técnicos e pesquisadores que lidam com a questão dos resíduos sólidos no que se refere ao conceito das palavras gestão e gerenciamento. Alguns autores as consideram sendo sinônimos outros percebem significados distintos.

Portanto, julga-se necessário discutir este assunto por meio da literatura pertinente para desta forma, adotar uma posição com relação aos termos, seja concordando com a equivalência de significados ou não.

De acordo com AZAMBUJA (2002), “... o termo gestão dá a conotação de amplitude, sugere ao administrador ‘o que fazer’, dentro de uma visão ampla. Já ‘como fazer’ sugere ao administrador a figura do gerenciamento”.

Transpondo para a questão dos resíduos sólidos, de acordo com esta autora a gestão tem a prerrogativa de uma visão ampla do objeto a ser estudado, já o gerenciamento é a implementação desta visão.

LIMA (2001), estabeleceu a diferença entre gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, explicando que a “... gestão abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas (...) já o termo gerenciamento de resíduos sólidos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão”.

ARAÚJO (2002) esclareceu mais detalhadamente a diferença entre gestão e gerenciamento de resíduos explicitando:

*(...) o termo gerenciamento deve ser entendido como o conjunto de ações técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão. Entende-se por gestão o processo de conceber, planejar, definir, organizar e controlar as ações a serem efetivadas pelo sistema de gerenciamento de resíduos. Este processo compreende as etapas de definição de princípios, objetivos, estabelecimento da política, do modelo de gestão, das metas, dos sistemas de controles operacionais, de medição e avaliação do desempenho e previsão de quais os recursos necessários.*

A partir da análise destas definições e diferenciações, adotar-se-á neste trabalho a seguinte distinção - a gestão será citada quando se relacionar à condução, coordenação e elaboração de estratégias. Portanto, a gestão associa-se ao planejamento e dotação de diretrizes gerais do sistema de resíduos sólidos.

Já o gerenciamento será entendido como atividade operacional e que se relaciona mais diretamente ao controle das etapas de coleta e transporte (número de garis, rotas, tipo de caminhão...), tratamento (tipo de equipamento, instalações físicas e número de operários) e disposição dos resíduos (mão de obra, localização e equipamentos, instalações,...), a fim de equacionar o problema de forma satisfatória.

Por meio desta breve revisão, percebe-se que existe sim uma diferença entre a gestão e o gerenciamento dos resíduos. O Quadro 4.1, a seguir, resume as características de cada um no intuito de facilitar o entendimento sobre esta diferenciação.

**Quadro 4.1. Características que diferenciam a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos**

<b>GESTÃO</b>	<b>GERENCIAMENTO</b>
O que fazer	Como fazer
Visão ampla	Implementação desta visão
Decisões estratégicas	Aspectos operacionais
Planejamento, definição de diretrizes e estabelecimento de metas	Ações que visam implementar e operacionalizar as diretrizes estabelecidas pela gestão
Conceber, planejar, definir e organizar	Implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar

Fonte: o AUTOR

Dois exemplos são citados para elucidar a diferenciação adotada entre gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. A prioridade dada a uma determinada tecnologia de destinação final é uma tomada de decisão em nível de gestão. Já os aspectos tecnológicos e operacionais relacionados à implementação do aterro sanitário são atributos do gerente (ZANTA E FERREIRA, 2003).

#### **4.1. Modelo de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares: O que está errado?**

Hoje, a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos domiciliares (GIRSUD) se apresenta em cada cidade brasileira de forma diversa, prevalecendo, entretanto, situação nada promissora (IBAM, 2001). O enfoque dado ao problema dos resíduos no Brasil é, em sua maioria, sob o ponto de vista exclusivo da coleta e do transporte do resíduo sólido, destinando-o em áreas afastadas dos centros urbanos, longe da visão de seus geradores (IBAM, 2001).

MOTTA (1995), apontou que a gestão integrada dos resíduos sólidos no Brasil,

*(...) apresenta indicadores que mostram um baixo desempenho dos serviços de coleta e, principalmente, na disposição final do lixo urbano. Adicionalmente, os gastos necessários para melhorar este cenário são expressivos e enfrentam problemas institucionais e de jurisdição, de competência do poder público.*

Reichert citado por JUNKES (2002) escreveu que a adoção de

*(...) soluções isoladas e estanques que não contemplam a questão dos resíduos desde o momento de sua geração até a destinação final, passando pelo seu tratamento, mesmo sendo boas a princípio, não conseguem resolver o problema como um todo.*

Identificam-se outros dois problemas relacionados com o modelo atual de gestão dos RSD. A primeira é a descontinuidade política, evidenciada pela ruptura dos programas e planos, quando se esgota o período de gestão e outro grupo assume o poder. E o segundo problema refere-se ao aspecto legal, que mesmo considerando ser eminentemente municipal a competência para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares, a legislação ressenete-se de uma política nacional de resíduos sólidos, bem

como de normas gerais e de âmbito nacional, visando não apenas a gestão adequada dos resíduos.

Infere-se, então, que o problema das administrações municipais é a visão extremamente segmentada e setORIZADA que a maioria delas tem com relação à gestão do resíduo sólido. Este ponto de vista leva a conflitos e divergências operacionais que minimizam a resultante das ações.

Já era observado por Gotoh citado por SUDHIR et al (1996) que a gestão de resíduos sólidos não deveria ser tratada somente sob a perspectiva estreita da coleta e disposição, mas deveria ser vista e explorada como parte inserida num contexto maior, a dinâmica das cidades.

Estas ações isoladas encontradas no modelo atual de gestão dos RSD recebem várias denominações sendo mais conhecidas a visão com ênfase nas partes, visão mecanicista, reducionista ou analítica.

Esta visão foi introduzida por Descartes, no século XVII, e ainda permanece como uma característica essencial do pensamento científico moderno. Descartes explicava que este método consistia em fragmentar fenômenos complexos em pequenos elementos simples a fim de compreender o comportamento do todo a partir das propriedades de suas partes (BERTALANFFY, 1972; CAPRA, 1999).

BOFF (1997) escreveu que

*(...) a ciência moderna, nascida com Newton, Copérnico e Galileu Galilei, não soube o que fazer da complexidade. A estratégia foi reduzir o complexo ao simples. Por exemplo, ao contemplar a natureza, ao invés de analisar a teia de relações complexas existentes, os cientistas tudo compartimentaram e isolaram. (...) Assim, começaram a estudar só as rochas, ou só as florestas, ou só os animais, ou só os seres humanos. E, nos seres humanos, só as células, só os tecidos, só os órgãos, (...). Desse estudo, nasceram os vários saberes particulares e as várias especialidades. Ganhou-se em detalhe, mas perdeu-se a totalidade.*

Nota-se, então, que a fragmentação das partes resulta num afastamento e isolamento do todo, subestimando desta forma a sua importância. Metaforicamente, pode-se dizer que um ecologista não conseguirá compreender uma floresta

simplesmente estudando cada árvore, assim como, o gestor de resíduos sólidos não conseguirá equacionar o problema olhando somente para uma das etapas deste sistema.

Neste ínterim, torna-se interessante conceber a GIRSUD de forma sistêmica, integrada e holística, que possibilite visualizar as relações e conexões existentes entre todas as partes do sistema de resíduos sólidos e delas com o seu meio ambiente externo.

#### **4.2. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares: O Enfoque Sistêmico**

A urgência pela melhoria da eficiência da gestão dos resíduos sólidos vem intensificando-se principalmente devido à escassez de áreas de destinação final, à disputa pelo uso das áreas remanescentes com a população da periferia, à valorização dos componentes presentes na massa dos resíduos sólidos e à presença crescente de muitos catadores (adultos e crianças) nos locais de disposição.

O reconhecimento de que não existe uma prática única que seja capaz de tratar o resíduo sólido com 100% de eficiência somado aos problemas supracitados foram elementos catalisadores para se iniciar a discussão em torno da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares.

De acordo com o IPT E CEMPRE (2000), a GIRSUD, é a articulação de “ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo de suas cidades”.

Expressando ponto de vista similar o IBAM (2001) desenvolveu um pouco mais o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos escrevendo que o

*(...) envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana. Para tanto, as ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que envolve a questão devem se processar de modo articulado, segundo a visão de que todas as ações e operações envolvidas encontram-se interligadas entre si.*



A visão da gestão integrada de resíduos sólidos defendida por TEIXEIRA (2001) é aquela,

*(...) que seja a mais ampla possível, de modo que as alternativas mais adequadas a cada caso possam se viabilizar e, mais do que isto possam ter características de eficiência, permanência e respeito às comunidades e ao ambiente.*

Analisando estas definições e opiniões sobre a GIRSUD nota-se que estes autores partilham, direta ou indiretamente, com a abordagem do pensamento sistêmico que nada mais é do que a visão de um conjunto de partes em constante interação, constituindo-se em um todo maior orientado para determinados fins e em permanente relação de interdependência com o seu ambiente externo.

O princípio do pensamento sistêmico envolve a mudança da atenção das partes para o todo, dos objetos para os relacionamentos, das estruturas para os processos, da hierarquia para a rede. E mais, inclui também a mudança do racional para o intuitivo, da análise para a síntese, do pensamento linear para o pensamento não linear (CAPRA,1999).

Porém, estas mudanças não devem oscilar abruptamente de um extremo para o outro, mas deve existir um movimento harmônico entre eles. Desta forma, propõe-se que a frase anterior seja reescrita como:

O princípio do pensamento sistêmico envolve a mudança da atenção exclusiva das partes ampliando para a visão do todo, dos objetos ampliando para os relacionamentos, das estruturas ampliando para os processos, da hierarquia ampliando para a rede. E mais, inclui também o movimento entre o racional e o intuitivo, a análise e a síntese, o pensamento linear e o pensamento não linear.

Os cientistas e pesquisadores estão percebendo que nem tudo pode ser analisado sob o ponto de vista exclusivamente reducionista e mecanicista, como ocorre, por exemplo, ao se analisar o mecanismo do relógio.

Ao contrário do relógio, os seres vivos, natureza, plantas, animais e seres humanos não podem ser separados em partes assim como o é uma máquina, pois se corre o risco de perder importantes informações que podem somente ser percebida

analisando-se o todo. A totalidade permite visualizar a interação, as conexões e relações de interdependência entre as partes. E a ruptura de uma destas ligações pode inviabilizar a compreensão do todo.

De forma mais objetiva, BRANCO (1999), escreveu que “o exame microscópico do todo permite a identificação e a categorização de cada um dos elementos, mas não permite vislumbrar as suas interdependências e a sua dinâmica.”

MORIN (2002) enfatizou que

*(...) a supremacia do conhecimento fragmentado (...) impede freqüentemente de operar o vínculo entre as partes e a totalidade, e deve ser substituídos por um modo de conhecimento capaz de apreender os objetivos em seu contexto, sua complexidade, e seu conjunto.*

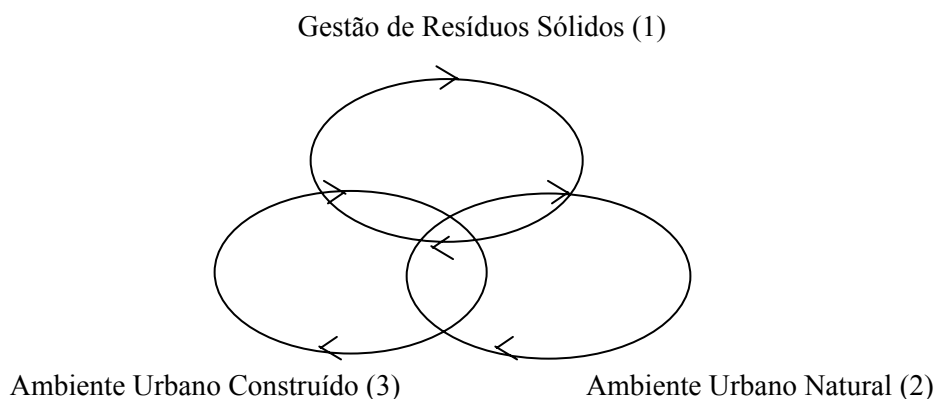
Entretanto, CAPRA (1994), ao contrário do que afirmado por Morin, escreveu que o pensamento sistêmico não pretende sucumbir à visão reducionista ou mecanicista, que ainda é uma visão muito útil, apesar de algumas limitações. Neste contexto, o que se propõe é que a visão mecanicista seja suplementada pelo pensamento sistêmico em termos de contexto.

SAHTOURIS (1989) fez uma analogia para explicar a importância de se estudar o todo, escrevendo que

*(...) é impossível tentar separar o vento do ar ou as ondas do mar, a fim de estudar e entender uma tempestade. Se você tentar verá que não há nada em suas mãos – mesmo sabendo que a tempestade é formada por ventos e ondas.*

Outro aspecto importante defendido por CAPRA (1994) é a visão equivocada que se tem de que se tudo está interligado então se pode começar por um ponto qualquer. Segundo este autor é necessário definir fronteiras e ao mesmo tempo considerá-las vagas e permeáveis.

No intuito de exemplificar a discussão realizada até o momento sobre a visão sistêmica, a figura 4.1, mostra a sistematização, proposta por LEÃO et al (2001), das relações existentes entre o ambiente urbano construído, o ambiente urbano natural e o sistema de gestão de resíduos.



Relação	Descrição da Relação
3-1	O crescimento da população acarreta aumento da produção de resíduos. A distribuição espacial do uso do solo afeta a disponibilidade de áreas para instalações de tratamento e disposição final.
1-3	A implantação de um aterro sanitário, usina de compostagem ou incineradores geram problemas com a vizinhança devido ao odor e a degradação da paisagem urbana, além de diminuir o valor da terra desta região.
2-1	Características físicas, tais como geologia, topografia, hidrologia, entre outros influenciam na gestão de resíduos. Desta forma, a seleção de áreas para se implantar qualquer tipo de instalação é extremamente importante.
1-2	O tratamento de resíduos e o local de disposição dos mesmos podem provocar poluição do ar, solo e água. Entretanto, a correta seleção da área e o uso apropriado de tecnologias para tratamento dos resíduos colaboram para reduzir estes possíveis impactos.
2-3	As características físicas do ambiente natural e suas condições ambientais interferem na configuração do uso do solo. Por exemplo, áreas elevadas podem ser consideradas como uma barreira topográfica para as ocupações urbanas. Áreas sujeitas à inundação apresentam também a mesma dificuldade.
3-2	A configuração do uso do solo urbano alteram as características físicas da cidade. As atividades urbanas geram produtos que afetam negativamente o ambiente destacando-se os resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

**Figura 4.1 Relações existentes entre o ambiente urbano construído, o ambiente urbano natural e a gestão de resíduos sólidos.**

FONTE: modificado de LEAO et al (2001)

Nota-se a partir da análise da Figura 4.1, a interdependência evidente entre gestão de resíduos sólidos, ambiente urbano natural e ambiente urbano construído, reforçando a idéia de integração das ações desses sistemas em prol da melhoria da qualidade de vida da população.

Neste contexto, a gestão dos resíduos sólidos reflete diretamente na dinâmica da cidade. Por exemplo, numa situação em que o resíduo domiciliar deixar de ser coletado, a via pública tenderá a acumular resíduo e também ficará obstruída para a passagem dos pedestres. Na ocorrência de chuvas, todo ou parte dos resíduos serão possivelmente encaminhados para as bocas de lobo, entupindo-as. Está criada a situação inicial para propiciar uma enchente que acarretará problemas no sistema de transporte e saneamento básico da cidade, afetando desta forma, um grande contingente de pessoas.

Finalmente, refletindo sobre o que foi discutido anteriormente, a gestão de resíduos precisa ampliar a concepção da ênfase nas partes para a ênfase no todo. Para isso requer a convergência dos interesses de preservação ambiental, do desenvolvimento econômico e da melhoria do ambiente de trabalho, criando novas oportunidades para o estabelecimento de parcerias e para a busca de soluções criativas, buscando reduzir o potencial de surgimento de novos passivos ambientais e sociais.

#### **4.2.1. Bases da GIRSUD**

A GIRSUD deve partir do princípio de que se não houver um claro conhecimento do objeto de estudo, não se pode ter certeza da adequada alocação de recursos, de gestão dos processos críticos e de retorno do desempenho esperado. Neste sentido, o Quadro 4.2. mostra a influência que alguns fatores tem sobre a GIRSUD destacando-se: a quantidade de resíduo gerado, a composição física e os parâmetros físico-químicos - todos estes indispensáveis ao correto prognóstico de cenários futuros.

**QUADRO 4.2: Influência de alguns fatores na GIRSUD**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Importância</b>
Geração per capita (kg/hab.dia)	Quantidade de resíduo gerado por habitante num período específico.	Fundamental para o planejamento de todo o sistema de GIRS, principalmente no dimensionamento de instalações e equipamentos
Composição Gravimétrica	Refere-se às porcentagens das várias frações presente numa amostra de resíduos	Ponto de partida para estudos de aproveitamento das diversas frações tais como, pelo processo de compostagem
Densidade aparente	Relação entre massa e o volume do resíduo	Parâmetro para a determinação da capacidade volumétrica dos meios de coleta, transporte, tratamento e disposição final
Umidade	Quantidade de água contida na massa do resíduo	Influencia a escolha do equipamento de coleta e da tecnologia de tratamento.
Poder calorífico	É a quantidade de calor gerada pela combustão de 1 kg de resíduo misto	Parâmetro para avaliação de instalações de incineração
Composição química	Parâmetros normalmente analisados N, P, K, S, C, relação C/N, pH e sólidos voláteis	Definição da forma mais adequada de tratamento e disposição final
Teor de matéria orgânica	Quantidade de matéria orgânica contida no resíduo.	Parâmetro para avaliação da utilização do processo de compostagem. Avaliação do estágio de estabilização do resíduo aterrado.

FONTE: IPT E CEMPRE (2000)

Além destas informações deve-se estudar também as alternativas disponíveis para o manejo dos resíduos, os custos e benefícios, os impactos ambientais e também as restrições existentes no local, sejam elas físicas, políticas ou econômicas, bem como as particularidades do local.

Aspecto importante a ser considerado na GIRSUD é a educação ambiental que tem como um dos objetivos, informar e conscientizar a população sobre os impactos causados pela geração contínua de resíduos. A eficácia da educação ambiental pode ser verificada mediante a mudança positiva na conduta ou comportamento da população com relação ao resíduo sólido.

A GIRSUD precisa ser acompanhada também pela mudança de valores, passando da expansão para a conservação, da quantidade para a qualidade, da dominação para a parceria. Esta mudança sugere à administração pública municipal:

- Preferir alternativas que prolonguem a vida útil dos aterros sanitários existentes;
- Desenvolver programas e ações que estimulem a redução da quantidade de resíduo gerado e a separação adequada dos mesmos e
- Formar parcerias (consórcios) seja com entidades públicas ou privadas dentro ou fora dos limites municipais a fim de obter um ganho em escala dos objetivos ambientais.

O Quadro 4.3. ilustra as alternativas tecnológicas de gestão de resíduos que podem ser aplicados para os tipos mais comuns de resíduos gerados nos domicílios.

**QUADRO 4.3: Alternativas de gestão para diferentes componentes presentes nos RSD**

Resíduo	Reciclagem	Compostagem	Incineração	Aterro Sanitário
Papel	X	X	X	X
Vidro	X		X	X
Metal Ferroso	X		X	X
Alumínio	X		X	X
Plástico	X		X	X
Restos de comida		X	X	X
Folhas		X	X	X

Fonte: EPIC e CSR, 2001

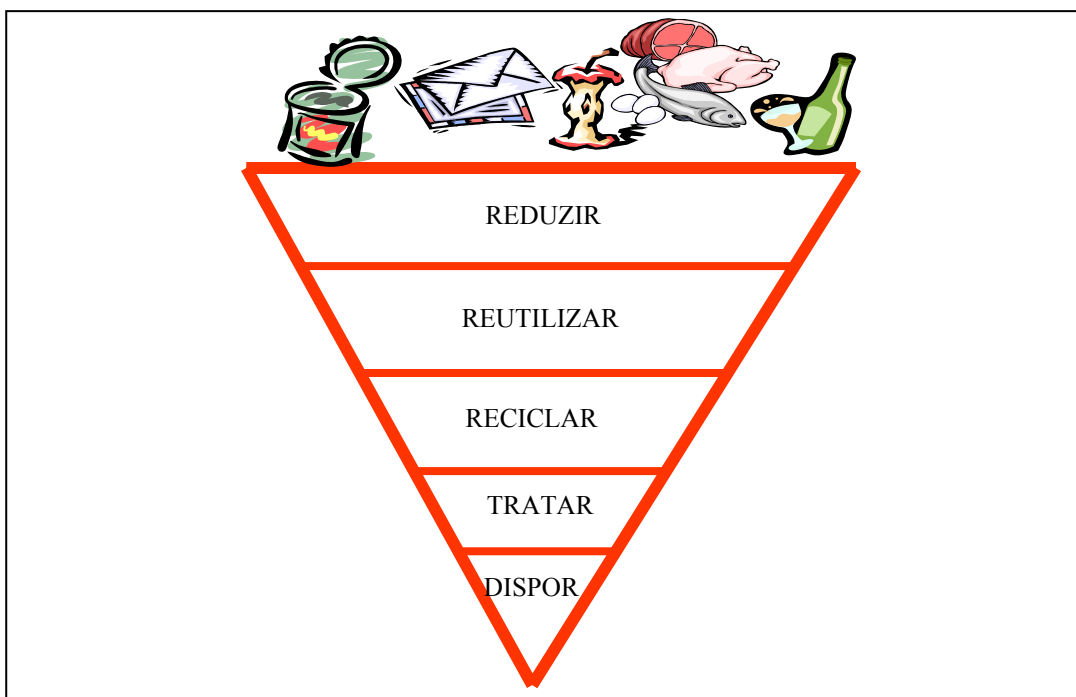
#### 4.2.2. Hierarquia da GIRSUD

Durante muitos anos as estratégias de manejo dos RSD, em muitos países, priorizaram o tratamento e a disposição destes resíduos, ou seja, elas eram pautadas numa abordagem conhecida como “fim de tubo” (WILSON, 1996).

Tempos mais tarde, SCHALL citado por MILANEZ (2002), defendeu que para a GIRSUD

*(...) deveria ser criada uma ordem de prioridades, devendo-se minimizar a quantidade de resíduos na fonte, e então maximizar a quantidade reciclada ou compostada, para apenas depois incinerar, quando necessário, dispondo o material restante em aterros sanitários. A este posicionamento, chamou-se hierarquia da gestão dos RSU.*

Outros autores (READ,1999; WILSON,1996) também indicaram esta hierarquia como estratégia de gestão dos resíduos sólidos domiciliares, ilustrado pela Figura 4.2. a seguir.



**Figura 4.2.: Hierarquia da GIRSUD**

FONTE: adaptado de WILSON, 1996.

Nesta figura, a pirâmide invertida significa que se deve priorizar a redução tanto quanto for possível do resíduo, seguido da sua reutilização quando a

redução não mais puder ser realizada. A redução e reutilização dos resíduos são ações importantes, pois por meio delas, o material deixa de entrar na cadeia de resíduos.

O terceiro nível da hierarquia corresponde à reciclagem dos resíduos, que não é considerada a alternativa favorita, pois a reciclagem consome energia e recursos naturais. Entretanto ela é vista como sendo melhor que a disposição, uma vez que reduz a quantidade de recursos naturais na medida em que é utilizado como matéria prima na indústria.

O tratamento pode ser tanto biológico como a compostagem ou térmico, como é o caso da incineração. Por fim, tem-se a disposição adequada do resíduo quando todas as alternativas estiverem esgotadas.

Apesar da disposição ser a última opção na hierarquia de gestão de resíduos, ela estará sempre presente, pois para qualquer uma das alternativas haverá a necessidade de se dispor alguns resíduos que não podem ser recuperados, sendo o aterro sanitário a técnica mais eficiente no momento.

O desenho para a representação deste modelo não representa fielmente a realidade uma vez que é impossível se obter zero de resíduos. Na figura 4.2. a disposição se encontra na parte inferior do desenho formando um bico no final. Este bico pode remeter a eliminação do resíduo, o que na verdade, não ocorre no aterro sanitário. Portanto, talvez seja mais correto retirar o bico da pirâmide, assim a nova representação da hierarquia refletiria a realidade com maior veracidade.

### **4.2.3. Da Hierarquia para a Rede**

A hierarquia é caracterizada geralmente por pirâmides e organogramas pressupondo que haja uma certa ordem de prioridade ou subordinação entre determinada ação, pessoa ou objeto.

No caso da GIRSUD, esta hierarquia representa uma seqüência de prioridades na qual a opção primeira é a redução do resíduo, passando pela sua reutilização, reciclagem, tratamento até chegar ao último recurso que é a disposição final.



Porém, na prática, a aplicação da hierarquia de GIRSUD não é fielmente cumprida. Esta afirmação pode ser verificada pelo trabalho realizado por Bagby (1999), em Seattle, em que a reciclagem foi adotada como estratégia inicial à guisa da redução, que foi trabalhada em seguida.

BAGBY (1999), relatou que em 1987 a gestão dos resíduos sólidos em Seattle passava por uma crise, pois seus dois aterros sanitários estavam esgotados, e naquele momento, os resíduos gerados eram encaminhados para uma cidade vizinha, aumentando consideravelmente os custos de disposição. Iniciou-se então um extenso projeto para tentar encontrar novas soluções, cujo primeiro resultado foi a criação de um plano para os resíduos sólidos denominado “No caminho para a recuperação”. Este programa, numa primeira instância, teve como consequência altos índices de reciclagem, tornando a cidade uma referência mundial nesta atividade. Porém, a quantidade de resíduos gerados não diminuía, pelo contrário, continuava a aumentar, fazendo com que se estabelecesse um novo desafio à administração municipal – reduzir a quantidade de resíduos gerados.

CRAIGHILL E POWELL (1996), também questionaram a utilização da hierarquia de resíduos como política governamental para se alcançar a gestão sustentável dos resíduos sólidos. Num estudo realizado por estes autores eles compararam os impactos ambientais provenientes da reciclagem com aqueles produzidos pela disposição, empregando para tanto, a técnica de análise do ciclo de vida (ACV) para valorar economicamente estes impactos.

Os resultados deste trabalho apontaram que para o caso dos plásticos (PET, PEAD e PVC), a reciclagem não seria mais ambientalmente benéfica que a disposição. E, portanto, segundo estes pesquisadores a hierarquia de resíduos não parecia refletir os impactos reais provocados pelas alternativas de gestão e que as prioridades pareciam estar baseadas mais na intuição do que em comprovações científicas.

Verifica-se, que estes dois exemplos, ocorridos em situações distintas, questionaram a validade da hierarquia da GIRSUD. No primeiro caso, questiona-se a aplicação desta hierarquia uma vez que Seattle, mesmo conhecendo a hierarquia, adotou a reciclagem como opção inicial ao invés da redução. No segundo exemplo, a hierarquia

é criticada quanto a sua veracidade, pois a pesquisa constatou que para certos resíduos a destinação final seria mais ambientalmente preferível que a reciclagem.

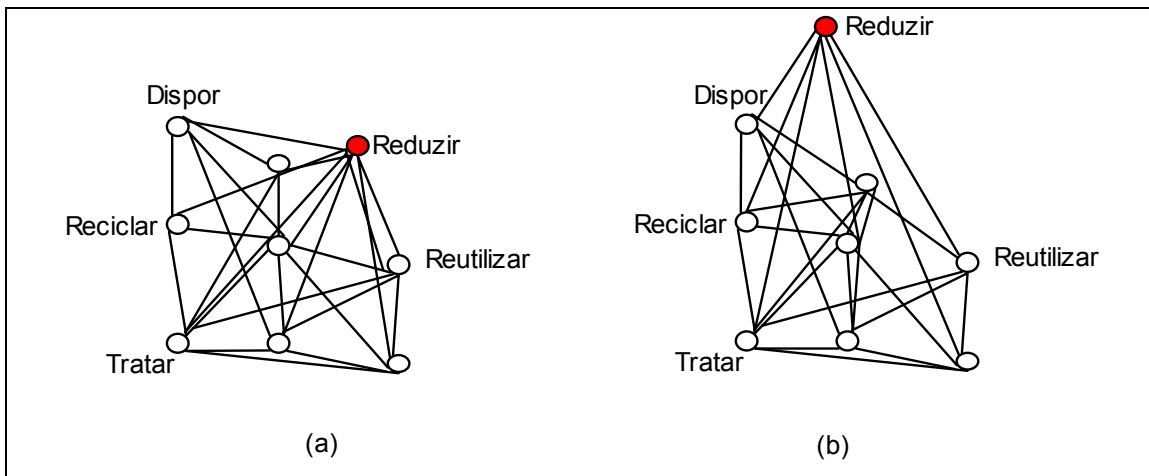
CAPRA (1994) escreveu que a hierarquia é uma projeção humana e que tem estruturas bastante rígidas de dominação e controle. E, a guisa desta hierarquia, na natureza não existe ‘em cima’ e ‘em baixo’, existem apenas redes trabalhando dentro de outras redes, ou seja, na Natureza as relações podem ser analisadas em diferentes escalas. Portanto, considerando este raciocínio, a seqüência de prioridades da hierarquia não é totalmente válida, pois estas ações encontram-se interligadas e sobrepostas.

Como bem dito por MARTINHO (2003),

*Se antes, na sociedade industrial, os processos de trabalho eram bem representados pela metáfora da máquina (ou do mecanicismo), agora o desenho da rede passa a ocupar lugar preponderante no imaginário da sociedade pós-industrial.*

A fim de exemplificar o que foi por Martinho, faz-se uma analogia no intuito de compreender a idéia de rede. Os sistemas urbanos de saneamento (água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem), juntamente com os sistemas de transportes, telefonia, luz, entre outros podem ser comparados como uma grande rede que existe para suportar as atividades urbanas. E, sendo uma rede, todos estes sistemas interligam-se em algum momento de forma que a perturbação em um dos sistemas acarretará, cedo ou tarde, efeitos negativos ou positivos nos demais sistemas.

Especificamente, com relação a GIRSUUD, propõe-se que haja uma ampliação da hierarquia para a rede. A Figura 4.3 mostra a Figura 4.2 (pirâmide) sob a perspectiva de rede.



**Figura 4.3: Proposta de rede para a GIRSUD**

Fonte: o AUTOR

Na Figura 4.3 os pontos representam os elementos (ações) que compõem a rede dos resíduos sólidos, que neste caso destacaram-se os mesmos da Figura 4.2: tratar, reduzir, reciclar, dispor e reutilizar. As linhas representam a relação existente entre esses elementos. A Figura 4.3 (a) ilustra uma situação hipotética inicial da gestão dos resíduos sólidos. O ponto destacado em vermelho, referente à ação reduzir, foi selecionado para exemplificar o que acontece na rede quando um elemento sofre alguma ação. Neste caso, a alteração pode ser tanto o aumento de eficiência na conscientização da população quanto à ação de reduzir a quantidade de resíduos produzidos. A nova eficiência acarreta várias conseqüências na rede, como pode ser observada na Figura 4.3 (b), que não são lineares.

Portanto, o gestor deve conhecer bem as relações existentes entre os vários elementos da rede para depois fazer a escolha pelas estratégias mais apropriadas de forma a buscar a melhoria no desempenho do sistema como um todo.

Parece então, a partir desta discussão sobre redes, ser mais apropriado adotar esta nova forma de pensar para gerir os resíduos sólidos urbanos. A rede possibilita ao gestor enxergar na trama dos fluxos de informações a configuração de um estágio avançado com relação à visão compartimentada atualmente praticada. Na concepção de rede ao contrário da hierarquia, não deve haver “melhor” ou “pior” solução, mas uma situação de paridade, que estabelece entre si relações de equilíbrio e equidade.

#### 4.2.4. O Princípio dos 3 R's

Para LOGAREZZI (2004), o princípio dos 3 R's é aquele que

*Orienta ações de educação e de gestão a respeito do problema dos resíduos na grande maioria dos países do mundo, segundo o qual devemos adotar essencialmente três atitudes de modo integrado, procurando seguir uma determinada hierarquia de prioridades: primeiro reduzir, depois reutilizar e reciclar.*

Esta definição é interessante na medida em que este autor afirma sobre a integração da três atitudes (reduzir, reutilizar e reciclar) sendo que a hierarquia anteriormente proposta deve tentar ser seguida e não necessariamente cumprida.

Pensando em redes e não mais na hierarquia, o Princípio dos 3 R's apresentados já não mais precisa seguir uma ordem de prioridade. As ações de reduzir, reutilizar e reciclar devem ocorrer de forma simultânea, como na realidade o são.

Portanto, a questão não é atentar somente para a redução, reutilização ou reciclagem, mas sim compreender em que contexto e de que forma estas ações podem contribuir para a minimizar a quantidade de resíduos que é transportada para o destino final.

##### 4.2.4.1. Princípio da Redução

A redução de resíduos é o termo usado para designar a minimização do resíduo na fonte e requer a cooperação entre o governo, indústria e cidadãos. Ao contrário da disposição e dos métodos de tratamento (compostagem, reciclagem e incineração) que se concentram no problema do resíduo produzido, a redução na fonte enfatiza a não produção destes resíduos (LOBER, 1996).

A redução de resíduos implica na diminuição do gasto despendido com as etapas de coleta, transporte, tratamento e disposição final.

GRIMBERG E BLAETH (1998), argumentaram que a prática da redução dos resíduos esbarra em implicações culturais, além dos políticos e econômicos, afirmando que, “tentar reduzir o consumo ‘mexe’ com nossa liberdade de usar e descartar, que, de certa forma, nos dá a (falsa) sensação de poder pessoal”.

A prática da redução na fonte de resíduos requer mudanças de atitude e de comportamento das pessoas, tanto na esfera coletiva quanto individual. A falta de conhecimento existente quanto à necessidade da redução e as informações e formas de como se reduzir são obstáculos que limitam uma maior participação por parte da população (LOBER, 1996; WILSON, 1996; LOGAREZZI, 2004).

Para LIMA (2001), “todo cidadão deve aprender a reduzir a quantidade do lixo que gera, sempre que possível. Deve entender que redução não implica padrão de vida menos agradável”.

Os cidadãos representam papel fundamental na redução do resíduo domiciliar devido ao seu poder de compra. Neste âmbito, dentre as ações que os cidadãos podem realizar no momento em se faz as opções de consumo, destacam-se:

- Evitar a compra de mercadorias com muitas embalagens;
- Utilizar sacolas e caixas próprias nas compras;
- Recusar sacolas quando estas não forem necessárias;
- Adquirir produtos que possam ser reutilizados;
- Comprar alimentos “soltos” quando possível;
- Queixar-se com os produtores sobre o excesso de embalagem e
- Solicitar as empresas, lojas, instituições, etc que retire o seu cadastro da mala direta quando as correspondências se tornarem desnecessárias, ou então que envie as informações via e-mail.

O governo pode influenciar na redução de resíduos por meio da introdução de instrumentos legais. A indústria pode reduzir a quantidade de material que chega ao consumidor pela mudança nas quantidades e tipos de materiais que eles usam nas embalagens de seus produtos.

ALLAWAY (1992) citou em seu trabalho uma pesquisa realizada na Carolina do Norte, com 250 residências, destacando o impacto verificado na redução da

quantidade do resíduo produzido (10%), no período de um ano, devido às informações transmitidas à população via jornal.

LOBER (1996) realizou uma pesquisa, em Connecticut (EUA), sobre a participação dos cidadãos na redução dos resíduos gerados por eles em suas atividades domiciliares. Um dos resultados desta pesquisa indicou que as motivações mais expressivas (80%) para reduzir o resíduo foram a contribuição para a conservação dos recursos naturais e prevenção à poluição. Ou seja, as motivações intrínsecas ao ser humano como a sensação de “estar fazendo a coisa certa” foram mais importantes que as extrínsecas (esgotamento do aterro sanitário), no qual parte dos entrevistados (43%) não considerava a ligação entre a crescente geração de resíduos e o fechamento de muitos aterros sanitários como sendo uma importante motivação para a prática da redução.

#### **4.2.4.2. Princípio da Reutilização**

De acordo com a CETESB (2001), a reutilização, “é qualquer prática ou técnica que permite a reutilização do resíduo, sem que o mesmo seja submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas”.

Já para LOGAREZZI (2004), a reutilização é a atividade de reaproveitamento do resíduo, “sem a destruição do objeto em que consiste, dando-se a ele uma nova função, que eventualmente demanda pequena adaptação”. Acrescenta ainda que o exercício deste segundo R (reutilização), “requer criatividade e pode ser exercido no próprio âmbito da geração do resíduo, ou após encaminhamento adequado, em atividades de produção artística, artesanato, etc”.

Portanto, a reutilização consiste em dar uma nova função ao objeto que já cumpriu um certo papel. Assim a reutilização engloba as atividades que aproveitam os produtos antes de seu descarte como, por exemplo, escrever nos dois lados da folha de papel, fazer artesanato com sobras, utilizar os potes de vidro para guardar condimentos, praticar a troca de objetos, roupas, entre outros.

No âmbito dos estabelecimentos comerciais, LIMA (2001), inclui também como reutilização os sebos que trabalham com livros usados e os brechós que comercializam roupas usadas.

Esta prática requer imaginação e inovação, lembrando que ela não precisa estar restrita ao reuso contínuo da proposta original de função.

Os benefícios diretos advindos da prática da reutilização são: economia de espaço no aterro sanitário contribuindo para o aumento de sua vida útil e diminuição do uso dos recursos naturais nos processos de fabricação.

#### **4.2.4.3. Princípio da Reciclagem**

No Brasil, atualmente a reciclagem de resíduos constitui a prática mais difundida, entre o Princípio dos 3 R's, para diminuir a quantidade de resíduos que é encaminhada para a destinação final.

TEIXEIRA E ZANIN (1999) consideraram a reciclagem de resíduos uma etapa essencial na gestão de resíduos sólidos, pois “trata-se de uma das formas complementares de minimização desses resíduos (junto com a redução na fonte e a reutilização), mas pode ser também considerada um modo de tratamento dos mesmos”.

A ampla ascensão do mercado de reciclagem, segundo FERREIRA (2000) ocorre “em função da existência de uma enorme população desempregada, que encontra nesta atividade uma alternativa para sobreviver”.

Apesar deste apelo ambiental, a reciclagem não pode ser vista como a única solução para o problema dos resíduos, uma vez que ela é uma atividade econômica, sujeita às condições do mercado (BORALLI citado por FERNANDEZ, 2002).

A fim de proporcionar uma visão geral do Princípio dos 3 R's para a gestão integrada dos resíduos sólidos domiciliares, o Quadro 4.4 sistematiza as vantagens e limitações de cada um dos princípios anteriormente discutidos.

**QUADRO 4.4: Sistematização das vantagens e limitações das estratégias para GIRSUD**

ESTRATÉGIA	VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Reduzir  <b>Status:</b> a prática da redução nos domicílios ainda é pequena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- trata o problema do resíduo na fonte;</li> <li>- tem influência direta na redução do impacto ambiental;</li> <li>- reduz custos de coleta e disposição;</li> <li>- reduz custos do uso de matéria prima e energia;</li> <li>- aceitável socialmente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- necessita de nível significativo de cooperação;</li> <li>- não existe nenhuma política clara atual na redução do resíduo;</li> <li>- requer investimento em educação ambiental;</li> </ul>
Reutilizar  <b>Status:</b> a prática da reutilização nos domicílios ainda é pequena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta vida útil do produto e evita reprocessamento do material;</li> <li>- reduz custo do uso de matéria prima e energia;</li> <li>- reduz custos de coleta e disposição;</li> <li>- aceitável socialmente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- unidades iniciais de produtos com refis podem ser mais caras, isto é menos atrativas;</li> <li>- Preconceito em se reutilizar objetos, brinquedos, roupas, entre outros;</li> <li>- Requer investimento em educação ambiental;</li> <li>- Mexe com valores pessoais</li> </ul>
Reciclar  <b>Status:</b> altas taxas de reciclagem no caso do alumínio (87%) e crescimento do mercado para outros produtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- possui forte apelo comercial;</li> <li>- encoraja altas taxas de participação se houver uma boa política de educação ambiental;</li> <li>- reduz custos de aterramento;</li> <li>- economiza matéria prima e energia;</li> <li>- aumenta vida útil do aterro sanitário;</li> <li>- gera empregos;</li> <li>- fornece insumos para indústrias;</li> <li>- incentiva o desenvolvimento de novas tecnologias;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- para alguns resíduos existe um limite no número de vezes que a reciclagem é possível antes que a qualidade do produto seja afetada;</li> <li>- depende de mercado para os resíduos recicláveis;</li> <li>- investimento inicial relativamente alto;</li> <li>- altas taxas de impostos;</li> <li>- baixo incentivo econômico;</li> <li>- ausência de uma política reguladora;</li> <li>- alguns produtos feitos a partir de resíduos recicláveis encontram resistência para entrar no mercado;</li> <li>- Gera resíduos: águas de lavagem, que contém produtos químicos</li> </ul>

Fonte: LOBER (1996), ETSU (1998); IPT E CEMPRE (2000); EPIC E CSR (2000); CEMPRE (2004)



Observando o quadro anterior constata-se uma elevada participação da reciclagem em detrimento da redução e reutilização de resíduos. Uma explicação para este alto nível de participação é que a reciclagem está envolvida com o fator de satisfação pessoal relacionadas à participação em uma atividade que possibilita a conservação dos recursos naturais e pode gerar também emprego e renda.

GILNREINER (1994), escreveu que as frações dos RSD a serem dispostas podem ser reduzidas em torno de 10% por meio dos esforços de redução na fonte, enquanto que a reciclagem alcança valores entre 40 e 50%. Neste caso, o autor considerou a compostagem como sendo a reciclagem da matéria orgânica.

Os valores mais baixos encontrados com relação a prática da redução comparados aos da reciclagem deve-se ao fato de que a primeira é uma atividade menos visível do que a segunda, portanto a pressão social, que pode agir encorajando a reciclagem, exerce influência menor na redução.

### **4.3. Qual a melhor opção de Gestão?**

Após a exposição de várias alternativas de gestão dos RSD surge à dúvida de qual seria a opção entre tantas, a ser adotada pelas administrações públicas municipais, que garanta uma gestão eficaz.

Primeiramente, a gestão de resíduos sólidos para ser eficiente deve considerar os aspectos ambientais, econômicos e sociais do local, ou seja, ela deve ser ambientalmente segura, economicamente viável e socialmente aceitável (MORRISSEY E BROWNE, 2004).

Em seu trabalho, HUHTALA (1999) destacou que os gestores deveriam considerar também, no processo de tomada de decisão, o comportamento e as atitudes da população uma vez que estes fatores podem afetar o funcionamento de um novo programa.

MILANEZ (2002), escreveu que a decisão sobre qual alternativa adotar não pode ser tomada de forma precipitada e, apesar dos diversos relatos de experiências descritas na bibliografia, é difícil prever de antemão qual a melhor alternativa para cada situação.

A partir das recomendações destes autores, infere-se que não há uma única solução ou solução ideal já encontrada, existindo para cada região uma tendência para alguns tipos de tratamento em virtude das condições locais tais como disponibilidade de terras, fontes de energia e recursos financeiros.

Portanto, a decisão sobre quais alternativas escolher para a GIRSUD dever ser ponderada por diversos fatores, incluindo-se as conseqüências ambientais e sociais de cada alternativa, os custos de implantação e operação e as implicações econômicas de cada alternativa.

E mais, a GIRSUD como o próprio nome diz, não se trata de encontrar a melhor alternativa, mas sim integrar e combinar estas alternativas no intuito de se alcançar o objetivo maior que é a qualidade e eficiência do sistema de resíduos sólido como um todo. É evidente, pelo conceito de rede, que se um sistema (resíduos sólidos) estiver sendo bem equacionado, outros sistemas (água, esgoto, drenagem,...) também começarão a ser devido à sutil relação existente entre eles.

## 5. CENÁRIOS

O conceito de cenário foi definido por Herman Khan citado por EMBRAPA (2002), “como eventos hipotéticos construídos com a finalidade de focalizar a atenção em processos causais e pontos de decisão”.

No ensino da administração os cenários são geralmente aplicados para estudar situações futuras em ambientes de grande turbulência, isto é, em ambientes onde as mudanças ocorrem de forma repentina e descontínua. (COSTA E ALEXANDRE, 1995).

Segundo DÖLL, MEDIONDO E FUHR (2000), os cenários são importantes ferramentas para o planejamento, pois eles combinam grande quantidade de conhecimento quantitativo e qualitativo, e transmitem os resultados de forma transparente e compreensível.

De acordo com EMBRAPA et al (2002),

*O uso da técnica de cenários salienta a incerteza inerente aos processos de mudanças. (...) O papel fundamental dos cenários para os dirigentes responsáveis pela formulação das estratégias de uma organização é servir como ferramenta para aprimorar o processo de planejamento e gestão, ao explorar um conjunto de situações do tipo “e se isso acontecer”.*

Portanto, a utilização de cenários é aconselhável em situações no qual os tomadores de decisão não têm ou possuem baixa habilidade para prever ou adaptar-se ao futuro, a qualidade do gerenciamento é insatisfatória, o ambiente conjuntural tem passado ou passa por muita mudança e quando se deseja buscar a diminuição de conflitos e diversidades internas.

De acordo com COSTA E ALEXANDRE (1995), é necessário observar alguns aspectos relevantes à construção de cenários:

- Selecionar o objeto de estudo que irá compor os cenários,
- Enumerar os possíveis acontecimentos ou fatos que poderão vir a ocorrer no objeto de estudo;

- Agregar análises qualitativas e quantitativas;
- Enumerar os cenários distintamente, indo do radicalmente pessimista até o radicalmente otimista, passando evidentemente pelo cenário mais realista;
- Avaliar suas possibilidades de ocorrência;
- Construir gráficos que contenham as situações contidas nos cenários.

Um método bastante empregado para a construção de cenários é o Método de Pesquisa Delphi, que consiste em consultar um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros por meio de questionário que é repassado várias vezes até que seja obtida uma convergência nas respostas, representando assim, a consolidação do julgamento intuitivo do grupo (MASSUKADO E ZANTA, 2004). A partir das respostas emitidas pelos especialistas elaboram-se cenários que poderão ocorrer no futuro.

### **5.1. Método Delphi**

O Método Delphi foi primeiramente desenvolvido na década de 50 pela RAND Corporation (Califórnia, EUA) cujo objetivo original era obter consenso sobre um determinado evento, o mais confiável possível, a partir da opinião de peritos por meio de uma série de questionários (TUROFF E LINSTONE, 2002). Desde então, este método vem sendo utilizado como estratégia para o desenvolvimento do consenso e apoio ao processo decisório para diversos campos de conhecimento.

As características fundamentais do Delphi são - o anonimato dos respondentes, a representação estatística dos resultados e o retorno (feedback) das respostas.

O anonimato, segundo KAYO E SECURATTO (1997), evita que haja “(...) domínio psicológico por parte de alguns especialistas, seja por razões de personalidade, por deferência à autoridade ou qualquer outro motivo, de forma a permitir que todos participem e ofereçam a sua contribuição”.

O feedback possibilita a revisão de opiniões individuais em virtude das respostas e argumentos dos demais respondentes, com base na representação estatística da visão do grupo.

CUHLS E GRUPP (2001) salientaram que o Método Delphi “não proporciona uma visão imutável do futuro, mas oferecem uma base de informação para fomentar a tomada de decisão sobre o que precisa ser feito (...)”.

WRIGHT, REIS E GIOVANAZZO (2003) vão mais além ao afirmarem que “uma visão conjunta do futuro é o objetivo final, correspondendo a uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo de especialistas. Ele traduz o conhecimento, a experiência e a criatividade do grupo”.

Portanto, o Delphi pode auxiliar os gestores responsáveis pelo sistema de limpeza urbana a definirem suas estratégias de gestão para os resíduos sólidos urbanos. A partir da sistematização das respostas dadas pelos especialistas é possível elaborar cenários de gestão de resíduos sólidos contendo metas baseadas em expectativas mais realistas (MASSUKADO E ZANTA, 2004).

## 6. FUNDAMENTOS DA TOMADA DE DECISÃO

A tomada de decisão está envolta de incertezas e imprevistos que são resultantes tanto da nossa inabilidade de conhecer o futuro e trabalhar com o inesperado quanto da complexidade existente nos mais diversos fenômenos estudados.

CHURCHMAN (1972) já dizia há algumas décadas que

*(...) os planejadores freqüentemente são demasiado otimistas em relação ao seu sucesso, de modo que quando acontece um fracasso, não estão em condições de tomar as necessárias medidas porque nunca pensaram nelas antes.*

Portanto, o inesperado deve ser esperado, de forma que, quando isso acontecer o gestor seja capaz de rever teorias e conceitos em vez de deixar o fato adentrar livremente no sistema (MORIN, 2002).

De acordo com LACHTERMACHER (2002), existem duas opções básicas quando os gestores “se vêem diante de uma situação na qual uma decisão deve ser tomada dentre uma série de alternativas conflitantes e concorrentes”. A primeira é utilizar a intuição e experiência gerencial, e a outra é realizar um processo de modelagem da situação para poder simular diversos cenários no intuito de compreender melhor o problema.

O que se verifica atualmente, na maioria dos pequenos e médios municípios, é o exercício da primeira opção, ou seja, os gestores responsáveis pelo planejamento do sistema de resíduos sólidos utilizam principalmente a intuição e experiência gerencial para tomar as decisões.

Por outro lado, aos poucos, este cenário começa a se modificar devido ao advento do desenvolvimento da informática e dos vários estudos que estão sendo realizados no âmbito da modelagem para os problemas relativos à gestão dos resíduos sólidos.

Infere-se que apesar da melhoria proporcionada pela tecnologia os gestores devem adotar as duas opções na tomada de decisão, instaurando a

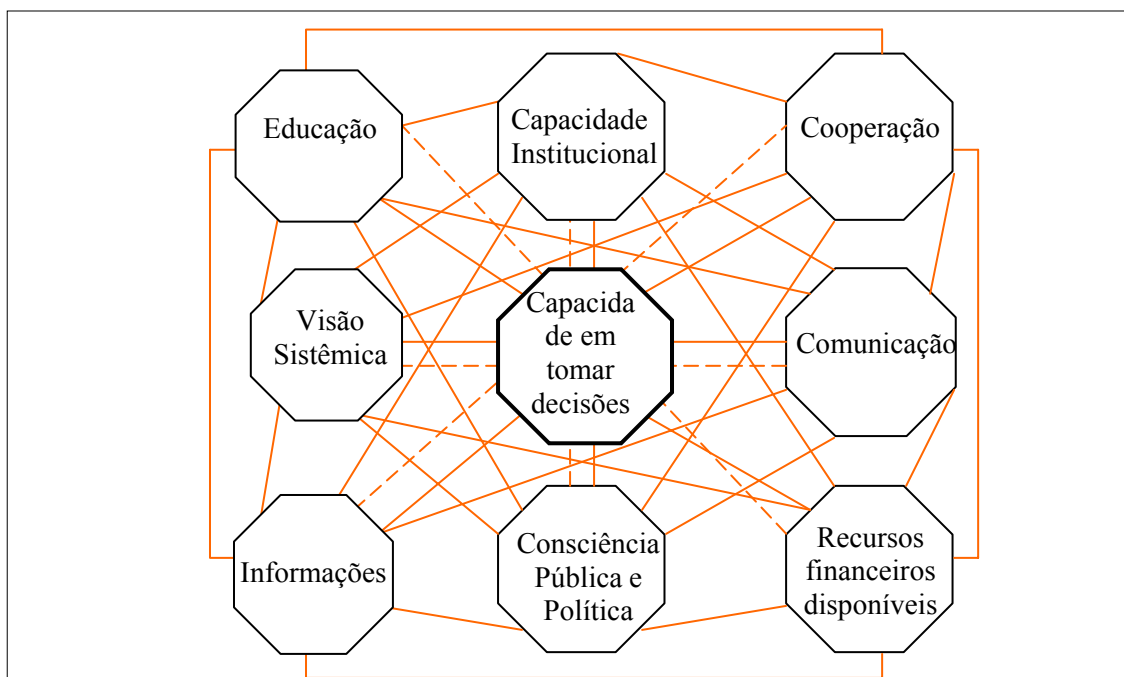
conviviabilidade entre elas. As ferramentas proporcionadas pela informática são úteis para otimizar o tempo de resposta e a intuição e experiência gerencial auxilia o gestor na seleção das informações relevantes, na proposição de cenários a serem estudados, na validação do modelo e na análise dos dados (LACHTERMACHER, 2002).

### 6.1. Processo Decisório

Segundo LUPATINI (2002),

*A capacidade de um decisor em tomar decisões bem como a incerteza relacionada a estas decisões varia de acordo com vários fatores, entre eles: a disponibilidade de conhecimentos e habilidades, o entendimento e comunicação entre os tomadores de decisão, o desejo de cooperação entre os decisores, os recursos financeiros disponíveis, etc.*

A Figura 6.1. ilustra a rede de alguns elementos que formam o ambiente de decisão.



**Figura 6.1: Elementos que formam o ambiente de decisão**

Fonte: Adaptado de LUPATINI, 2002.

Os elementos mostrados na Figura 6.1. referentes ao ambiente de decisão não podem ser analisados pelo gestor separadamente, pois como já foi discutido, o pensamento sistêmico pressupõe que os componentes de um sistema não desempenham função quando analisados de forma isolada. É o relacionamento entre os pontos que dá a forma de rede.

Por exemplo, pouco adianta uma organização ter um banco de dados com diversas informações se não existe dentro da instituição pessoas capacitadas para analisar estas informações. Portanto, a existência de informações por si só não desempenha função nenhuma na organização já que não é possível utilizá-la de maneira eficaz.

De acordo com MARTINHO (2003), o diagrama de redes requer uma estrutura de “(...) pontos e linhas. Os pontos representam as unidades que compõem a rede: pessoas, organizações, equipamentos, locais etc. As linhas representam as relações entre esses elementos. Podem ser canais de comunicação, estradas, dutos, fios, etc.”.

Este segmento de rede, Figura 6.1, ilustrando os elementos que compõem o processo de decisão pode, e provavelmente está, inserida numa rede maior, no qual os elementos estão ligados aos fatores que interferem no processo de tomada de decisão, tais como, tempo disponível para tomar a decisão, importância da decisão, incerteza e risco, agentes decisores e conflito de interesses.

## **6.2. Sistema de Apoio à Decisão**

BERTALANFFY (1972), um dos pioneiros no estudo sobre a Teoria Geral dos Sistemas, definiu sistema como um conjunto de elementos que interagem entre eles e o seu ambiente.

O sistema de apoio à decisão, escreveu O ‘BRIEN (2001),

*(...) é uma das principais categorias de sistemas de apoio gerencial. São sistemas de informação computadorizados que fornecem aos gerentes apoio interativo de informações durante o processo de tomada de decisão.*



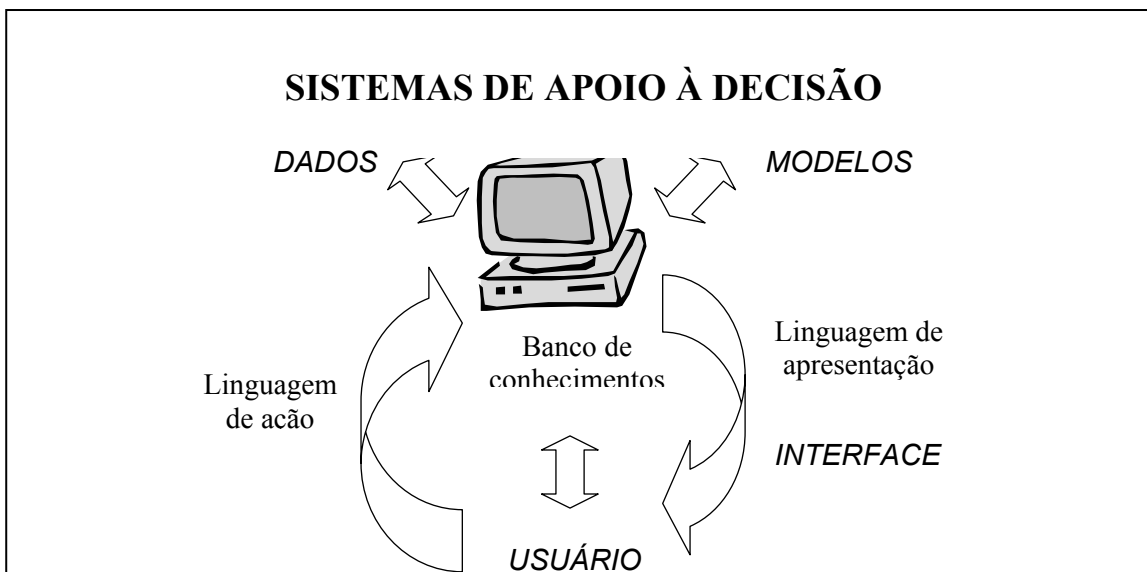
Roy citado por LUPATINI (2002) afirmou que

*O sistema de apoio à decisão é definido como a atividade que permite através de modelos claramente explicitados, mas não necessariamente completamente formalizados, ajudar na obtenção de respostas às questões que são colocadas a um interventor num processo de decisão.*

De acordo com Bonczek, Holsapple e Whinston citado por RAFAELI NETO (2000),

*O SAD tem seu foco no gerenciamento com ênfase na flexibilidade e capacidade de fornecer respostas rápidas, podendo ser iniciado e controlado pelo responsável da tomada de decisões. Seus objetivos gerais são melhorar a eficácia, ou qualidade, da decisão e eficiência do processo de tomada de decisão em nível de planejamento e gerência.*

A Figura 6.2. representa esquematicamente os componentes para o funcionamento do sistema de apoio à decisão.



**Figura 6.2.: Componentes de um sistema de apoio à decisão**  
 Fonte: FREITAS, 2003

O sistema de apoio à decisão é caracterizado basicamente pela entrada de dados, seguindo-se para o processamento e armazenamento das informações em banco de dados. Em seguida obtém-se o resultado na saída que por sua vez poderá ser a entrada para outras relações existentes no mesmo sistema ou em outros.

Os componentes de um sistema de apoio à decisão são:

- Informação: dados formatados, textos, imagens, sons;
- Recursos Humanos: pessoas que coletam, armazenam, recuperam, processam, disseminam e utilizam informações;
- Tecnologias de Informação: hardware, software, comunicação e,
- Práticas de Trabalho: métodos utilizados pelas pessoas no desempenho de suas atividades.

As atividades que contemplam o SAD são unir, armazenar, sistematizar e apresentar informações para auxiliar o processo de tomada de decisão.

Os sistemas de apoio à decisão utilizam banco de dados, apreciações do tomador da decisão e um processo de modelagem para apoiar a tomada de decisões (O'BRIEN, 2001).

De acordo com ANDRADE (1997), a principal vantagem do SAD não é a simulação exata do problema, “mas a possibilidade de avaliar os padrões de comportamento do sistema visando o aprimoramento dos modelos mentais compartilhados pelas pessoas que têm o poder de tomar decisões”.

O'BRIEN (2001), estabeleceu que o sistema de apoio à decisão envolve quatro tipos básicos de análise:

- Análise do tipo “what if” (e se): o usuário final introduz mudanças nas variáveis ou relações entre as variáveis e observa as mudanças resultantes nos valores de outras variáveis. Se um gestor estivesse usando um sistema de apoio à decisão para a GIRSUD poderia alterar, por exemplo, a quantidade de geração per capita de

resíduos (variável). Em seguida, poderia solicitar ao programa para recalculá-los instantaneamente todas as outras variáveis do programa e observar as consequências. Este tipo de análise seria repetido até que o gestor estivesse satisfeito com que os resultados revelassem sobre os efeitos de várias decisões possíveis.

- **Análise de sensibilidade:** é um caso especial de análise do tipo “what if”. Normalmente, o valor de uma única variável é alterado repetidas vezes e as mudanças resultantes sobre as outras variáveis são observadas. A análise de sensibilidade é utilizada quando os tomadores de decisão estão em dúvida quanto às premissas assumidas na estimativa do valor de certas variáveis-chaves.
- **Análise de busca de metas:** neste caso ocorre uma inversão na direção da análise realizada nas duas anteriores. Em lugar de observar como as mudanças em uma variável afetam outras variáveis, a análise de busca de metas fixa um valor-alvo para uma variável, e em seguida, altera repetidas vezes as outras variáveis até que o valor-alvo seja alcançado.
- **Análise de otimização:** é uma extensão mais complexa da análise de busca de metas. Em lugar de fixar para uma variável um valor específico, a meta é encontrar o valor ótimo para uma ou mais variáveis-alvo, dadas certas limitações. Em seguida, muda-se uma ou várias variáveis repetidas vezes, sujeitas às limitações especificadas, até que sejam descobertos os melhores valores para as variáveis-alvos.

O quadro 6.1. apresenta o resumo dos tipos de análise de um SAD aplicado à gestão dos resíduos sólidos urbanos domiciliares.

**Quadro 6.1. Tipos de análise de um sistema de apoio à decisão.**

Tipo de análise	Atividades	Exemplo
“E Se”	Observar como as mudanças de variáveis selecionadas afetam outras variáveis.	Se a produção per capita permanecer constante e a taxa da coleta seletiva aumentar em 10%, qual será o reflexo na vida útil do aterro sanitário?
Sensibilidade	Observar como mudanças repetidas em uma única variável afetam outras variáveis.	Supor um aumento de 10% ao mês no volume de plásticos repetidas vezes para analisar a demanda para um mercado futuro.
Busca de metas	Fazer repetidas mudanças em variáveis selecionadas até que uma variável escolhida alcance um valor alvo.	Qual deve ser a taxa de desvio que a coleta seletiva deve proporcionar para que a vida útil do aterro sanitário seja incrementada em mais 5 anos?
Otimização	Encontrar um valor ótimo para variáveis selecionadas, dadas certas restrições.	Descobrir qual a quantidade de resíduos sólidos recicláveis que a coleta seletiva deve conseguir para garantir uma remuneração média de R\$ 400,00 aos cooperados, considerando os preços de vendas atuais dos resíduos.

Fonte: Adaptado de O'BRIEN (2001)

A partir dos exemplos citados, pode-se concluir que o sistema de apoio à decisão mostra-se bastante flexível, pois permite a realização de diferentes análises de acordo com cada situação.

Dentro do sistema de apoio à decisão, o processo de simulação acontece com a simples mudança nos valores das variáveis e a repetição do processamento do sistema, verificando-se ao final as conseqüências dessas alterações.

Entretanto, essa mudança nos dados de entrada do sistema de informações deve vir em decorrência de decisões tomadas no processo de planejamento, no qual o decisor escolhe novo objetivo e estratégia, e a partir delas

verifica quais dados precisam ser alterados em cada uma das várias alternativas de ação que surgem em decorrência do novo caminho escolhido.

É imperativo ressaltar que o processo de simulação fornece os resultados das estratégias adotadas, mas é o decisor quem analisa e avalia os resultados selecionando aquele que considere mais adequado para a realidade do município.

A partir das afirmativas anteriores, conclui-se que o processo de simulação permite experimentar e testar mudanças nos cenários, nas estratégias e táticas, e verificar suas conseqüências mais prováveis em um ambiente virtual.

O SAD, como já mencionado, assiste planejadores e gestores na exploração de opções, avaliação de impactos potenciais, experimentação de estratégias e descoberta de novos conhecimentos.

Para desenvolver o SAD é necessário que se realize inicialmente o estudo formal do problema que é representado por meio dos modelos de simulação.

### **6.2.1. Modelos de Simulação**

Odom citado por ASMUS & KALIKOSKI (1999) definiu modelo de simulação “como uma formulação simplificada que imita um fenômeno ou um sistema do mundo real, de tal maneira que situações complexas possam ser compreendidas (...)”.

NAKAO E BERTO (1999), complementaram a idéia anterior acrescentando que o modelo de simulação é “um conjunto de regras que define as relações que interligam as diversas variáveis de maneira a demonstrar as relações (...) e as interdependências existentes entre elas”.

Desse modo, a montagem de um modelo de simulação necessita do conhecimento das variáveis que afetam o fenômeno e das relações de interdependência. Essas variáveis nada mais são do que os dados necessários para que se processe o sistema de informações. Portanto, é necessário delimitar o problema que será tratado pelo modelo de simulação, para que se possa também definir as variáveis que serão utilizadas.

Os modelos de simulação:

- Proporcionam uma referência para a identificação e solução de conflitos;
- Produzem conhecimento mais profundo do problema, o que não é óbvio dada sua natureza complexa;
- Estimulam a capacidade dos decisores de realizar prognósticos do que pode acontecer no futuro;
- Provêem um arcabouço que integra informação relativa a várias disciplinas envolvidas no problema e
- Possibilita realizar documentação técnica da decisão.

LACHTERMACHER (2002), afirmou que

*(...) a representação do problema em modelo matemático é de suma importância, pois representar erroneamente o comportamento de uma variável relevante significa tornar o modelo pouco representativo da realidade e, portanto, inadequado como suporte à tomada de decisão.*

#### **6.2.1.1. Modelagem da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**

Com relação à gestão integrada de resíduos sólidos (GIRS), MORRISEY e BROWNE (2004), afirmaram que a modelagem neste segmento não é uma idéia recente. Os primeiros trabalhos remontam à década de 70 quando os primeiros modelos de otimização de rotas de veículos para a coleta foram desenvolvidos.

MAC DONALD (1996) afirmava que os trabalhos realizados na década de 70 tratavam da aplicação e refinamento de várias técnicas de otimização para prover uma representação mais realista das práticas de GIRS.

Berger citado por MORRISSEY E BROWNE (2004) verificou que estes primeiros modelos eram bastante limitados, pois geralmente considerava somente uma opção de tratamento e a reciclagem raramente ela levada em consideração.

Ainda citando os mesmos autores, os modelos mais atuais de GIRS começaram a incluir as relações existentes entre as etapas do sistema de resíduos sólidos e o seu meio ambiente, ao invés de somente analisá-las isoladamente.

Neste âmbito, verificaram-se alguns trabalhos (ETSU, 1998; EPIC e CSR, 2000; FIORUCCI et al, 2002; LUPATINI, 2002; COSTI et al, 2003; entre outros) que têm abordado em modelos aspectos multidisciplinares integrando, principalmente, assuntos operacionais, econômicos, tecnológicos, legislativos e ambientais dos resíduos sólidos.

### **6.2.2. Validação do sistema de apoio à decisão**

A validação do modelo consiste em verificar se o sistema foi desenvolvido de forma a atender satisfatoriamente os requisitos dos usuários finais do sistema.

HOPPEN apud MAÇADA e BORENSTEIN (2000), listou dois tipos de validação:

- **Aparente:** busca a melhor forma de apresentação do instrumento e do vocabulário utilizado;
- **Conteúdo:** procura avaliar se o instrumento representa o que se deseja medir.

O objetivo da validação é identificar as possíveis falhas que estão ocorrendo no sistema. Esta é uma etapa importante, pois é neste momento que se pode ter certeza do funcionamento do sistema.

Durante o desenvolvimento do sistema, provavelmente, existirão vários momentos em que será necessário realizar ajustes e estes refinamentos faz com que o sistema vá se aperfeiçoando até que se consiga o resultado desejado.

### **6.2.3. Quando aplicar a simulação?**

Antes de implementar um novo processo é necessário conhecer antecipadamente os seus possíveis resultados, seja para confirmar as expectativas em relação aos benefícios procurados seja para identificar possíveis efeitos colaterais.

Por exemplo, a implementação de uma coleta seletiva exige decisões - número de pessoal necessário, quantidade de equipamentos, divulgação, comercialização de material entre outras- que devem ser tomadas de forma integrada, sendo a simulação a ferramenta apropriada para quantificar os ganhos potenciais de cada alternativa e os efeitos de suas inter-relações no sistema como um todo.

Em termos gerais, a simulação se aplica em tipos de problema que necessitam:

- Proporcionar melhor compreensão sobre a natureza de um processo. Com isso, novas idéias normalmente surgem objetivando uma maior produtividade;
- Identificar problemas específicos ou áreas problemáticas dentro do sistema;
- Auxiliar no estabelecimento de estratégias de investimento futuro para um sistema já existente, mostrando melhor quando e quanto se tem a ganhar a cada nova etapa;
- Testar novas estratégias antes de sua implementação sem interferir na operação do sistema atualmente em curso e



- Avaliar os benefícios de novos investimentos antes que haja comprometimento de fato dos recursos necessários.

Desse modo, a simulação é indicada para sistemas nos quais as conseqüências das relações entre seus diversos componentes não são conhecidas “*a priori*”.

# MÉTODO

---

## 7. MÉTODO

Neste capítulo apresenta-se o método utilizado para a obtenção dos objetivos propostos para este trabalho.

A primeira fase do trabalho consistiu na pesquisa bibliográfica pertinentes aos temas - resíduos sólidos, gestão e gerenciamento de resíduos e sistemas de apoio à decisão – a fim de construir a base conceitual necessária para o desenvolvimento da dissertação.

Terminada a revisão, iniciou-se então, a segunda fase que foi elaborar os cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares. Finalmente, a última fase do trabalho consistiu no desenvolvimento do programa.

### 7.1. Elaboração de cenários

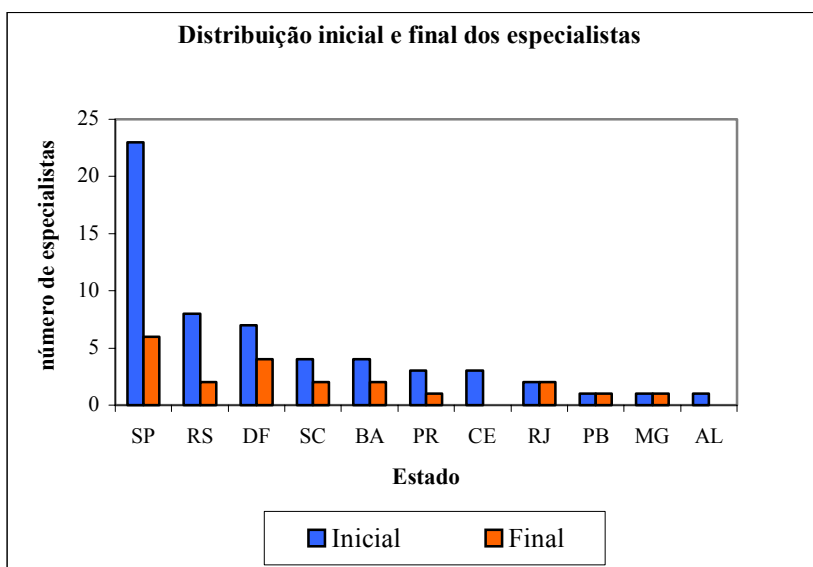
Depois de estudados vários trabalhos, iniciou-se o processo de elaboração de cenários qualitativos para a GIRSUD, que foi realizada por meio de duas metodologias. A primeira baseou-se na literatura existente e a segunda foi decorrente do resultado da pesquisa prospectiva utilizando o Método Delphi.

Na aplicação do Método Delphi foi utilizada a técnica de envio de questionário por e-mail, pois ela permite maior abrangência de especialistas com um custo relativamente menor do que se fosse realizado por telefone, correio ou pessoalmente.

Certamente como observou GIOVANAZZO E FISCHMANN (2001),

*(...) a utilização da Internet permite um feedback mais rápido aos respondentes. Esta maior agilidade evita que haja uma perda do interesse (...). O Delphi realizado pela Internet ainda traz a vantagem de utilizar uma mídia mais atraente e flexível.*

O questionário foi enviado primeiramente para 57 especialistas em gestão de resíduos sólidos que foram selecionados pela sua capacidade de ter uma ampla visão dos campos envolvidos. O perfil dos especialistas constituiu-se de professores universitários, pesquisadores, gestores de serviços de limpeza urbana e, profissionais que atuam em órgãos ambientais. A Figura 7.1. ilustra a distribuição dos especialistas por estado.



**Figura 7.1.: Distribuição inicial e final dos especialistas por estado.**

Fonte: MASSUKADO, 2003

É importante salientar que a não participação de alguns especialistas não se traduz na falta de interesse por parte destes. Uma das suposições para a não participação é que a pesquisa foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2003, período em que muitos especialistas estavam de férias.

O questionário foi elaborado contendo apenas seis questões de forma que o respondente não demorasse mais que dez minutos para respondê-lo. O questionário teve um caráter amplo, porém focalizado no tema central. As questões abordavam, para um horizonte de dez anos, ou seja, para 2013, a expectativa de se ter municípios com aterro sanitário, coleta seletiva, usinas de triagem, cooperativa de catadores como também a expectativa para o crescimento de mercado de resíduos recicláveis e de composto orgânico.

No final de cada pergunta foi indicado, a fim de fornecer um parâmetro, o valor em porcentagem, correspondente a realidade atual. O quadro 7.1. mostra o modelo do questionário enviado na primeira rodada aos especialistas.

**QUADRO 7.1.: Modelo do questionário enviado para os especialistas**

Questão	Descrição do parâmetro (Valor atual)*	Expectativa próximos 10 anos (%)	Comentários
1	Municípios com aterro sanitário (13,7%)		
2	Municípios com coleta seletiva (3,5%)		
3	Municípios com cooperativa de catadores (menos que 7%)		
4	Municípios com Usinas de Compostagem (menos que 5%)		
5	Crescimento do mercado de recicláveis		
6	Crescimento do mercado para composto orgânico		

Espaço reservado para críticas, sugestões e melhoramentos do questionário.

---

\* Dados obtidos nas fontes: PNSB 2000, CEMPRE 2002.  
Fonte: MASSUKADO, 2003.

Segundo o Método Delphi, junto ao envio do questionário é necessário também que seja feita uma breve explicação sobre o motivo e a função da pesquisa. Seguindo esta orientação, foi anexada junto ao questionário uma pequena introdução do trabalho, Figura 7.2, para que os especialistas pudessem entender qual era o objetivo da pesquisa e a importância de sua participação.

**Introdução**

As Prefeituras, que são as responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos domiciliares do município, defrontam-se freqüentemente com o seguinte dilema no desenvolvimento desta atividade: **a decisão de COMO, ONDE e QUANDO** aplicar os recursos.

Sabe-se também que a tomada de decisão está envolta de incertezas, que é resultado de nossa inabilidade de conhecer o futuro. Tais incertezas são muito maiores quando o tomador de decisão encara o problema **SOZINHO**.

A escolha de qual estrutura de gestão a ser adotada sofre influência de cenários ambientais, sociais e econômicos futuros, que evidentemente, não são conhecidos no momento de aplicação dos recursos. A fim de amenizar o efeito de um eventual revés, sugere-se que sejam projetados cenários de gestão a partir da opinião emitida pelos **ESPECIALISTAS** da área.

O objetivo deste questionário é construir cenários possíveis para a gestão dos resíduos sólidos **DOMICILIARES** a partir das prováveis mudanças que poderão estar ocorrendo nos próximos 10 anos, segundo a opinião destes especialistas.

**Figura 7.2: Texto introdutório enviado aos especialistas sobre a pesquisa**

Fonte: MASSUKADO, 2003.

Foram também incluídas, Figura 7.3, informações gerais e instruções específicas de como o questionário deveria ser preenchido.

**Observações**

1. O questionário será enviado para outros especialistas;
2. A única pessoa, a saber, sua resposta será o criador do questionário;
3. As respostas obtidas serão analisadas estatisticamente;
4. O resumo analisado das respostas do questionário será enviado de volta para os especialistas.

**Instruções de preenchimento do questionário**

1. O especialista deverá dar uma nota (%) para cada um dos 6 parâmetros que serão utilizados para compor os cenários de gestão;
2. A nota poderá indicar um crescimento ou retração;
3. O especialista poderá, se quiser, comentar a sua resposta no campo justificativa.
4. **Importante** lembrar que este questionário deverá ser respondido levando-se em consideração somente os resíduos sólidos **DOMICILIARES**.
5. **POR FAVOR**, envie a resposta tão logo receba o questionário, pois existem prazos a serem cumpridos.

**Figura 7.3: Observações e instruções enviadas junto ao questionário para os especialistas.**

Fonte: MASSUKADO, 2003.

A segunda e última rodada do Método Delphi, consistiu em solicitar para cada especialista analisar os resultados globais obtidos, respondendo se desejava alterar ou não alguma resposta em virtude da resposta da maioria.

O Método sugere que se faça a análise estatística dos resultados que inclua a média e os quartis de cada pergunta. Porém adotou-se um critério diferente que foi considerado ser mais adequado em termos de visualização e que não comprometeria as características básicas do método.

Optou-se por realizar a classificação das respostas por faixa de valores, sendo os resultados representados em gráficos de barra. Assim, o especialista poderia visualizar a distribuição das respostas dadas pelos especialistas ao mesmo tempo em que era possível verificar onde sua resposta se enquadrava.

A comparação entre os resultados destas duas metodologias (literatura e Método Delphi) foi importante para indicar qual poderia ser o cenário mais provável para o contexto brasileiro.

## **7.2. Desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão**

O desenvolvimento do software foi dividido em três etapas: concepção e projeto do sistema, codificação e finalização.

A fase de concepção e projeto do sistema abrangeu as atividades: estabelecimento dos requisitos e diretrizes essenciais para o funcionamento do software, projeto de interface e modelagem das informações.

Para estruturar o sistema de apoio à decisão foi necessário primeiramente delimitar o campo de trabalho e definir os principais componentes e processos que o sistema iria executar. Os critérios utilizados para delimitar o sistema de apoio à decisão foram o fator tempo disponível e complexidade de estruturação dos dados. A delimitação se deu também com relação ao tipo de resíduo que seria estudado, no caso, os RSD e quais fatores (ambientais, sociais, operacionais e econômicos) seriam escolhidos para ser trabalhado.

Concomitantemente foram discriminados os dados que seriam fornecidos pelo usuário e aqueles que, por razões de capacidade logística, estariam restritos ao programa. As relações existentes entre as diversas variáveis que compõem e interferem no sistema de resíduos sólidos foram então estabelecidas.

O desenho da seqüência de telas pensado para o sistema correspondeu ao projeto de interface inicial. Conforme o programa foi sendo desenvolvida esta tela sofreram alterações de forma a melhorar a interface para o usuário.

A modelagem consistiu na elaboração de fluxogramas de decisão. O fluxograma permite a visão total do sistema em formato gráfico, facilitando a compreensão do sistema tanto pelo agente cognitivo (autor do trabalho) como pelo programador.

Para realizar a segunda e terceira etapas, respectivamente, codificação e finalização, utilizaram-se a metodologia chamada Extreme Programming (XP), que é um processo de desenvolvimento que possibilita a criação de software de maneira ágil, econômica e flexível.

O XP é indicado para pequenas e médias equipes que estão desenvolvendo software com requisitos vagos e em constante mudança (BECK citado por ROCHA,2002).

As principais características desta metodologia, segundo ROCHA (2002) são:

- O cliente está sempre disponível para resolver dúvidas, alterar o escopo de uma interação e definir prioridades;
- A comunicação é não limitada por procedimentos formais. Usa-se o melhor meio possível, que pode ser conversas informais, e-mail, bate papo, telefonema, diagramas entre outros;
- O teste do sistema vem sempre antes do design final. Portanto, primeiro são realizados os testes e depois, trabalha-se o design do software;
- Os diversos módulos do software são integrados diversas vezes e todos os testes unitários são executados. O código não é aprovado até se obter sucesso com 100% dos testes unitários;

- O código deve ser desenvolvido por duas pessoas trabalhando juntas no mesmo computador. Para funcionar, tanto o agente cognitivo quanto o programador devem estar em sintonia e
- Todo código é desenvolvido seguindo um padrão.

Assim, o XP está baseado na revisão permanente do código, em testes freqüentes, na participação do usuário final (cliente), no refinamento contínuo da arquitetura e na integração contínua a qualquer hora (ROCHA, 2002).

Portanto, de acordo com esta metodologia a codificação e finalização não dependem somente do programador, mas também da interação entre este e o agente cognitivo.

A codificação do modelo de simulação foi realizada utilizando-se a linguagem de programação Delphi 6.0, que foi escolhida em virtude de sua funcionalidade, praticidade e tradição no mercado. O desenvolvimento em Delphi permite ampla integração com banco de dados (Access, SQL Server, Interbase, entre outros), servidores de internet e com o sistema operacional Windows. O fator positivo dessa ferramenta é a sua característica de desenvolvimento componentizado, possibilitando a construção de uma estrutura aberta para reutilizações futuras em novos ambientes (WEB, por exemplo) e para a possível ampliação do sistema. Para o armazenamento de dados, optou-se pelo Interbase. O banco de dados em Interbase suporta bem o número de operação e usuários proposto pelo sistema.<sup>1</sup>

A codificação foi realizada por um técnico contratado em informática especializado neste tipo de linguagem. A atividade de codificação foi realizada num trabalho conjunto entre o técnico e o agente cognitivo e consistiu na tradução e estruturação do modelo em uma linguagem apropriada ao ambiente informático selecionado.

A validação do sistema proposto foi verificada por meio da avaliação de uma ou mais aplicações, pela própria autora de situações hipotéticas de GIRSUD. A validação ocorreu em dois momentos: primeiro com relação à dificuldade de se entrar com os dados e segundo com relação à correspondência entre o protótipo informatizado

---

<sup>1</sup> Consulta pessoal ao técnico especializado pela codificação do sistema de apoio à decisão para a linguagem de programação Delphi.



e o modelo conceitual estruturado. O segundo momento foi realizado durante e após a codificação do modelo.

Para validar o programa utilizou-se o procedimento adotado por Lupatini (2002), que consiste numa planilha para relatar os erros do sistema. Este procedimento é mostrado no Quadro 7.2. Os demais erros e alterações encontram-se no APÊNDICE A.

**Quadro 7.2: Exemplo da planilha de erros e alterações utilizada na validação do sistema**

Módulo	Descrição	Tipo	Situação	Dificuldade
Cadastrar município	O somatório dos componentes não está dando 100%.	Crítico	Corrigido	3
Cadastrar município	Criar um campo específico para matéria orgânica	Muito importante	Corrigido	2
Composição gravimétrica	Arrumar diagramação. As informações estão muito próximas.	Importante	Pendente	
Alterar cadastro	Região norte não está disponível	Importante	Corrigido	1
Alterar cadastro	Matéria orgânica não pode ser excluída e está sendo.	Crítico	Pendente	
Valor de referência	3ª tela. Mudar título para "composição da cidade de referência"	Importante	Corrigido	1
Alterar cadastro	Deve permitir que a população seja alterada também.	Importante	Pendente	

**Legenda**

Crítico

Muito importante

Importante

Sem importância



Fonte: Adaptado de LUPATINI, 2002.

A coluna “dificuldade” no Quadro 7.2 foi acrescentada ao procedimento de Lupatini e refere-se ao trabalho que o programador teve em corrigir cada um dos erros relatados. O grau de dificuldade varia de 0 a 3 e visa fazer uma correspondência com o tipo de problema que varia de crítica a sem importância. A relação entre tipo e dificuldade é interessante para perceber que nem sempre o que é considerado fácil ou simples para se corrigir, na opinião, do agente cognitivo é também para o programador.

Finalmente, depois do programa ter sido revisado, testado e aprovado, o programador implanta o sistema, isto é, gera os arquivos executáveis do sistema para sua instalação e distribuição.

### **7.3. Aplicação do SAD para a GIRSUD de São Carlos/SP**

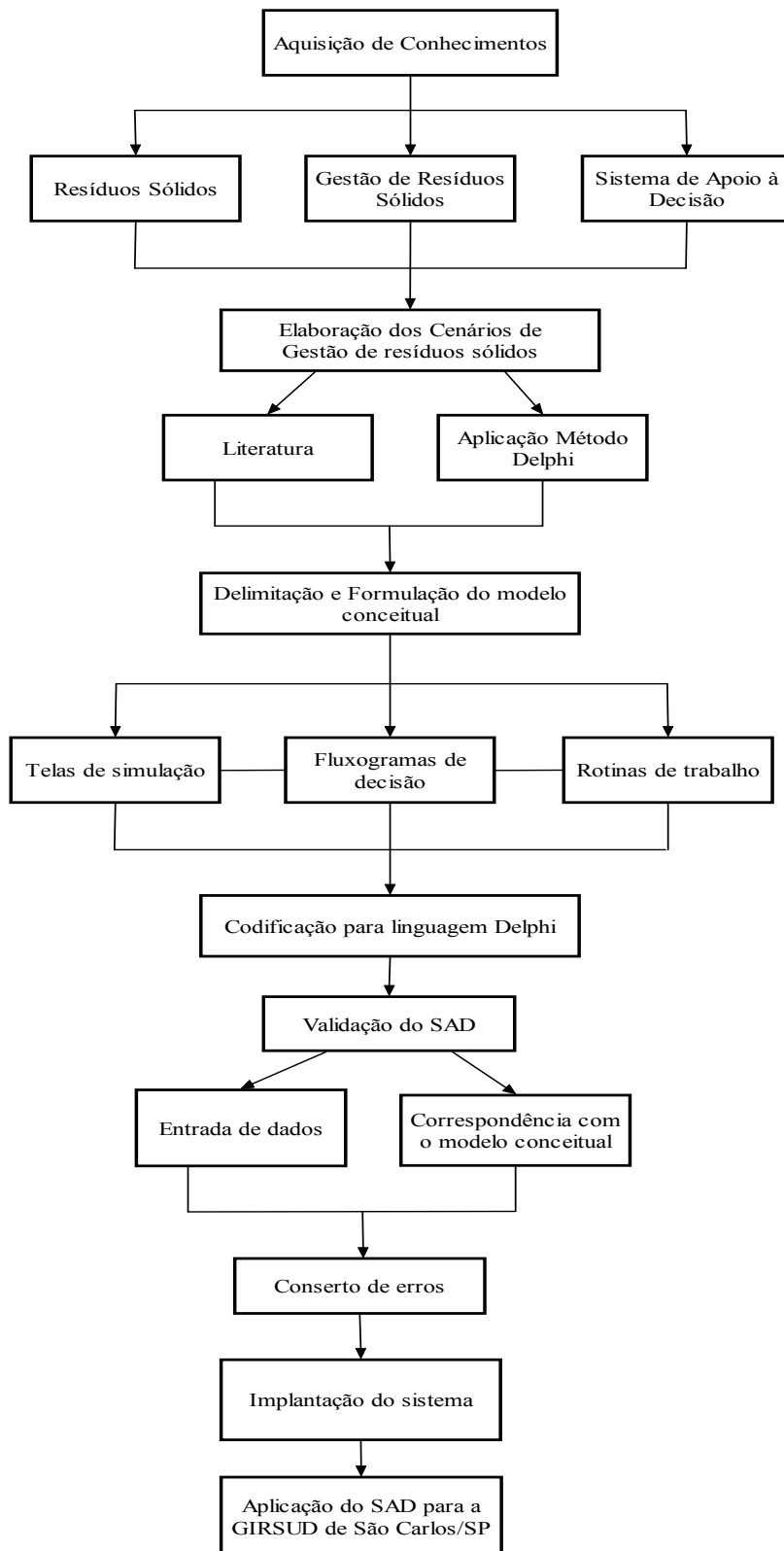
Esta etapa do trabalho refere-se à aplicação do sistema de apoio à decisão à gestão dos resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos (SP).

Para aplicar o SAD foi necessário primeiramente coletar dados referentes ao diagnóstico do município assim como aqueles relativos à gestão dos resíduos domiciliares.

As características do município (população e taxa de crescimento) foram obtidas da base de dados do último Censo Demográfico (2000) realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Os dados pertinentes à gestão de resíduos sólidos domiciliares de São Carlos foram levantados a partir de visitas a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia e também em consultas a outros trabalhos técnicos desenvolvidos nesta área.

A Figura 7.4. mostra o fluxograma ilustrativo das atividades desenvolvidas para a realização desta pesquisa.



**Figura 7.4: Fluxograma das atividades desenvolvidas**

## 8. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMICILIARES

### 8.1. Elaboração dos cenários de GIRSUD

A construção dos cenários ocorreu em duas etapas, sendo a primeira elaborada a partir da literatura e a segunda a partir dos resultados obtidos pelo método de pesquisa Delphi.

Adaptando-se os cenários propostos por DIAS (1995) chega-se a cinco situações possíveis de GIRSUD, que pode ser observado no quadro 8.1.

**QUADRO 8.1. Propostas de cenários de GIRSUD**

CENÁRIO	DESCRIÇÃO
1 - Coleta convencional + Aterro Sanitário (CC + AS)	Esta é a situação atual de muitos municípios, em que todo o resíduo proveniente da coleta convencional é encaminhado para o aterro sanitário.
2 - Coleta convencional + central de triagem e beneficiamento + aterro sanitário (CC + CTB + AS)	Neste cenário é introduzido um novo elemento ao sistema, a central de triagem e beneficiamento, provocando um desvio na rota do caminhão coletor, que ao invés de encaminhar o resíduo coletado para o aterro, leva-o para a central de triagem e beneficiamento. Neste cenário há o desvio de parte dos resíduos secos.
3 - Coleta convencional + central de triagem e beneficiamento + usina de compostagem + aterro sanitário (CC + CTB + UC + AS)	Neste cenário é introduzido um novo elemento ao sistema, a central de triagem e beneficiamento juntamente com a usina de compostagem, provocando um desvio na rota do caminhão coletor, que ao invés de encaminhar o resíduo coletado para o aterro, leva-o para a central de triagem e beneficiamento, e posteriormente a fração orgânica para a usina de compostagem. O rejeito é encaminhado para o aterro sanitário.
4 - Coleta convencional + coleta seletiva + central de triagem e beneficiamento + aterro sanitário (CC + CS + CTB + AS)	Neste cenário é considerada a introdução da coleta seletiva (somente resíduos secos). Esta coleta pode abranger toda a cidade ou apenas parte dela. A coleta convencional continua e os resíduos são encaminhados para o aterro. Os resíduos provenientes da coleta seletiva são levados para a central de triagem e beneficiamento.
5 - Coleta convencional + coleta seletiva + central de triagem e beneficiamento + usina de compostagem + aterro sanitário (CC + CS + UTC + AS)	Neste cenário é considerada a implantação da coleta seletiva. Esta coleta pode abranger toda a cidade ou apenas parte dela. Os resíduos desta coleta são encaminhados para a central de triagem e beneficiamento. E os resíduos coletados pela coleta convencional são levados para uma usina de compostagem. Os rejeitos são encaminhados para o aterro sanitário.

Fonte: O AUTOR

Segundo Dias (1995), para cada cenário existe uma situação que se adequa melhor ao município. A seguir são descritos os cenários e a situação favorável para o emprego de cada um deles.

(1) *Coleta convencional + aterro sanitário (CC + AS)*: favorável para cidades onde não houver mercado para os resíduos recicláveis e recursos financeiros para implantar a coleta seletiva ou uma central de triagem e beneficiamento;

(2) *Coleta convencional + central de triagem e beneficiamento + aterro sanitário (CC + CTB + AS)*: favorável quando existir mercado para os resíduos recicláveis e ausência de recursos financeiros para instituir a coleta seletiva;

(3) *Coleta convencional + central de triagem e beneficiamento + usina de compostagem + aterro sanitário (CC + CTB + UC + AS)*: favorável quando existir mercado para os resíduos recicláveis e para o composto orgânico mas que não haja recursos financeiros para instituir a coleta seletiva;

(4) *Coleta convencional + coleta seletiva + central de triagem e beneficiamento + aterro sanitário (CC + CS + CTB + AS)*: favorável quando houver um mercado para os recicláveis e condições de se implantar a coleta seletiva e não existir um pólo agrícola ou recursos financeiros para se implantar a usina de compostagem e

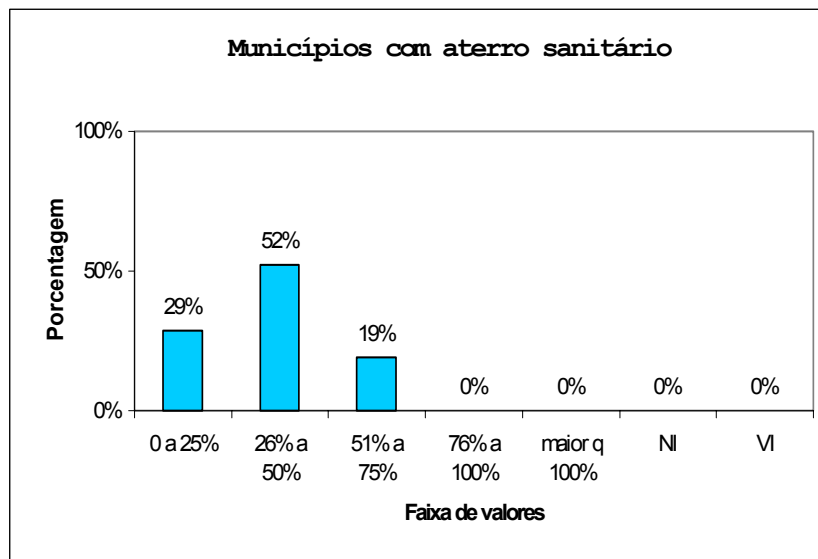
(5) *Coleta convencional + coleta seletiva + central de triagem e beneficiamento + usina de compostagem + aterro sanitário (CC + CS + CTB + UC + AS)*: favorável quando houver mercado para os recicláveis, apresentar pólo agrícola, comunidade sensibilizada e disponibilidade de recursos financeiros para a educação ambiental e consolidação da coleta seletiva.

### 8.1.1. Proposta de cenário de GIRSUDE a partir do Método de Pesquisa Delphi

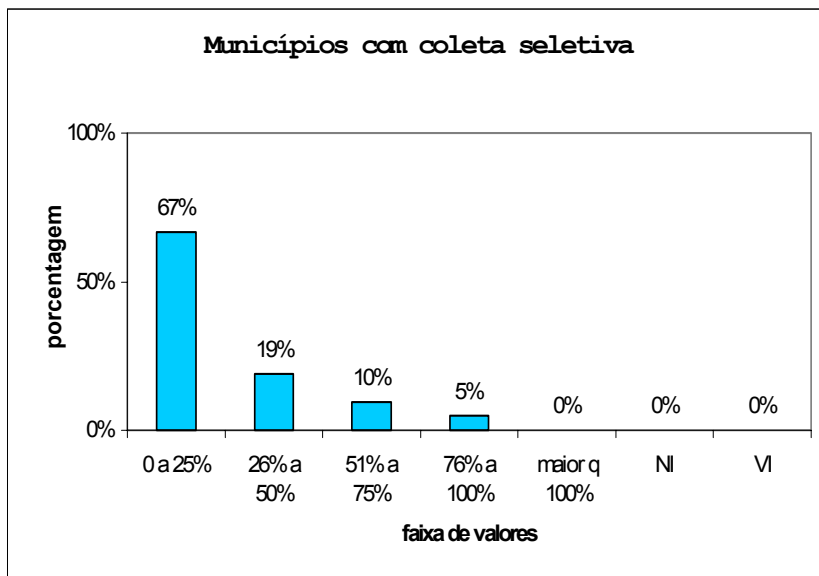
A outra metodologia aplicada para a elaboração de cenários de gestão foi feita por meio do Método de Pesquisa Delphi.

Foram realizadas duas rodadas de perguntas com os especialistas. A primeira rodada durou um mês e obteve-se um retorno igual a 49%, que corresponde aos 28 especialistas que responderam o questionário. A segunda rodada foi mais breve, duas semanas, e o retorno foi de 75% considerando os 28 que participaram da primeira rodada. Portanto, 21 especialistas responderam a esta nova rodada.

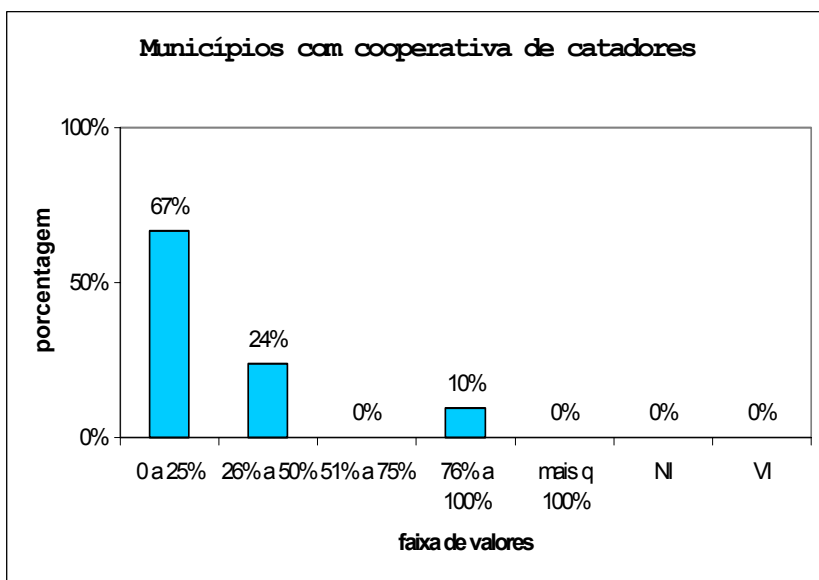
O resultado final da pesquisa pode ser observado nos gráficos das Figuras 8.1 a 8.6.



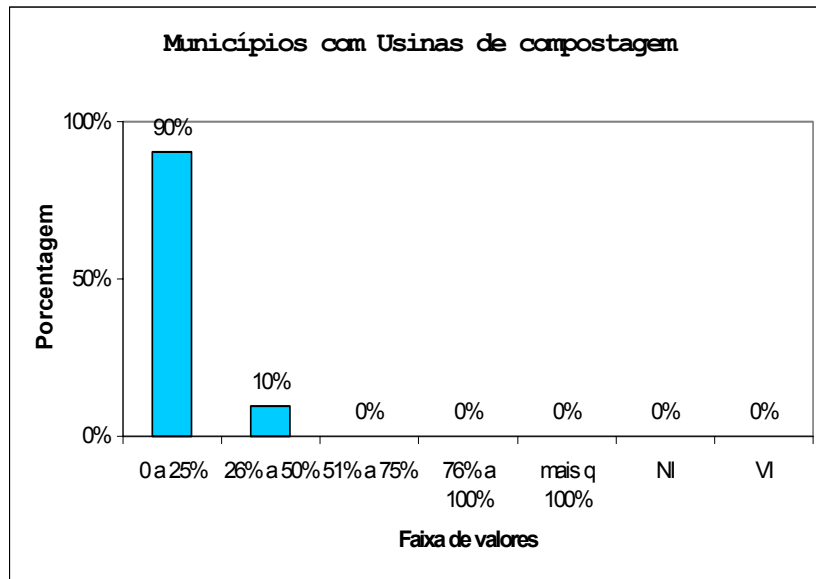
**Figura 8.1.: Representação gráfica da porcentagem de municípios com aterro sanitário previsto para 2013.**



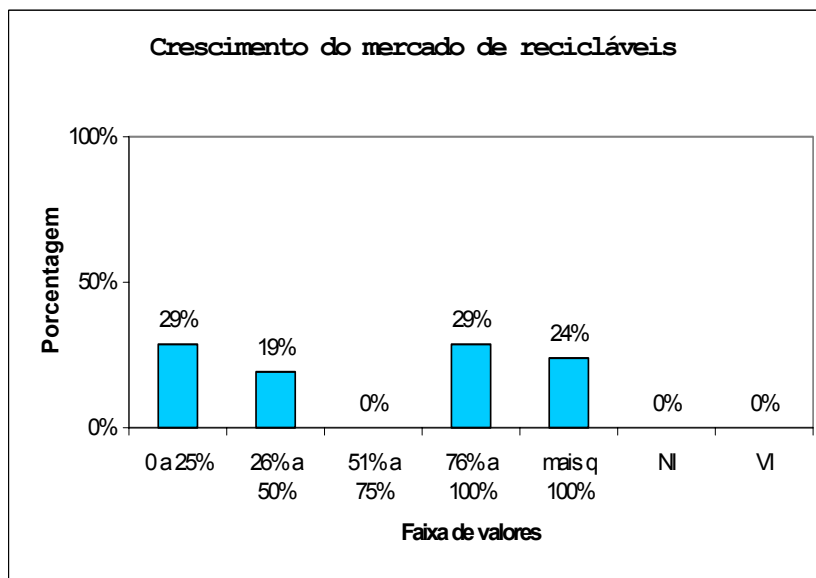
**Figura 8.2.: Representação gráfica da porcentagem de municípios com coleta seletiva prevista para 2013.**



**Figura 8.3.: Representação gráfica da porcentagem de municípios com cooperativa de catadores prevista para 2013.**

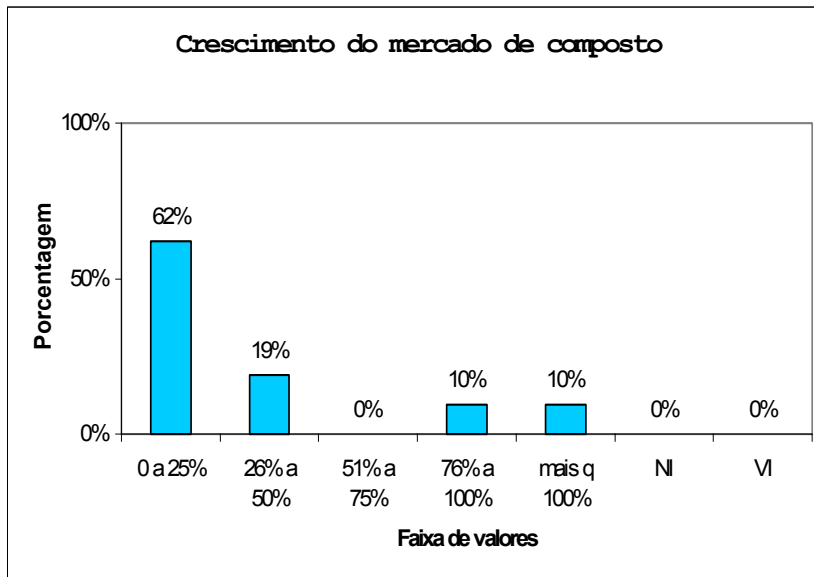


**Figura 8.4.: Representação gráfica da percentagem de municípios com usinas de compostagem prevista para 2013.**



**Figura 8.5.: Representação gráfica, em percentagem, para a expectativa de crescimento do mercado de recicláveis até 2013.**





**Figura 8.6.: Representação gráfica, em porcentagem, para a expectativa de crescimento do mercado de composto até 2013.**

Durante a análise dos questionários da segunda rodada observou-se a manutenção das respostas dadas, mesmo estando divergentes da resposta da maioria. Este fato pode ser explicado por percepções diferentes condizentes com a realidade da região de atuação do especialista consultado.

O maior consenso obtido entre os especialistas foi com relação à perspectiva do número de municípios com usinas de compostagem para os próximos 10 anos estimando-se valores inferiores a 25%.

Este valor estimado pela maioria dos especialistas pode indicar que por enquanto a implantação de uma usina de compostagem não seja a melhor alternativa para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares. Dentre as justificativas para esta baixa expectativa com relação às usinas de compostagem destacam-se a falta de mercado para escoar o produto final, a dificuldade de se obter e garantir um produto com qualidade e finalmente, o fato da existência de experiências mal sucedidas, que desencorajam a implantação de novas usinas.

Noutro extremo, a questão em que houve grande dispersão de valores foi com relação ao crescimento do mercado de recicláveis, pois a distribuição das respostas apresentou-se bastante heterogênea. Esta falta de consenso pode ser explicado pela grande variação do mercado de recicláveis existente nas diferentes regiões, que é

reflexo das diferenças sócio-culturais, políticas e econômicas do país e da irregular distribuição de investimentos e tecnologias aplicáveis para a gestão dos resíduos sólidos.

As questões referentes aos “municípios com coleta seletiva” e “municípios com cooperativa de catadores” mostraram distribuição de valores muito semelhantes. Isto pode indicar para o tomador de decisão uma relação direta entre a coleta seletiva e cooperativa de catadores, uma vez que muitos municípios estão iniciando sua coleta seletiva por meio de parcerias com estas cooperativas.

Com relação aos municípios com aterros sanitários observa-se um crescimento tímido para os próximos 10 anos. A expectativa é que o aterro sanitário esteja presente em até 50% dos municípios brasileiros. Alguns especialistas um pouco mais otimistas sugeriram uma porcentagem maior, assinalando que até 75% dos municípios apresentem aterro sanitário.

E, finalmente com relação ao mercado de composto a maioria dos especialistas acredita que o crescimento não será maior que 25% para os próximos anos. O tomador de decisão que analisar esta questão juntamente com a questão referente ao número de municípios com usinas de compostagem, poderá concluir que por enquanto não é uma boa opção considerar a usina de compostagem como alternativa de gestão.

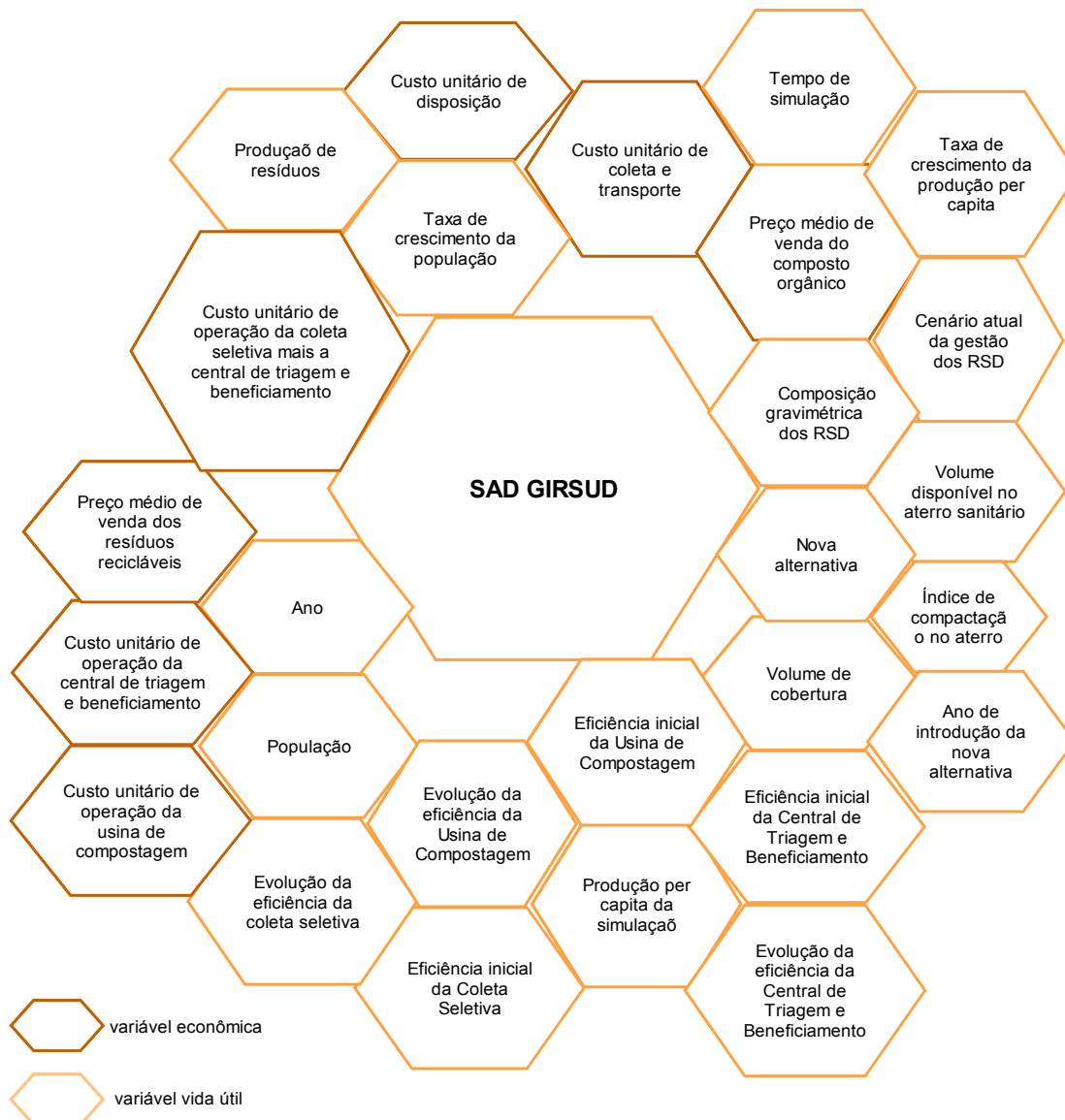
A partir desta pesquisa propõe-se o seguinte cenário de gestão dos resíduos sólidos domiciliares para os próximos 10 anos no Brasil. Permanece ainda a coleta convencional, mas aumenta a participação da coleta seletiva juntamente com o surgimento de novas associações e cooperativas de catadores devido ao crescimento do mercado para os resíduos recicláveis. O aterro sanitário estará presente em mais municípios, talvez conseguindo abranger 50% do total de municípios.

Portanto, analisando os cenários propostos tanto pela literatura quanto pelo Método Delphi, infere-se que para a realidade brasileira pode-se considerar mais provável que o cenário de gestão dos RSD evolua para a situação de “CC + CS + CTB + AS = Coleta convencional + coleta seletiva + central de triagem e beneficiamento + aterro sanitário”.

## 9. DELIMITAÇÃO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

O sistema de apoio à decisão (SAD) proposto tem como enfoque a gestão dos resíduos sólidos domiciliares. O objetivo deste SAD é auxiliar o gestor na avaliação de cenários de GIRSUD a partir da comparação da vida útil do aterro sanitário e dos custos operacionais pertinentes a cada cenário.

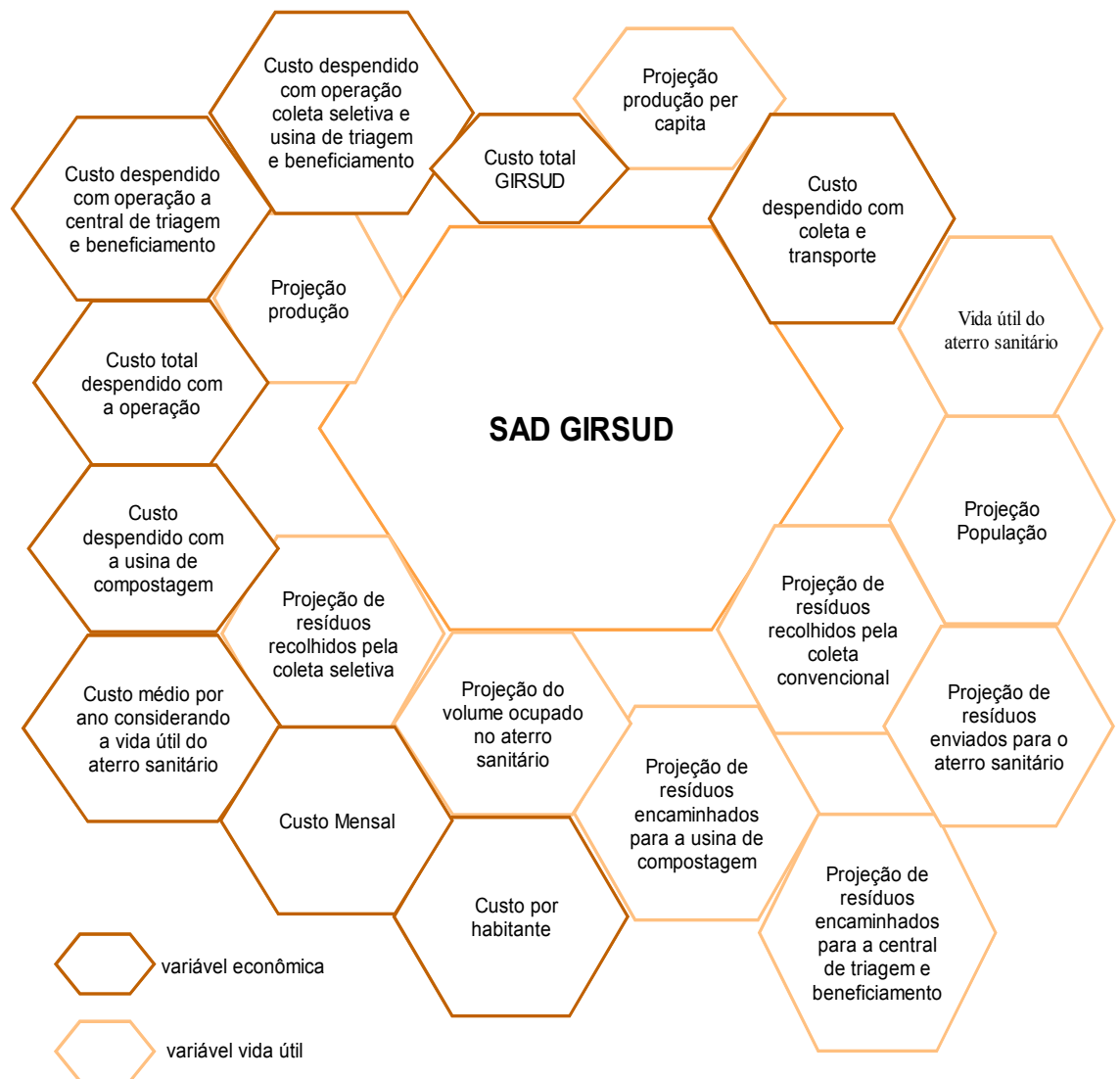
Para tanto, foi necessário estabelecer algumas variáveis de entrada ou alimentação do sistema, ou seja, variáveis que o usuário determina o valor. Estas variáveis são mostradas na Figura 9.1.



**Figura 9.1: Variáveis de entrada do SAD**

Nem todas as variáveis de entrada do SAD ocorrerão na simulação dos cenários, pois a presença de algumas delas dependerá do tipo de cenário escolhido. Por exemplo, num cenário onde não haja a Central de Triagem e Beneficiamento não irá aparecer para o usuário preencher o campo custo de operação da central, como também não irá aparecer o campo custo de operação da usina de compostagem.

A Figura 9.2. mostra as variáveis de saída do SAD que poderão ser úteis durante o processo de planejamento da GIRSUD.



**Figura 9.2.: Variáveis de saída do SAD**

Da mesma forma que as variáveis de entrada, as informações proporcionadas pelas variáveis de saída do SAD podem não estar presente em todos os cenários, pois a presença destas variáveis irá depender do tipo de cenário escolhido.

Outros aspectos importantes na delimitação, além das variáveis de entrada e saída, foram às restrições assumidas no desenvolvimento do SAD, que estão descrita na seqüência:

- O SAD considera somente os resíduos sólidos domiciliares, porém podem ser posteriormente desenvolvidos novos módulos para outros tipos de resíduos;
- O SAD não considera todas as tecnologias de tratamento, tais como a incineração (devido a inviabilidade econômica principalmente para os pequenos municípios) e a vermicompostagem (por ser ainda aplicado em pequena escala e não ser um método tão divulgado quanto a compostagem);
- O SAD não contabiliza a redução do resíduo e atividades de reutilização, pois são etapas que ocorrem antes do resíduo ser descartado e, portanto, torna-se muito difícil o controle quantitativo destas ações.
- O SAD não avalia a energia e emissões associadas com os diferentes tipos de tratamento e finalmente,
- O SAD não foi desenvolvido para prescrever a melhor alternativa mas sim para fornecer uma orientação inicial aos gestores quanto às conseqüências relativas a cada cenário simulado.

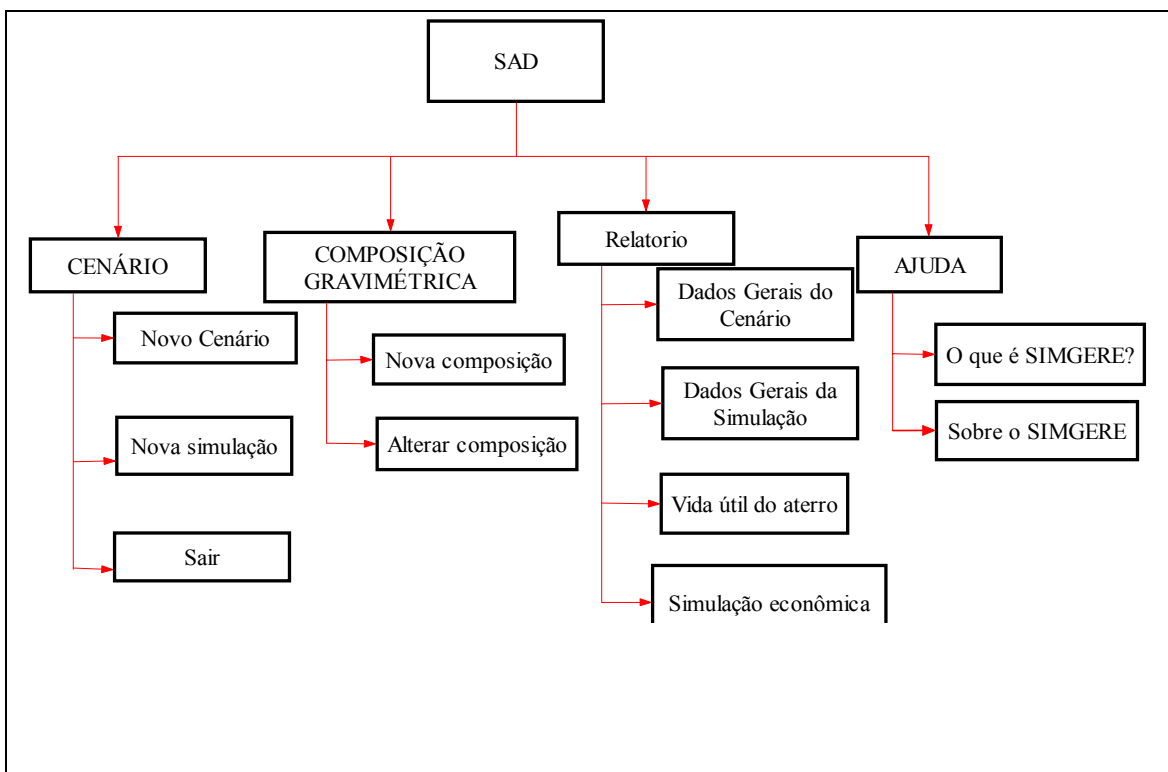
## 10. MODELO CONCEITUAL DE SIMULAÇÃO

Neste capítulo são apresentadas a estruturação e formalização dos conhecimentos adquiridos para o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão.

A estruturação consiste na construção do modelo conceitual e a formalização é definida como a representação destes modelos por meio de telas de ação e fluxogramas de decisão.

### 10.1. Construção e Representação do modelo conceitual

Com base nos conhecimentos adquiridos, o modelo conceitual do SAD para a simulação dos cenários de gestão de RSD foi dividido em quatro blocos: *Cenário*, *Composição Gravimétrica*, *Relatório* e *Ajuda*. O esquema do modelo conceitual pode ser visualizado na Figura 10.1.



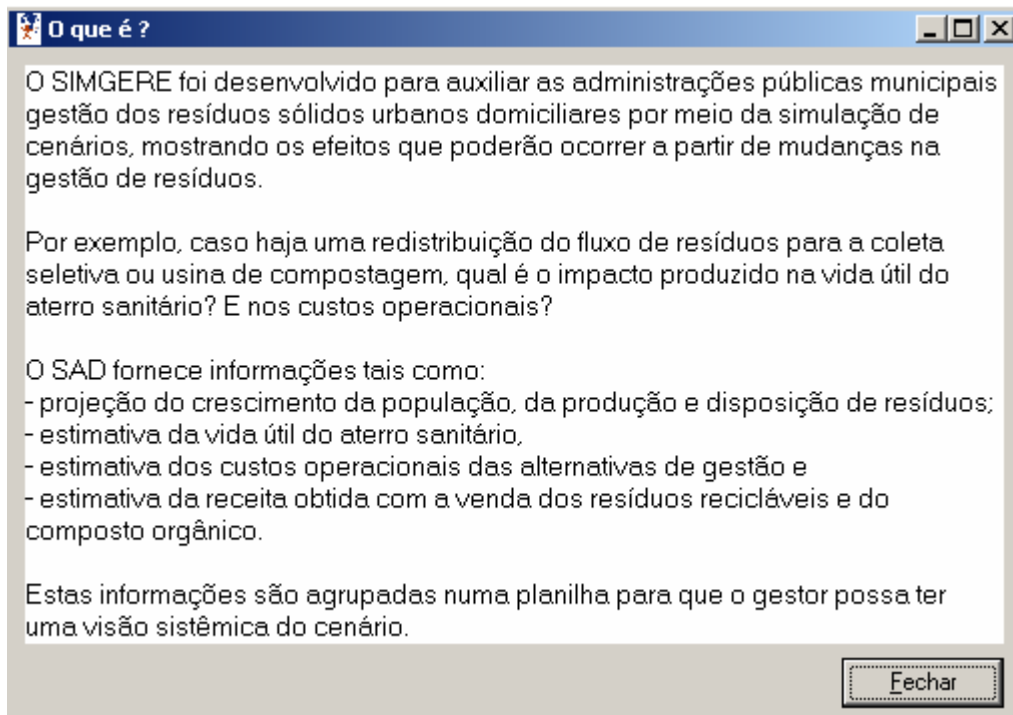
**Figura 10.1: Esquema do modelo conceitual do SAD**

O bloco *Cenário*, como mostra a Figura 10.1. é subdividido em: *Novo Cenário*, *Nova Simulação* e *Sair*.

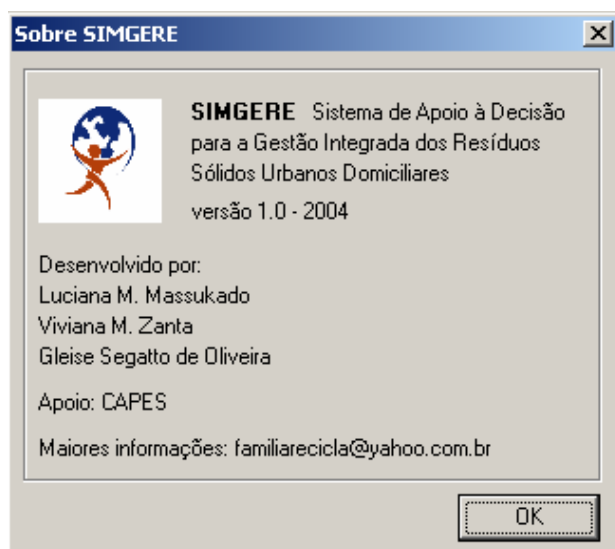
O bloco *Composição Gravimétrica* é dividido em duas opções, sendo a primeira relacionada ao cadastro da composição gravimétrica dos RSD do município e a segunda referente à alteração da composição gravimétrica dos RSD.

O bloco *Relatório* foi criado para permitir a visualização e impressão dos dados de entrada e saída da simulação no formato de planilha e está dividido em quatro tipos de relatório: Relatório dados gerais do cenário, relatório dos dados da simulação, relatório da vida útil do aterro sanitário e relatório da simulação econômica simplificada.

O último bloco *Ajuda*, apresenta duas opções: O que é SAD, que descreve rapidamente o objetivo do programa (Figura 10.2) e *Sobre o SAD* (Figura 10.3) que fornece informações sobre o programador e a versão do programa.



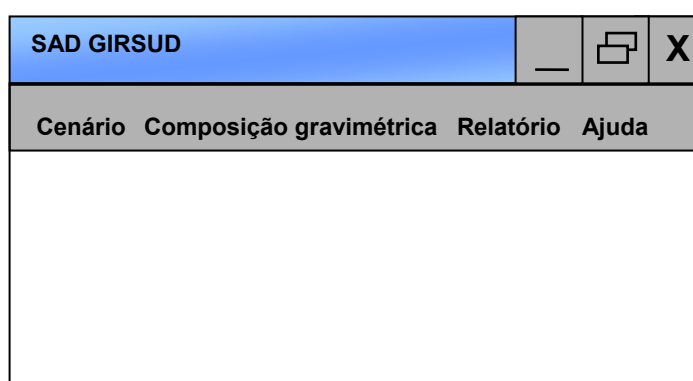
**Figura 10.2:** Representação da tela “O que é?”



**Figura 10.3: Representação da tela “Sobre”**

A partir da construção do modelo conceitual, partiu-se para a etapa de representação do mesmo. Esta etapa foi caracterizada por diversos refinamentos do modelo, em virtude da aquisição de novos conhecimentos e da correção das deficiências encontradas no mesmo. As Figuras que virão na seqüência mostram o resultado final destes refinamentos.

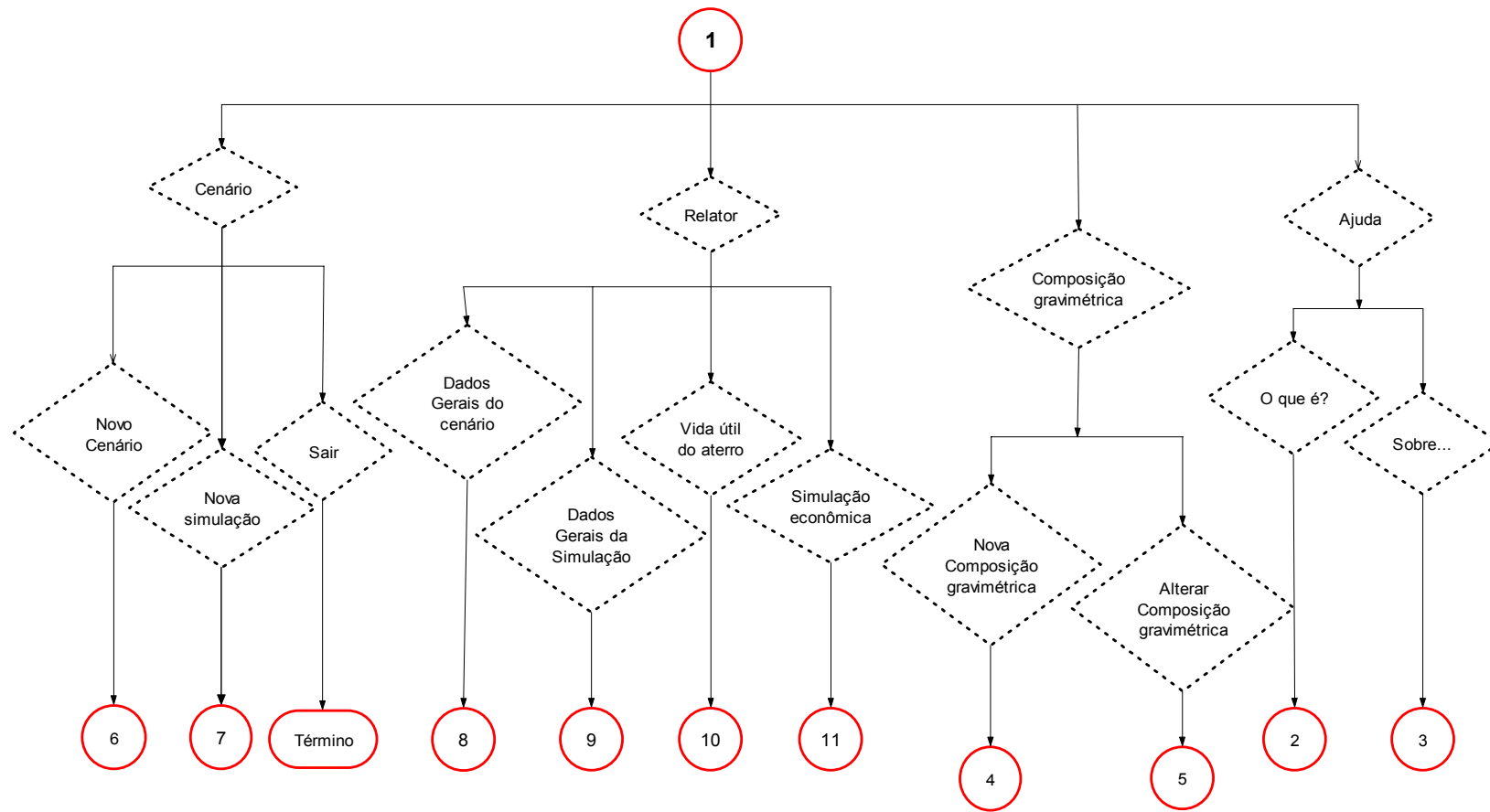
A Figura 10.4. mostra a tela inicial (menu principal) do SAD por onde são acessadas todas as funções do programa.



**Figura 10.4.: Representação da tela “Menu Principal”**

A Figura 10.5 ilustra o fluxograma de decisão referente à tela do menu principal mostrando inclusive as sub-opções disponíveis para cada uma das opções: Cenário, Composição Gravimétrica, Relatório e Ajuda.





**Figura 10.5: Fluxograma referente à tela “Menu Principal”**

Na seqüência são apresentados os detalhamentos de cada bloco por meio da representação em telas de ação e fluxogramas de decisão.

O Quadro 10.1, a seguir, mostra a legenda que será utilizada em todos os fluxogramas de decisão.

**Quadro 10.1: Legenda utilizada nos fluxogramas de decisão**

LEGENDA	
Símbolo	Significado
—————	Processado pelo sistema
-----	Entrada do usuário
○	Início ou Término
▭	Lembretes e avisos
◇	Ponto de Decisão
▭	Ação

FONTE: adaptado de NBR ISO 9004-4 (1993)

## 10.2. Bloco Composição Gravimétrica

Foram sistematizadas as composições gravimétricas dos RSD de 49 municípios para constituir o banco de dados do programa (Apêndice B).

A Figura 10.1 mostrou que o bloco *Composição gravimétrica* está dividido em duas opções: *Nova Composição* e *Alterar Composição*.

A opção *Nova Composição* refere-se ao cadastramento da composição gravimétrica dos RSD e população do município. Este cadastro é extremamente importante, pois é condição essencial para que a opção *Novo Cenário* do bloco *Cenário* funcione.

A opção *Alterar Composição* refere-se à atualização dos valores da população ou da composição gravimétrica do município, seja por conter dados errados ou por existir uma composição mais recente.

### 10.2.1 Bloco Composição Gravimétrica: Nova Composição

A Figura 10.6 ilustra a primeira tela de ação que aparece quando a opção “Nova Composição” é selecionada. As Figuras 10.7 e 10.8 mostram a seqüência de telas de ação caso a composição gravimétrica do município for conhecida (Figura 10.6) e, as Figuras 10.9 e 10.10 mostram os fluxogramas de decisão destas telas.

A interface de usuário para a tela "Composição Gravimétrica" apresenta um cabeçalho com o título "Composição Gravimétrica" e um ícone de fechar (X). O conteúdo principal contém a pergunta: "A composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de seu município é conhecida?". Abaixo da pergunta, há três botões de ação: "SIM", "NÃO" e "CANCELAR".

**Figura 10.6: Representação da tela “Composição gravimétrica”**

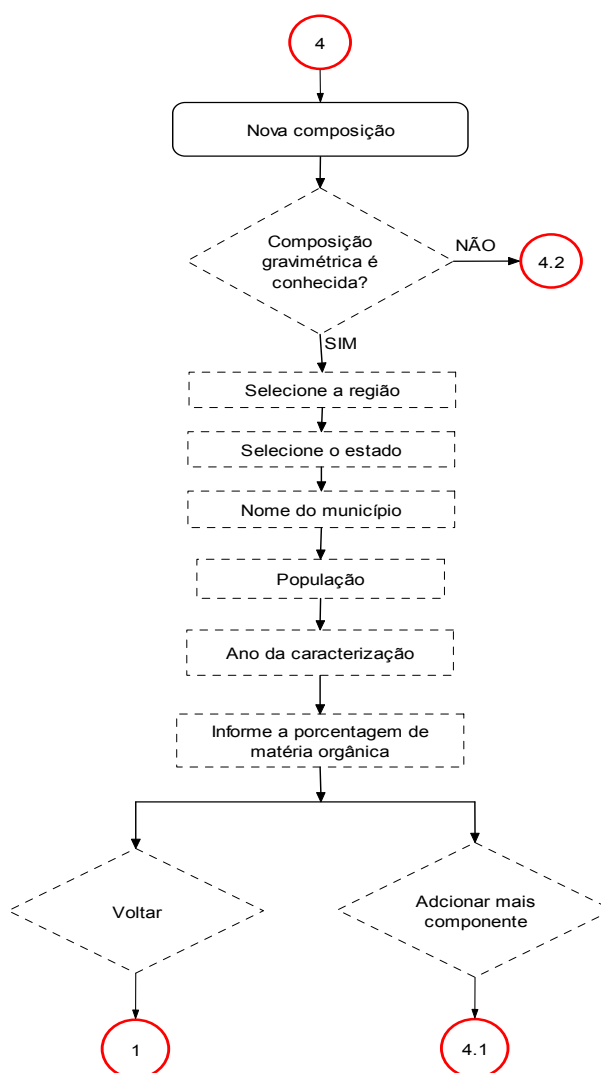
A interface de usuário para a tela "Cadastro da Composição Gravimétrica" apresenta um cabeçalho com o título "Cadastro da Composição Gravimétrica" e um ícone de fechar (X). O formulário contém os seguintes campos e botões:

- Seleção de região: "Selecione a região" com um menu suspenso.
- Seleção de estado: "Selecione o estado" com um menu suspenso.
- Nome do município: campo de texto.
- População: campo de texto.
- Ano de caracterização: campo de texto.
- Informe a porcentagem do seguinte componente: "Matéria Orgânica" com um campo de texto e o símbolo "%".
- Botões de ação: "VOLTAR" e "Adicionar mais componentes".

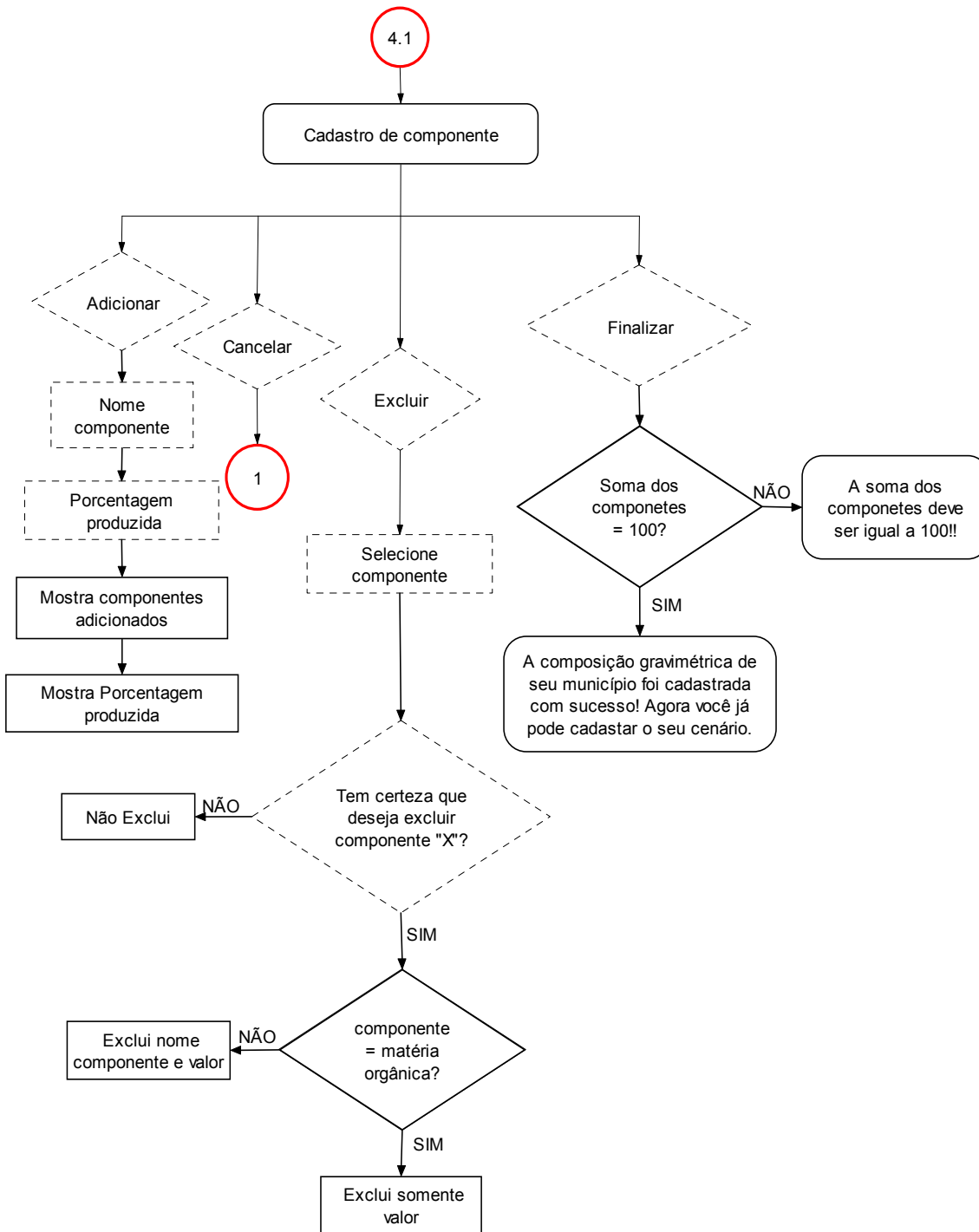
**Figura 10.7: Representação da tela “Cadastro da composição gravimétrica” caso esta seja conhecida**

Cadastro de Componentes		X
<b>Componentes cadastrados para: nome do município</b>		
Componente	<input type="text"/>	<b>ADICIONAR</b>
% produzida	<input type="text"/> %	
<b>Componentes adicionados</b>		
Matéria Orgânica	<input type="text"/> %	<b>CANCELAR</b> <b>EXCLUIR</b> <b>FINALIZAR</b>
Papel/Papelão	<input type="text"/> %	

**Figura 10.8: Representação da tela “Cadastro de componente” caso a composição gravimétrica seja conhecida**



**Figura 10.9: Fluxograma referente às telas “Composição Gravimétrica” e “Cadastro da composição gravimétrica”.**



**Figura 10.10: Fluxograma referente à tela “Cadastro de componentes”**

As Figuras 10.11 a 10.13 mostram a seqüência de telas de ação caso a composição gravimétrica do município não for conhecida (Figura 10.6) e, a Figura 10.14 mostra o fluxograma de decisão destas telas.

The screenshot shows a dialog box titled "Valores de Referência" with a close button (X) in the top right corner. It has two tabs: "Dados do município" (selected) and "Valores de referência". Under the "Dados do município" tab, there are four input fields: "Selecione a região" (dropdown), "Selecione o estado" (dropdown), "Nome do município" (text), and "População" (text) followed by "hab". A "CANCELAR" button is located at the bottom right.

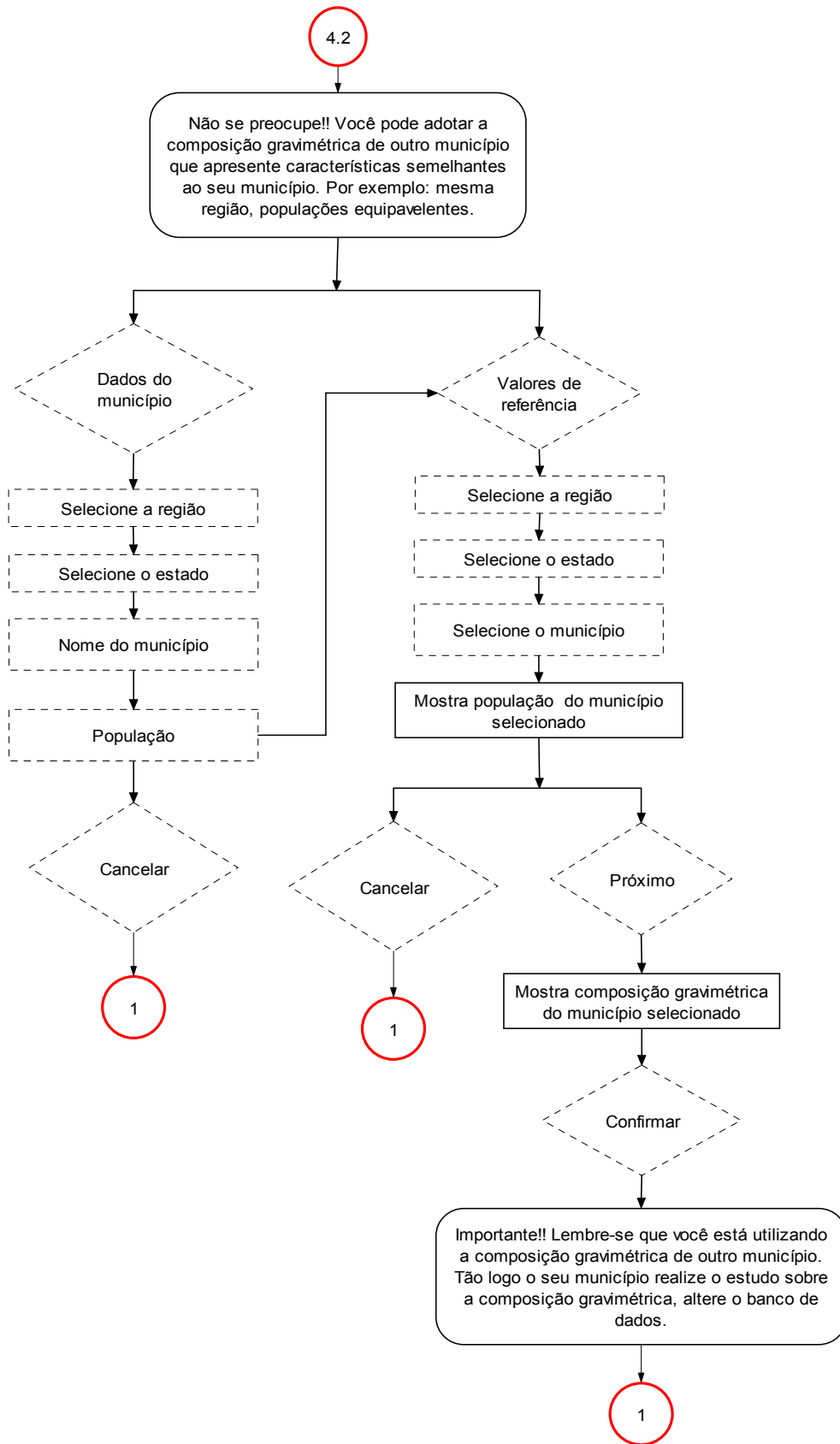
**Figura 10.11: Representação da tela “Valores de Referência – Dados do município” caso a composição gravimétrica não seja conhecida**

The screenshot shows the same dialog box, but with the "Valores de referência" tab selected. The "Dados do município" tab is now dimmed. The text "Selecione o município no qual deseja obter os valores de" is displayed above the "Selecione a região" dropdown, which is set to "SUDESTE". The "Selecione o estado" dropdown is set to "São Paulo". Below these, the following information is displayed: "Município: São Carlos", "População: 192998 hab", and "Ano da" followed by "1989". At the bottom of the dialog, there are four navigation buttons (left, left, right, right) and two main buttons: "CANCELAR" and "PRÓXIMO".

**Figura 10.12: Representação da tela “Valores de referência” caso a composição gravimétrica não seja conhecida**

The screenshot shows a dialog box titled "COMPOSIÇÃO DA CIDADE DE REFERÊNCIA". It contains the text "Referências da cidade de “São Carlos”" followed by a list of materials and their corresponding percentage input fields: "Papel/Papelão", "Vidro", "Plástico", "Metal", "Matéria Orgânica", and "Outros", each followed by a text box and a "%" symbol. At the bottom, there are two buttons: "VOLTAR" and "CONFIRMAR".

**Figura 10.13: Representação da tela “Valores de referência – cidade de referência” caso a composição gravimétrica não seja conhecida**



**Figura 10.14:** Fluxograma referente à seqüência de telas quando a composição gravimétrica não é conhecida

### 10.2.2 Bloco Composição Gravimétrica: Alterar Composição

As Figuras 10.15 e 10.16 ilustram a seqüência de telas de ação da opção “Alterar Composição”. A Figura 10.17 mostra o fluxograma referente a estas telas.

The screenshot shows a dialog box titled "Alterar composição gravimétrica" with a close button (X) in the top right corner. The main content area contains the following elements:

- Text: "Selecione a cidade que deseja atualizar"
- Text: "Selecione a região" followed by a dropdown menu showing "SUDESTE".
- Text: "Selecione o estado" followed by a dropdown menu showing "São Paulo".
- Text: "Município: São Carlos"
- Text: "População: 192998 hab"
- Four navigation buttons: two left-pointing arrows and two right-pointing arrows.
- Two action buttons at the bottom: "FINALIZAR" and "CONTINUAR".

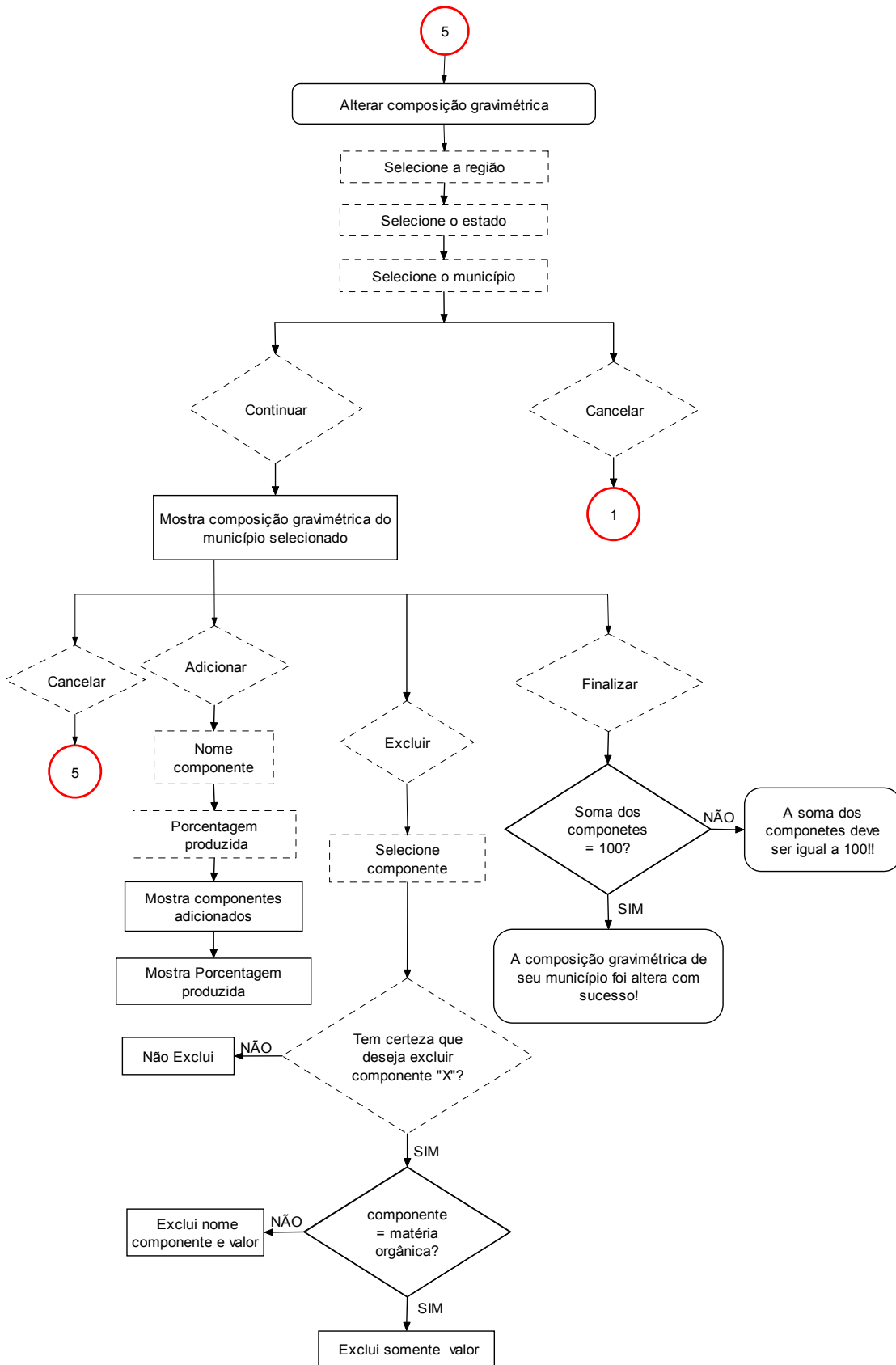
**Figura 10.15: Representação da “Alterar composição gravimétrica”**

The screenshot shows a dialog box titled "Alteração de componentes" with a close button (X) in the top right corner. The main content area contains the following elements:

- Text: "Componentes cadastrados para: São Carlos"
- Text: "Componente" followed by an empty input field.
- Text: "% produzida" followed by an empty input field and a "%" symbol.
- Text: "Adicionar" button.
- Text: "Componentes adicionados"
- Text: "Matéria Orgânica" followed by an input field containing "56," and a "%" symbol.
- Text: "Papel/Papelão" followed by an input field containing "21," and a "%" symbol.
- Text: "Vidro" followed by an input field containing "1,4".
- Text: "Plástico" followed by an input field containing "8,5".
- Text: "Metal" followed by an input field containing "5,4".
- Text: "Outros" followed by an input field containing "6,7".
- Three action buttons at the bottom: "CANCELAR", "EXCLUIR", and "FINALIZAR".

**FIGURA 10.16: Representação da tela “Alteração de componentes”**



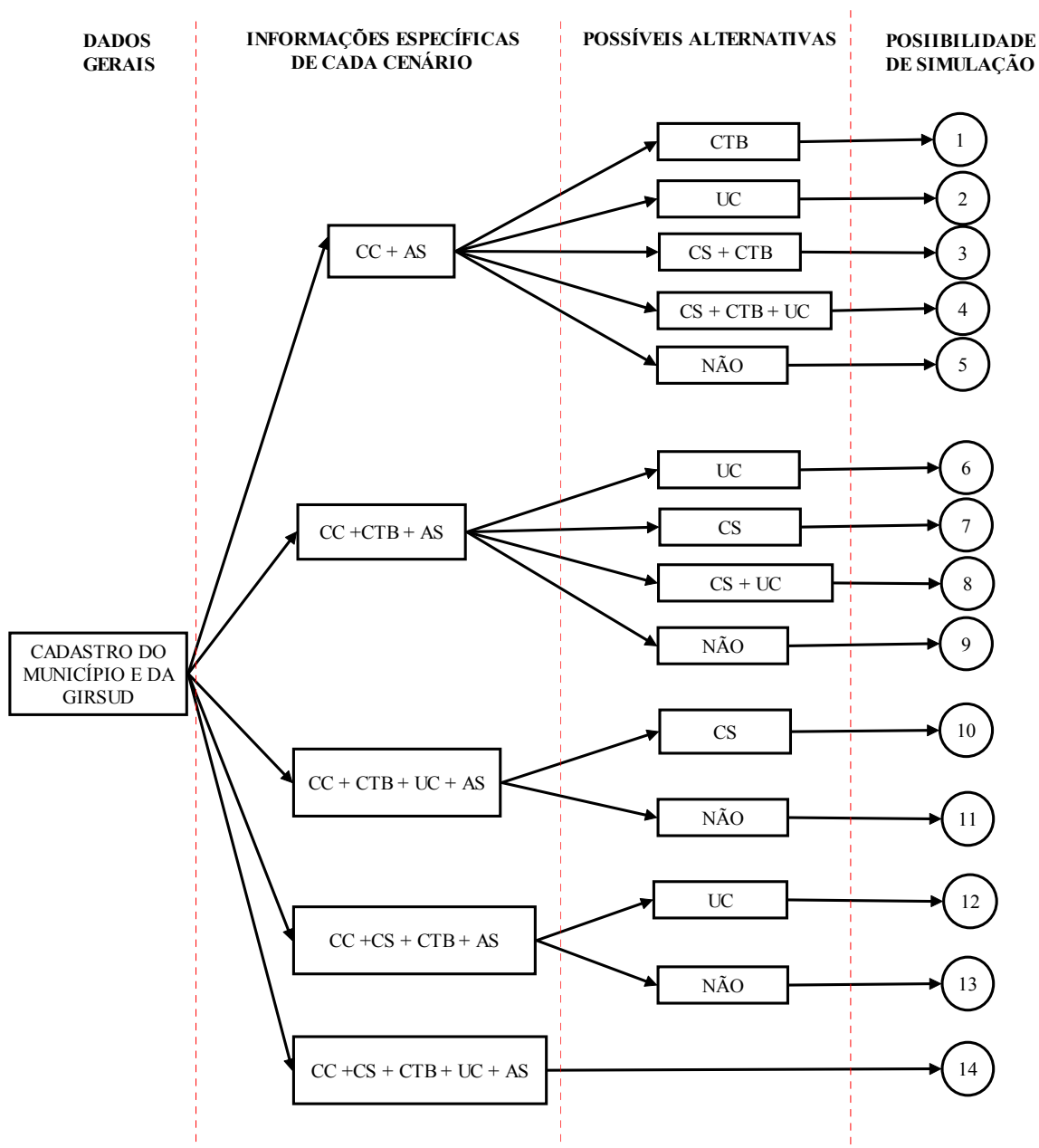


**Figura 10.17: Fluxograma referente às telas “Alterar composição gravimétrica” e “Alteração de componentes”**

### 10.3. Bloco Cenário

A Figura 10.1. mostrou que o bloco *Cenário* está dividido em três opções: *Novo Cenário*, *Nova Simulação* e *Sair*.

A Figura 10.18 mostra o esquema geral da opção *Novo Cenário* e *Nova Simulação*.



**Figura 10.18:** Esquema geral da opção Novo cenário e Nova simulação

A etapa *Dados Gerais e Informações específicas de cada cenário* são informações requeridas pela opção *Novo Cenário* sendo de preenchimento obrigatório a todos os cenários.

A etapa *Possíveis alternativas e Possibilidades de Simulação* pertencem a opção *Nova Simulação* sendo que a seqüência de telas a serem preenchidas dependerá da alternativa que foi acrescentada ao sistema, ou seja, se a alternativa selecionada for CTB então o SAD entenderá que o caminho “X” deverá ser seguido.

Observando a Figura 10.18 nota-se que o SAD desenvolvido permite que sejam avaliados até 14 tipos diferentes de cenários.

### **10.3.1. Bloco Cenário: Novo Cenário**

A opção *Novo Cenário* refere-se ao cadastramento do cenário requerendo informações tais como: seleção do município, população, informações sobre o cenário atual de gestão, produção e composição gravimétrica dos RSD e dados sobre o aterro sanitário.

A opção *Novo* é dividida em: Dados gerais, Cenário atual de gestão de RSD, Produção e composição dos RSD e aterro sanitário. Estas informações são necessárias para qualquer tipo de cenário: CC + AS, CC + CTB + AS, CC + CTB + UC + AS, CC + CS + CTB + AS e CC + CS + CTB + UC + AS.

Determinados cenários podem apresentar informações que são exclusivas. Por exemplo, para o cenário CC + CTB + AS é necessário aparecer informações sobre a quantidade de resíduos enviados para uma central de triagem e beneficiamento e o preço médio de comercialização praticado.

Tendo em vista a explicação supracitada optou-se por trabalhar em módulos, ou seja, cada tipo de cenário de GIRSUD constitui-se um módulo, que pode ser dividido em sub módulos conforme, seja ou não, acrescentado uma nova alternativa de GIRSUD. Esta decisão foi tomada, a fim de otimizar o desempenho do programa, pois deste modo a complexidade do sistema não é aumentada.

O Quadro 10.2 ilustra os cenários divididos em módulos e os sub módulos possíveis para cada cenário.

**QUADRO 10.2: Divisão dos cenários em módulos**

<b>MÓDULO</b>	<b>CENÁRIO ATUAL</b>	<b>NOVA ALTERNATIVA</b>	<b>CENÁRIO FUTURO (SUB MÓDULO)</b>
<b>1</b>	CC + AS	- não - CTB - CTB + UC - CS + CTB - CS + CTB + UC	a) CC + AS b) CC + CTB + AS c) CC + CTB + UC + AS d) CC + CS + CTB + AS e) CC + CS + CTB + UC + AS
<b>2</b>	CC + CTB + AS	- não - UC - CS - CS + UC	a) CC + CTB + AS b) CC + CTB + UC + AS c) CC + CS + CTB + AS d) CC + CS + CTB + UC + AS
<b>3</b>	CC + CTB + UC + AS	- não - CS	a) CC + CTB + UC + AS b) CC + CS + CTB + UC + AS
<b>4</b>	CC + CS + CTB + AS	- não - UC	a) CC + CS + CTB + AS b) CC + CS + CTB + UC + AS
<b>5</b>	CC + CS + CTB + UC + AS	- não	a) CC + CS + CTB + UC + AS

FONTE: O AUTOR

No caso do Bloco Cenário, não foi possível desenvolver todos os 5 módulos, devido à restrições financeiras, prazos de entrega e problemas com o primeiro programador (desistiu de concluir), tendo que optar por desenvolver somente um deles.

O módulo escolhido foi o primeiro (CC+AS), que corresponde aos municípios cujo sistema de limpeza urbana coletam os resíduos misturados e encaminham-no para uma destinação final, cenário este abundante nos municípios brasileiros.

As telas de ação e seus respectivos fluxogramas de decisão pertinente aos outros módulos (2, 3 ,4 e 5) foram elaborados na dissertação mas não constam no software.

As rotinas de cálculo e o modelo de relatório são exclusivos do módulo desenvolvido, ou seja, CC+AS.

### 10.3.1.1. Dados Gerais

A representação da tela *Dados Gerais* pode ser observada na Figura 10.19. Nesta tela é solicitado para o usuário selecionar a cidade a qual se deseja cadastrar o cenário. Caso o usuário não encontre o nome da cidade disponível na listagem ele deverá cadastrar os dados do município e outras informações no Composição Gravimétrica. A Figura 10.20 mostra o fluxograma de decisão referente a esta tela.

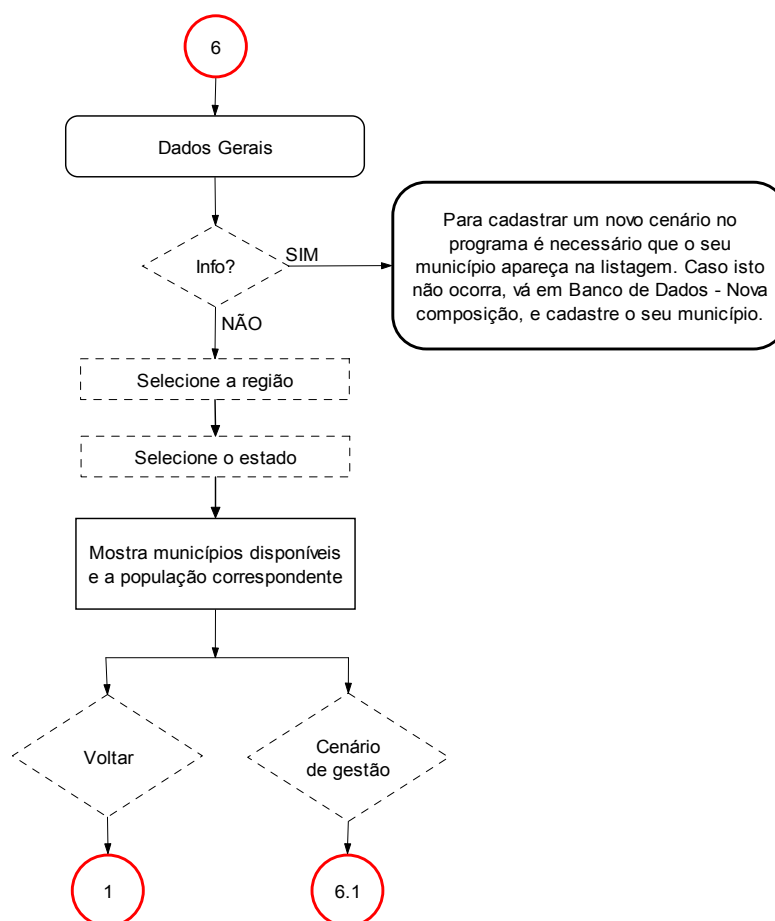
É importante salientar que nas telas de ação há dois tipos de campos para serem preenchidos. O primeiro deles corresponde aos dados que devem ser informados pelo usuário e é identificado pela borda preta. O outro campo, destacado em borda vermelha, corresponde aos dados calculados pelo programa.

A imagem mostra a interface de usuário para a criação de um novo cenário. O título da janela é "NOVO CENÁRIO" com um ícone de fechar "X" no canto superior direito. Abaixo do título, há uma barra de navegação com quatro abas: "Dados Gerais" (destacada em preto), "Cenário de Gestão", "Produção e Composição" e "Aterro sanitário".

Dentro da aba "Dados Gerais", há o seguinte conteúdo:

- Texto: "Escolha a cidade para a qual você deseja criar um novo cenário" seguido de um ícone de ajuda "?".
- Texto: "Selecione a região e o estado para obter a lista de cidades".
- Dois campos de seleção: "Selecione a região" e "Selecione o estado", ambos com menus suspensos.
- Dados calculados (destacados em vermelho): "Município: São Carlos" e "População: 192998 hab".
- Quatro botões de navegação: um ícone de barra de reprodução, dois ícones de seta para trás e dois ícones de seta para frente.
- Botão "VOLTAR" no canto inferior direito.

Figura 10.19: Representação da Tela “Novo Cenário – Dados Gerais”



**Figura 10.20: Fluxograma referente à tela “Novo Cenário – Dados Gerais”**

### 10.3.1.2. Cenário Atual de Gestão

A representação da tela *Cenário de Gestão* pode ser observada na Figura 10.21. Nesta tela é solicitado ao usuário indicar o nome do cenário, o destino final dos RSD, o ano atual e, se quiser, fazer uma breve descrição do cenário. É solicitado também ao usuário selecionar o cenário atual de gestão dos RSD, escolhendo entre as cinco opções disponíveis. Caso o usuário não entenda as siglas utilizadas, há disponível um botão de dúvida que traduz as siglas e descreve sucintamente cada cenário. A Figura 10.22 mostra o fluxograma de decisão referente a esta tela.

**NOVO CENÁRIO** X

**Dados Gerais**   **Cenário de Gestão**   **Produção e Composição**   **Aterro sanitário**

Nome do cenário  ?

Destino dos RSD  ▼

Ano atual

Descrição do cenário ?

Selecione o cenário de gestão atual ?

- CC + AS
- CC + CTB + AS
- CC + CTB + UC + AS
- CC + CS + CTB + AS
- CC + CS + CTB + UC + AS

**Figura 10.21: Representação da tela “Novo Cenário – Cenário de Gestão”**

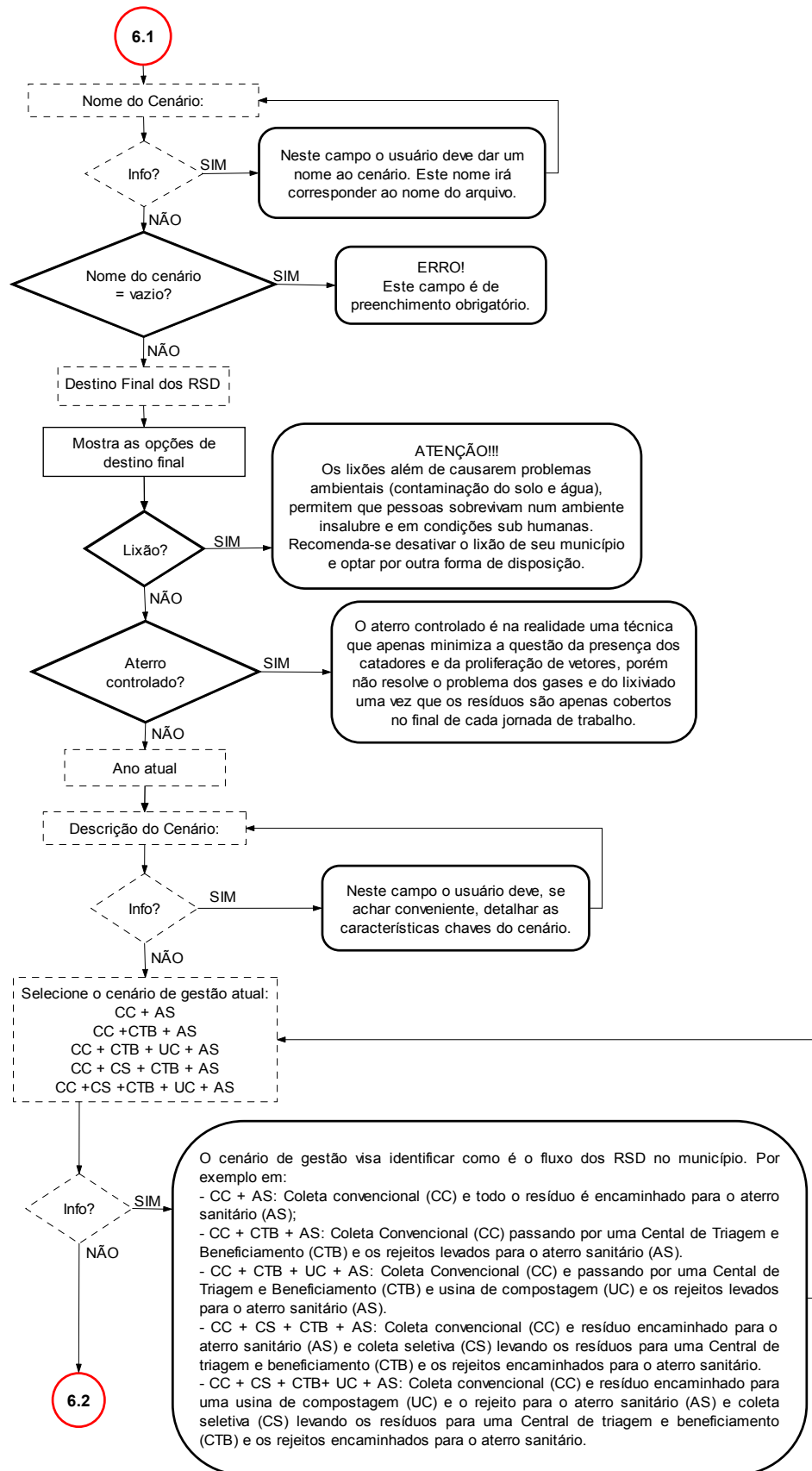


Figura 10.22: Fluxograma referente à tela “Novo Cenário – Cenário de Gestão”



### 10.3.1.3. Produção e Composição dos RSD

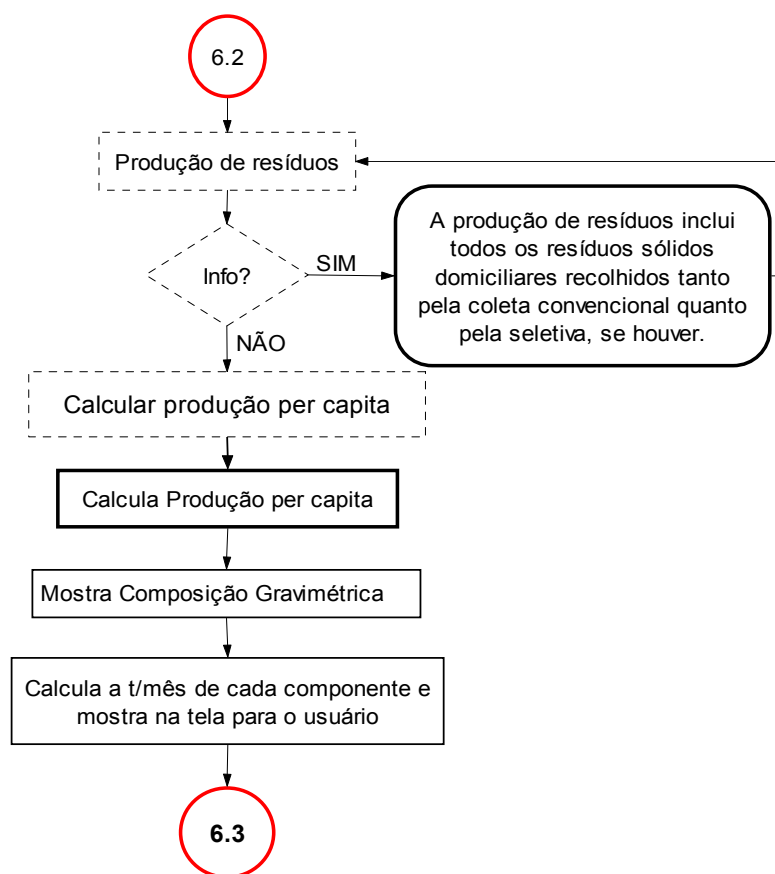
A Figura 10.23 mostra a representação da tela *Produção e Composição*. Nesta tela é solicitado para o usuário digitar a quantidade de resíduos produzidos no município, ou seja, é a quantidade de resíduos coletada tanto pela coleta convencional quanto pela coleta seletiva.

Depois de inserido este dado, o usuário deve clicar no botão “Calcular” para saber qual é produção per capita e a composição gravimétrica em peso dos RSD. A composição gravimétrica dos RSD vem do banco de dados do programa onde estão registradas todas as composições gravimétricas dos municípios.

A Figura 10.24 mostra o fluxograma de decisão referente a esta tela.

NOVO CENÁRIO							
Dados Gerais		Cenário de Gestão		Produção e Composição		Aterro sanitário	
Produção de Resíduos	<input type="text"/>	t/mês	Calcular			?	
Produção Per Capita	<input type="text"/>	Kg/hab.dia					
<b>Composição Gravimétrica em peso dos RSD</b>							
Papel/Papelão	<input type="text"/>	%	<input type="text"/>	t/mês			
Vidro	<input type="text"/>	%	<input type="text"/>	t/mês			
Plástico	<input type="text"/>	%	<input type="text"/>	t/mês			
Metal	<input type="text"/>	%	<input type="text"/>	t/mês			
Matéria Orgânica	<input type="text"/>	%	<input type="text"/>	t/mês			
Outros	<input type="text"/>	%	<input type="text"/>	t/mês			

**Figura 10.23: Representação da tela “Novo Cenário – Produção e Composição”**



**Figura 10.24: Fluxograma referente “Novo Cenário – Produção e Composição”**

#### 10.3.1.4. Aterro Sanitário

A Figura 10.25 mostra a representação da tela *Aterro Sanitário*. Nesta tela é solicitado para o usuário informar o volume disponível do aterro sanitário, o índice de compactação e o volume de cobertura. Caso o usuário não conheça os dois últimos valores, há disponível um botão de dúvida que mostra os valores comumente adotados, que pode servir como referência. A Figura 10.26 mostra o fluxograma de decisão referente a esta tela.

NOVO CENÁRIO		X
Dados Gerais	Cenário de Gestão	Produção e Composição
<b>Aterro sanitário</b>		
Características do aterro sanitário ?		
Volume disponível no aterro sanitário	<input type="text"/>	m <sup>3</sup>
Índice de compactação	<input type="text"/>	t/m <sup>3</sup>
Volume de cobertura	<input type="text"/>	%
<b>FINALIZAR</b>		

Figura 10.25: Representação da tela “Novo Cenário – Aterro sanitário”

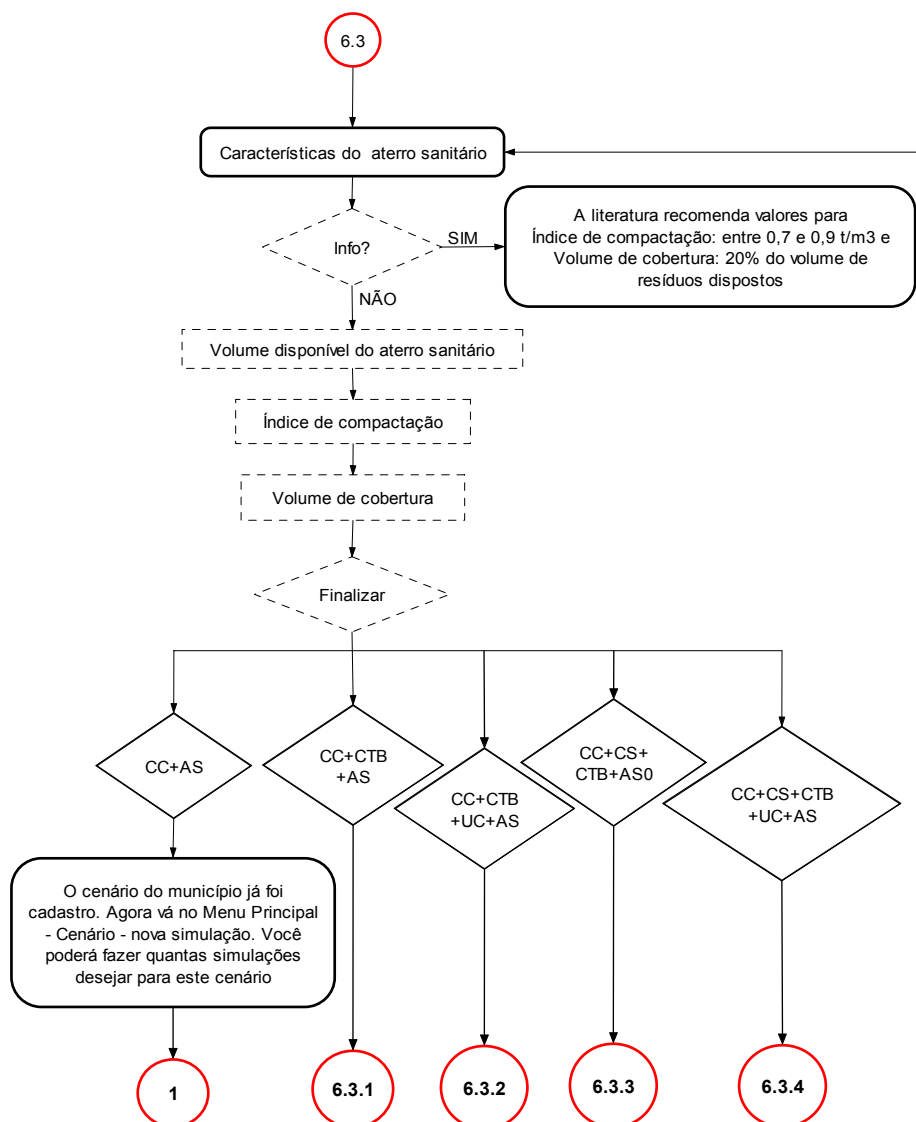


Figura 10.26: Fluxograma referente à tela “Novo Cenário – Aterro sanitário”

### 10.3.1.5. Informações Específicas

Caso o cenário de gestão atual escolhido tenha sido CC + CTB + AS, o usuário deverá preencher mais algumas telas referentes às características da central de triagem e beneficiamento. As Figuras 10.27, 10.28 mostram estas telas, e a Figura 10.29 mostra o fluxograma de decisão destas telas.

NOVO CENÁRIO: CC + CTB + AS

**Central de Triagem e Beneficiamento**

Quantidade de Resíduos encaminhados para a CTB  t/mês

**Quantidade de cada resíduo**

Papel branco  t/mês  %

Vidro  t/mês  %

Papelão  t/mês  %

**Quantidade de rejeito**  t/mês

VOLTA Adicionar resíduos FINALIZAR

**Figura 10.27: Representação da tela “Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CTB + AS**

**Adicionar resíduos** X

Resíduo

Quantidade  t/mês

**Resíduos adicionados**

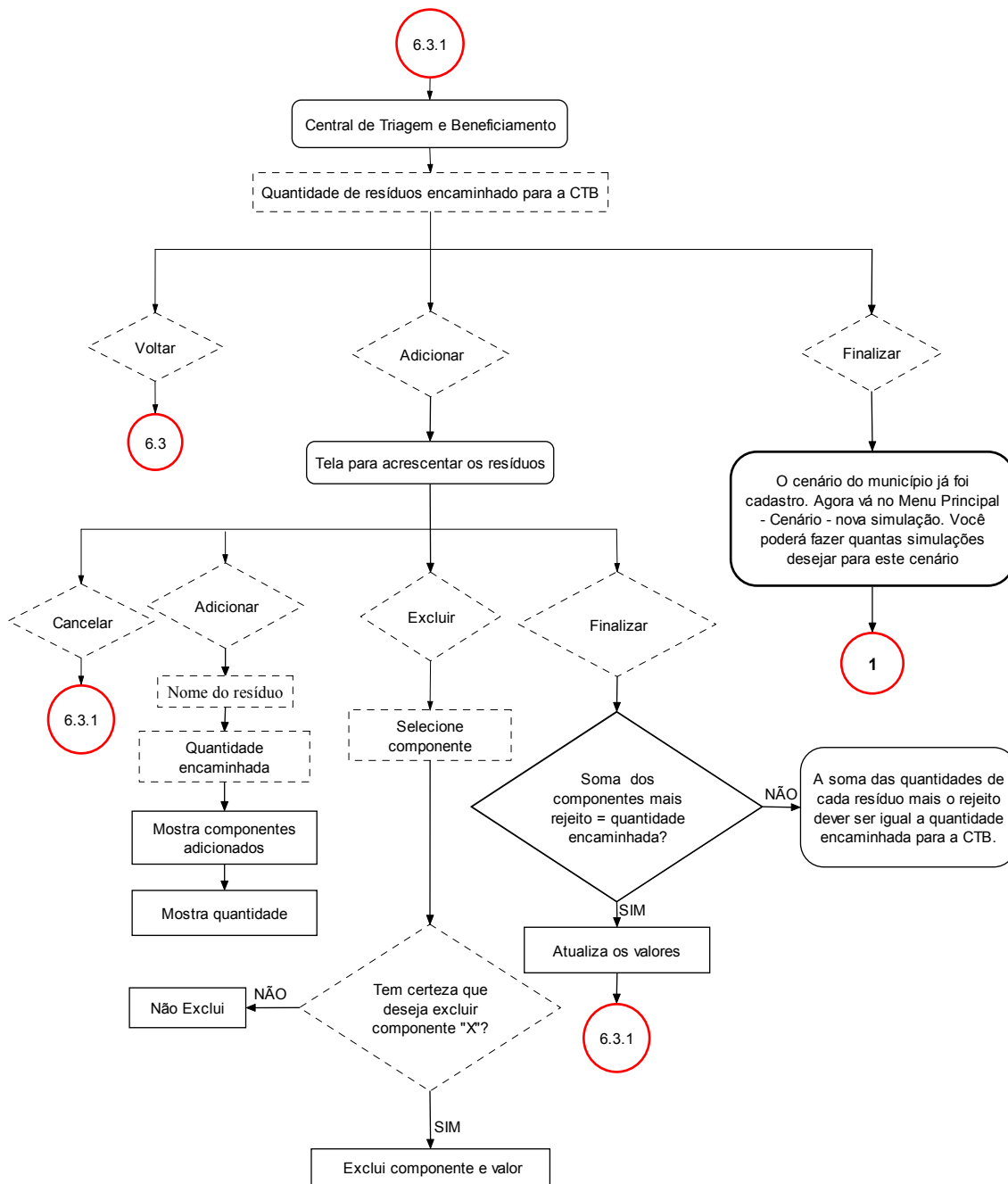
Papel branco  t/mês

Vidro  t/mês

Papelão  t/mês

CANCELAR EXCLUIR FINALIZAR

**Figura 10.28: Representação da tela “Adicionar resíduos”**



**Figura 10.29: Fluxograma referente às telas “Central de Triagem e Beneficiamento” e “Adicionar resíduos”**

Caso o cenário de gestão atual escolhido tenha sido CC + CTB + UC + AS, o usuário deverá preencher mais algumas telas referentes às características da central de triagem e beneficiamento e à usina de compostagem. As Figuras 10.30 e 10.31 mostram estas telas, e a Figura 10.32 mostra o fluxograma de decisão destas telas.

NOVO CENÁRIO: CC + CTB + UC + AS X

**Central de Triagem e Beneficiamento**

**Usina de Compostagem**

Quantidade de Resíduos encaminhados para a CTB  t/mês

**Quantidade de cada resíduo**

Papel branco  t/mês  %

Vidro  t/mês  %

Papelão  t/mês  %

Quantidade de rejeito  t/mês

VOLTAR
Adicionar resíduos
FINALIZAR

**Figura 10.30: Representação da tela “Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CTB + UC + AS**

**Adicionar resíduos** X

Resíduo

Quantidade  t/mês ADICIONAR

**Resíduos adicionados**

Papel branco  t/mês

Vidro  t/mês

Papelão  t/mês

CANCELAR
EXCLUIR
FINALIZAR

**Figura 10.31: Representação da tela “Adicionar resíduos”**

NOVO CENÁRIO: CC + CTB + UC + AS X

**Central de Triagem e Beneficiamento**

**Usina de Compostagem**

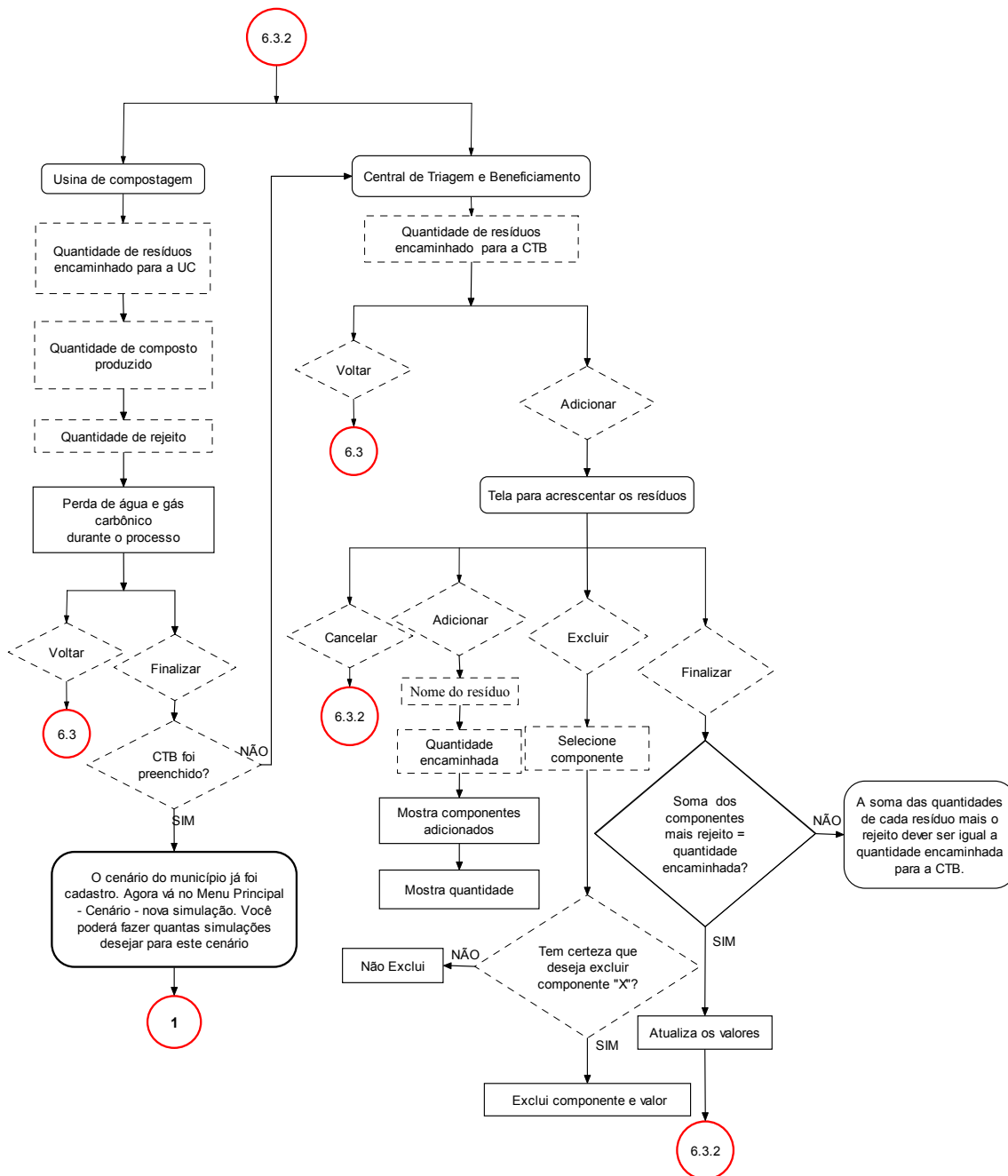
Quantidade de Resíduos encaminhados para a UC  t/mês

Quantidade de rejeito produzido  t/mês

Quantidade de composto produzido  t/mês

VOLTAR
Adicionar resíduos
FINALIZAR

**Figura 10.32: Representação da tela “Usina de Compostagem” para Novo Cenário: CC + CTB + UC + AS**



**Figura 10.33:** Fluxograma referente às telas “Central de triagem e beneficiamento”, “adicionar resíduos” e “Usina de compostagem”.

Caso o cenário de gestão atual escolhido tenha sido CC + CS + CTB + AS, o usuário deverá preencher mais algumas telas referentes às características da central de triagem e beneficiamento e à usina de compostagem. As Figuras 10.33 e

10.34, mostram estas telas, e a Figura 10.35 mostra o fluxograma de decisão destas telas.

NOVO CENÁRIO: CC + CS + CTB + AS

**Coleta Seletiva e Central de Triagem e Beneficiamento**

Quantidade de resíduos recolhido pela coleta seletiva  t/mês

Quantidade de Resíduos encaminhados para a CTB  t/mês

**Quantidade de cada resíduo**

Papel branco  t/mês  %

Vidro  t/mês  %

Papelão  t/mês  %

Quantidade de rejeito  t/mês

VOLTAR    Adicionar resíduos    FINALIZAR

**Figura 10.33: Representação da tela “Coleta Seletiva e Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CS + CTB + AS**

**Adicionar resíduos**

Resíduo

Quantidade  t/mês **ADICIONAR**

Resíduos adicionados

Papel branco  t/mês

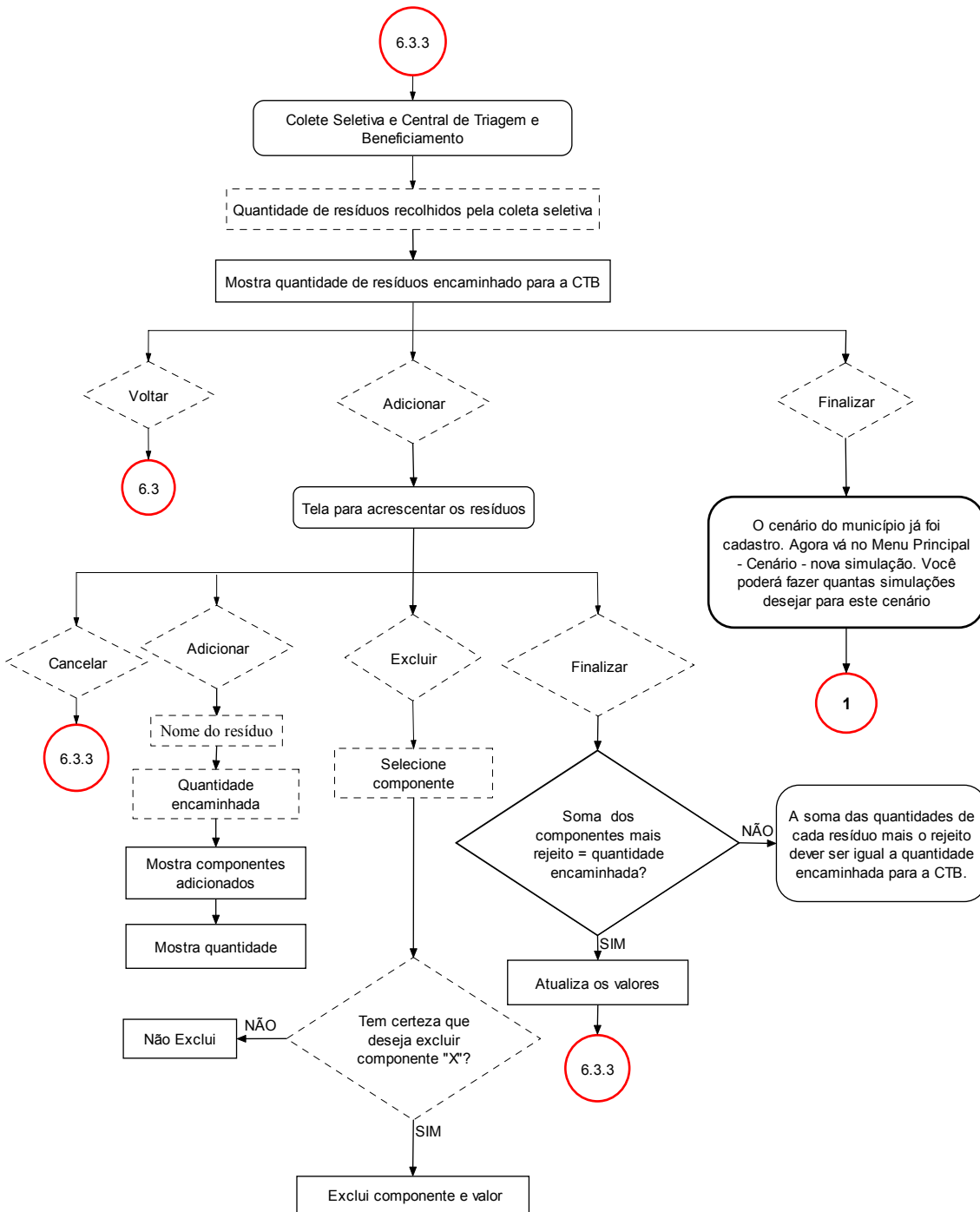
Vidro  t/mês

Papelão  t/mês

**CANCELAR    EXCLUIR    FINALIZAR**

**Figura 10.34: Representação da tela “Adicionar resíduos”**





**Figura 10.35: Fluxograma referente às telas “Coleta seletiva e central de triagem e beneficiamento” e “Adicionar resíduos”.**

Caso o cenário de gestão atual escolhido tenha sido CC + CS + CTB +4 UC + AS, o usuário deverá preencher mais algumas telas referentes às características da central de triagem e beneficiamento e à usina de compostagem. As Figuras 10.36, 10.37 e 10.38, mostram estas telas, e a Figura 10.39 mostra o fluxograma de decisão destas telas.

The screenshot shows a window titled "NOVO CENÁRIO: CC + CTB + UC + AS" with a close button (X). The window is divided into two sections: "Coleta Seletiva e Central de Triagem e Beneficiamento" and "Usina de Compostagem".

Under "Coleta Seletiva e Central de Triagem e Beneficiamento", there are the following input fields:

- Quantidade de resíduos recolhido pela coleta seletiva:  t/mês
- Quantidade de Resíduos encaminhados para a CTB:  t/mês
- Quantidade de cada resíduo**
  - Papel branco:  t/mês  %
  - Vidro:  t/mês  %
  - Papelão:  t/mês  %
- Quantidade de rejeito:  t/mês

At the bottom, there are three buttons: "VOLTAR", "Adicionar resíduos", and "FINALIZAR".

**Figura 10.36: Representação da tela “Coleta Seletiva e Central de triagem e beneficiamento” para Novo Cenário: CC + CS + CTB + UC + AS**

The screenshot shows a window titled "Adicionar resíduos" with a close button (X).

It contains the following input fields and buttons:

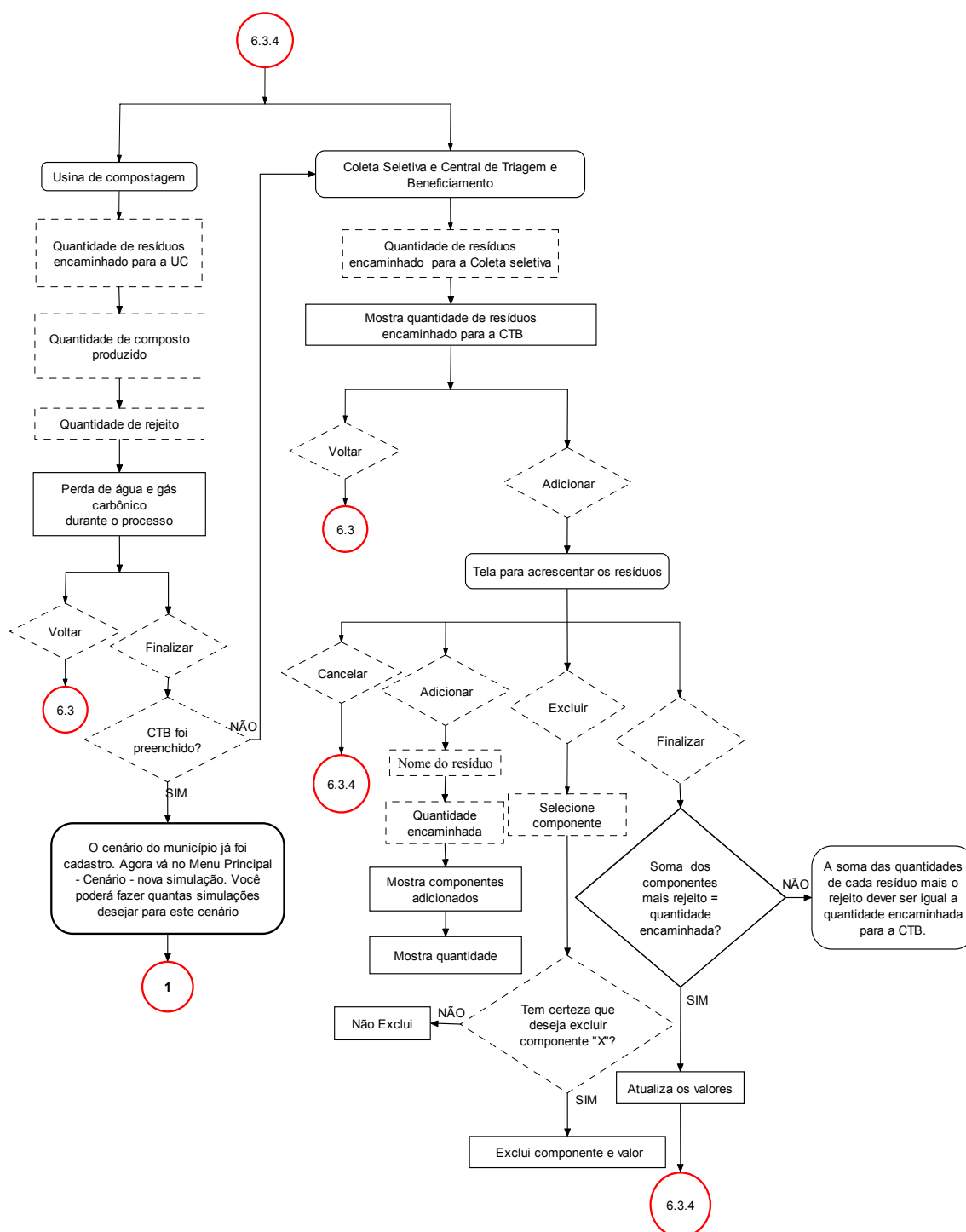
- Resíduo:
- Quantidade:  t/mês
- Resíduos adicionados**
  - Papel branco:  t/mês
  - Vidro:  t/mês
  - Papelão:  t/mês

At the bottom, there are three buttons: "CANCELAR", "EXCLUIR", and "FINALIZAR".

**Figura 10.37: Representação da tela “adicionar resíduos”**

The image shows a software window titled "NOVO CENÁRIO: CC + CS + CTB + UC + AS" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two main sections: "Coleta Seletiva e Central de Triagem e Beneficiamento" on the left and "Usina de Compostagem" on the right. Below these sections, there are three input fields for data entry, each followed by the unit "t/mês":  
1. "Quantidade de Resíduos encaminhados para a UC" with an empty text box.  
2. "Quantidade de composto produzido" with an empty text box.  
3. "Quantidade de rejeito produzido" with an empty text box.  
At the bottom of the window, there are two buttons: "VOLTAR" on the left and "FINALIZAR" on the right.

**Figura 10.38: Representação da tela “Usina de Compostagem” para Novo Cenário: CC + CS + CTB + UC + AS**



**Figura 10.39:** Fluxograma referente às telas “Coleta seletiva e central de triagem e beneficiamento”, “Adicionar resíduos” e “Usina de compostagem”.

### 10.3.2. Bloco Cenário: Nova Simulação

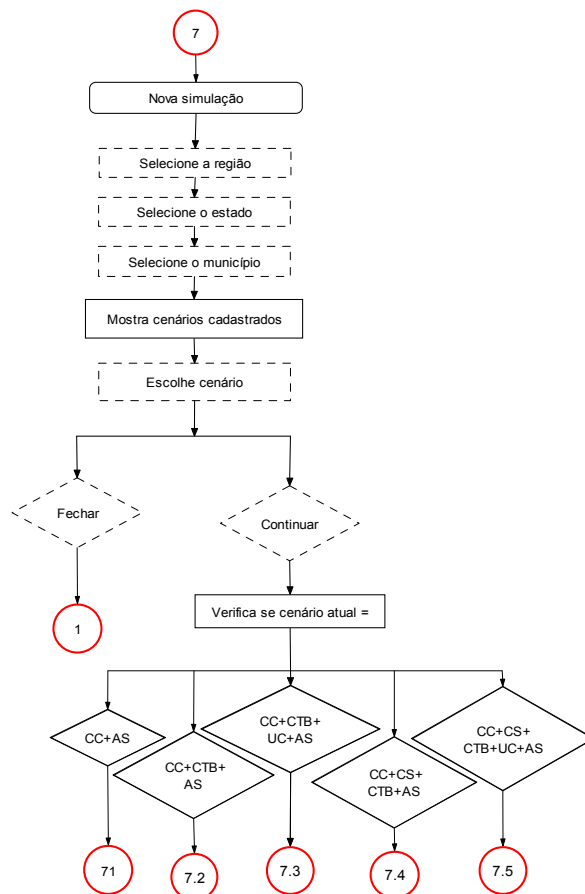
A opção *Nova Simulação* refere-se aos critérios de simulação do cenário, e solicita informações tais como: tempo da simulação, introdução ou não de nova

alternativa de gestão, após quantos anos esta alternativa será implementada, eficiência inicial da alternativa, evolução desta eficiência, taxa de crescimento da população, variação ou não da produção per capita, custo de coleta e transporte, custo de disposição, custos de operação da alternativa e receita de vendas quando houver.

As Figuras 10.40 e 10.41 mostram respectivamente a primeira tela referente à opção *Nova Simulação* e o fluxograma pertinente a esta tela.

A imagem mostra a interface de usuário para a tela "Nova Simulação". No topo, há um título "Nova Simulação" e um ícone de fechar (X). Abaixo, há quatro campos de seleção com setas para baixo: "Selecione a região", "Selecione o estado", "Selecione a cidade" e "Cenários". Na base da interface, há dois botões: "FECHAR" e "CONTINUAR".

**Figura 10.40: Representação da Tela “Nova Simulação”**



**Figura 10.41: Fluxograma referente à tela “Nova Simulação”**

### 10.3.2.1. Cenário atual: CC + AS

As Figuras 10.42 e 10.43 ilustram, respectivamente, a primeira tela de simulação referente ao cenário atual CC + AS e o fluxograma pertinente a esta tela. Em seguida, são mostradas as próximas telas de simulação.

**Cenário Atual: CC + AS** X

Simulação do cálculo da vida útil do aterro sanitário

Nome da simulação

Para quantos anos será a simulação?  ?

Taxa de crescimento da população  % a.a

**A produção per capita de resíduos será:** ?

Constante  Kg/hab.dia

Variável  %a.a

**Gostaria de introduzir uma nova alternativa no sistema?**

CTB

CTB + UC

CS + CTB

CS + CTB + UC

NÃO

FECHAR CONTINUAR

**Figura 10.42: Representação da tela “Cenário atual: CC + AS”**

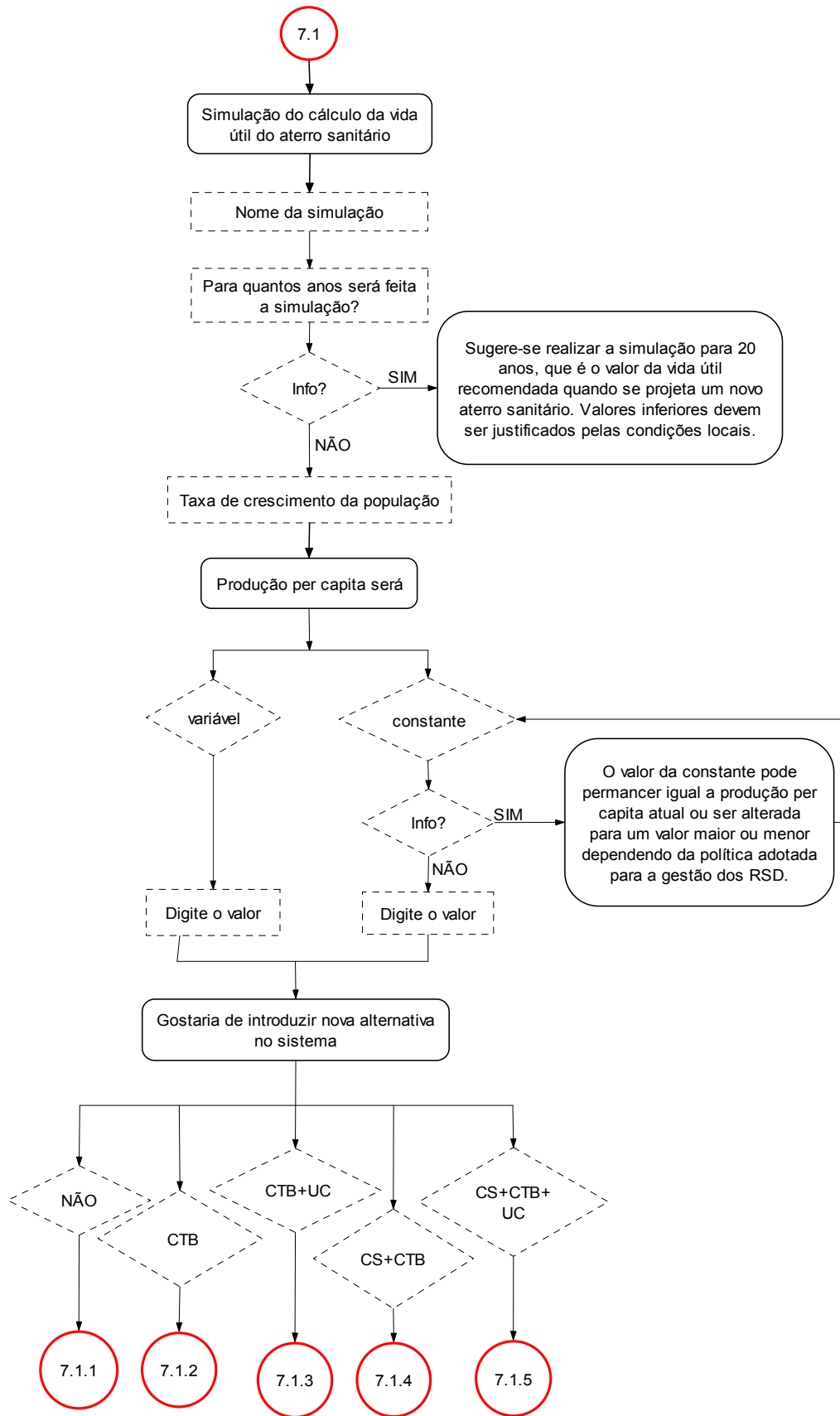
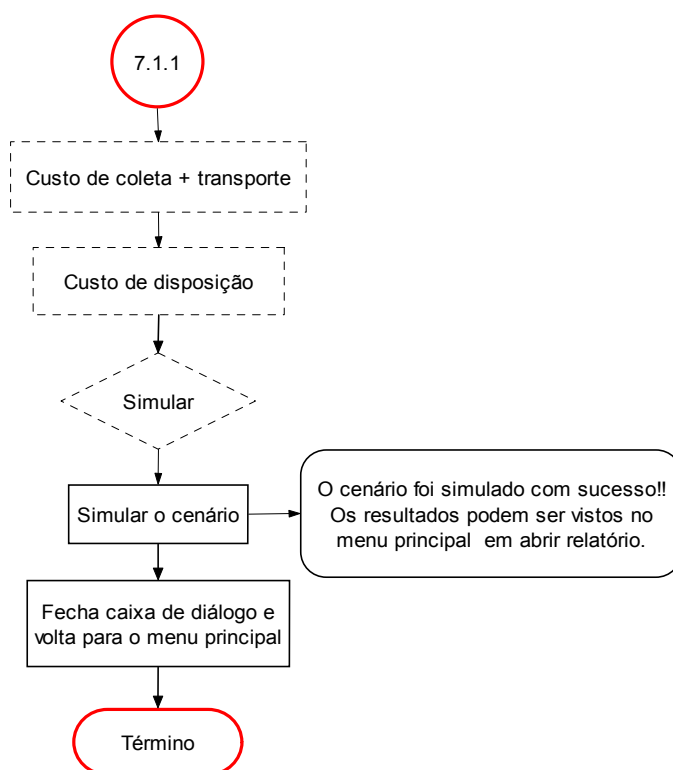


Figura 10.43: Fluxograma referente à tela “Cenário Atual: CC + AS”

Como apresentada na Figura 10.43, a seqüência de telas a ser seguida dependerá da alternativa acrescentada. Caso não seja acrescentada nenhuma alternativa a única tela ser preenchida é com relação aos custos operacionais. A Figura 10.44 mostra esta tela e a Figura 10.45 o fluxograma da mesma.

**Figura 10.44: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”**



**Figura 10.45: Fluxograma referente à tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”**



Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada seja a central de triagem e beneficiamento (CTB), o usuário será encaminhado para preencher duas telas. A primeira referente aos critérios de simulação para a nova alternativa e a segunda tela referente aos custos operacionais. As Figuras 10.46 e 10.47 mostram estas telas e na seqüência a Figura 10.48 ilustra o fluxograma referente a elas.

**Nova Alternativa: CTB** X

**Dados alternativa CTB**      **Simulação econômica simplificada**

Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?

Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?  % ?

Restrição <=  %

A evolução da eficiência será

Constante

Variável  %      Restrição <=  %

Para esta evolução a eficiência será de  %

**SIMULAR**

**Figura 10.46: Representação da tela “Nova alternativa: CTB - Dados da alternativa”**

**Nova Alternativa: CTB**

**Dados alternativa CTB**      **Simulação econômica simplificada**

Custo de coleta e transporte dos resíduos  R\$/t

Custo de disposição  R\$/t

Custo de operação da CTB  R\$/t

Preço médio de venda dos resíduos  R\$/t

**SIMULAR**

**Figura 10.47: Representação da tela “Nova alternativa:CTB – Simulação econômica simplificada”**

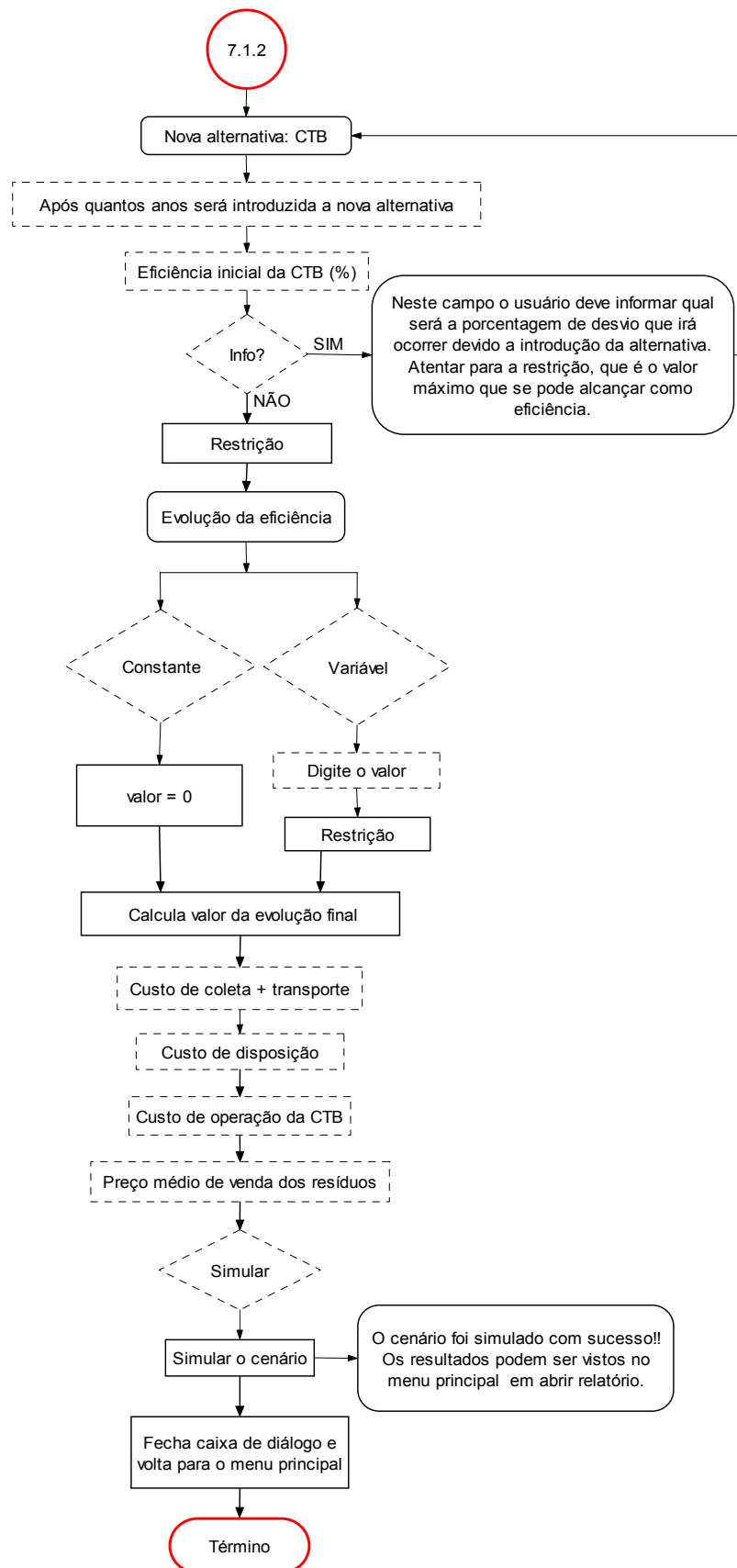


Figura 10.48: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CTB”

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a central de triagem e beneficiamento (CTB) mais a usina de compostagem (UC), o usuário será encaminhado para preencher três telas.

A primeira e a segunda referentes aos critérios de simulação para a nova alternativa, tanto CTB quanto UC e a terceira tela referente aos custos operacionais. As Figuras 10.49 10.50 e 10.51 mostram estas telas e na seqüência a Figura 10.52 ilustra o fluxograma destas telas.

Dados alternativa UC		Simulação econômica simplificada	
<b>Dados alternativa CTB</b>			
Após quantos anos será introduzida a nova			
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?			%
Restrição <=			%
A evolução da eficiência será			
<input type="radio"/> Constante			
<input type="radio"/> Variável		Restrição <=	
			%
Para esta evolução a eficiência será de			%
<b>SIMULAR</b>			

**Figura 10.49: Representação da tela “Nova alternativa: CTB + UC – Dados alternativa CTB”**

Nova Alternativa: CTB + UC		X
Dados alternativa CTB		
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?	<input type="text"/>	
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?	<input type="text"/>	%
Restrição <=	<input style="border: 1px solid red;" type="text"/>	%
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante	<input type="text"/>	
<input type="radio"/> Variável	<input type="text"/>	% Restrição <= <input style="border: 1px solid red;" type="text"/> %
Para esta evolução a eficiência será de	<input style="border: 1px solid red;" type="text"/>	%
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.50: Representação da tela “Nova alternativa CTB + UC – Dados alternativa UC”**

Nova Alternativa: CTB + UC		X
Dados alternativa CTB		
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CTB + UC	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda do composto	<input type="text"/>	R\$/t
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.51: Representação da tela “Nova alternativa CTB + UC – Simulação econômica simplificada”**

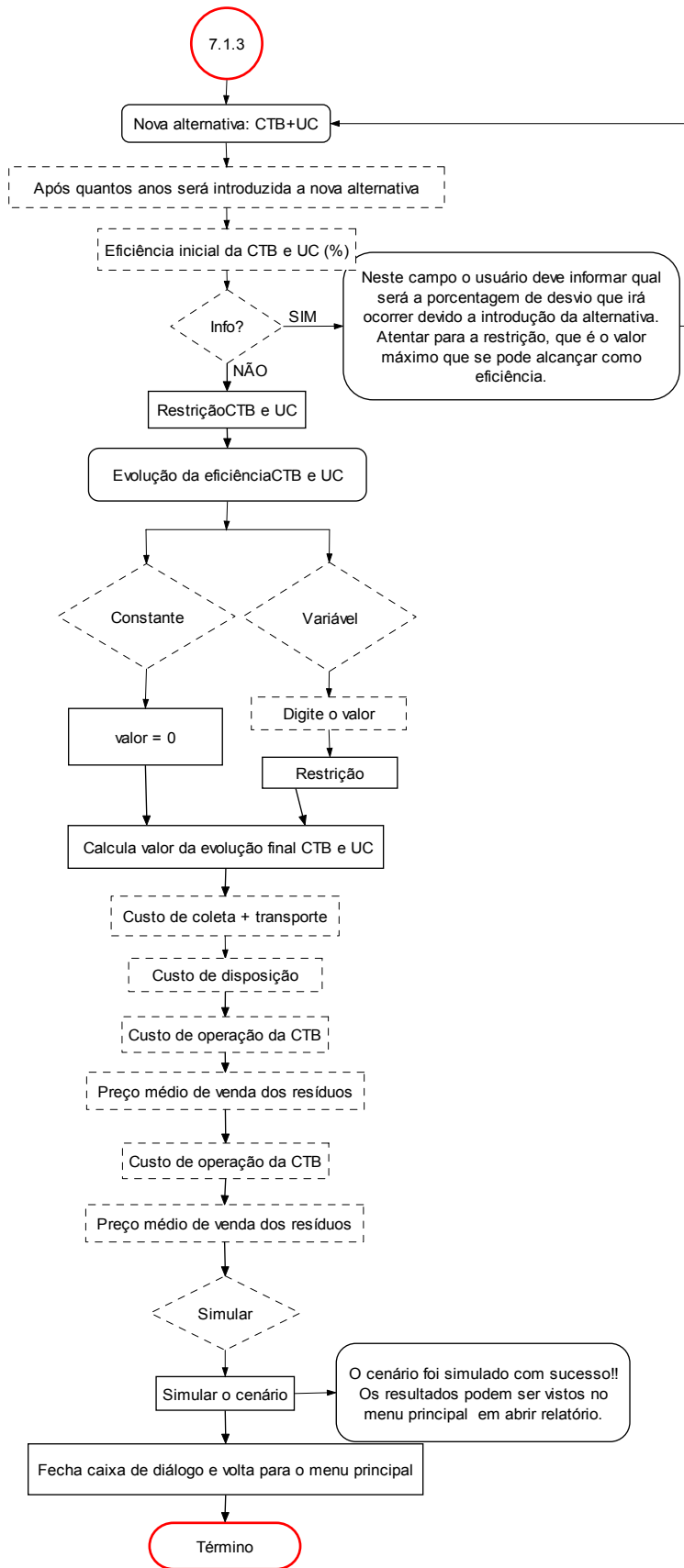


Figura 10.52: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CTB + UC”

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a central de triagem e beneficiamento (CTB) mais a coleta seletiva (CS), o usuário será encaminhado para preencher três telas.

A primeira e a segunda referentes aos critérios de simulação para as novas alternativas, CTB e CS e a terceira tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.53, 10.54 e 10.55 mostram estas telas e na seqüência a Figura 10.56 ilustra o fluxograma destas telas.

A imagem mostra uma janela de software com o título "Nova Alternativa: CS + CTB" e um botão de fechar "X". O formulário é dividido em seções:

- Uma barra superior com "Dados alternativa CS" e "Simulação econômica simplificada".
- Uma seção de cabeçalho com o título "Dados alternativa CTB".
- Formulário de entrada com os seguintes campos:
  - "Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?" com um campo de texto.
  - "Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?" com um campo de texto e o símbolo "%".
  - "Restrição <= " com um campo de texto em vermelho e o símbolo "%".
  - Uma pergunta "A evolução da eficiência será" seguida por duas opções:
    - Radio button "Constante" com um campo de texto.
    - Radio button "Variável" com um campo de texto e o símbolo "%", seguido por "Restrição <= " com um campo de texto em vermelho e o símbolo "%".
  - "Para esta evolução a eficiência será de " com um campo de texto em vermelho e o símbolo "%".
- Um botão "SIMULAR" na parte inferior direita.

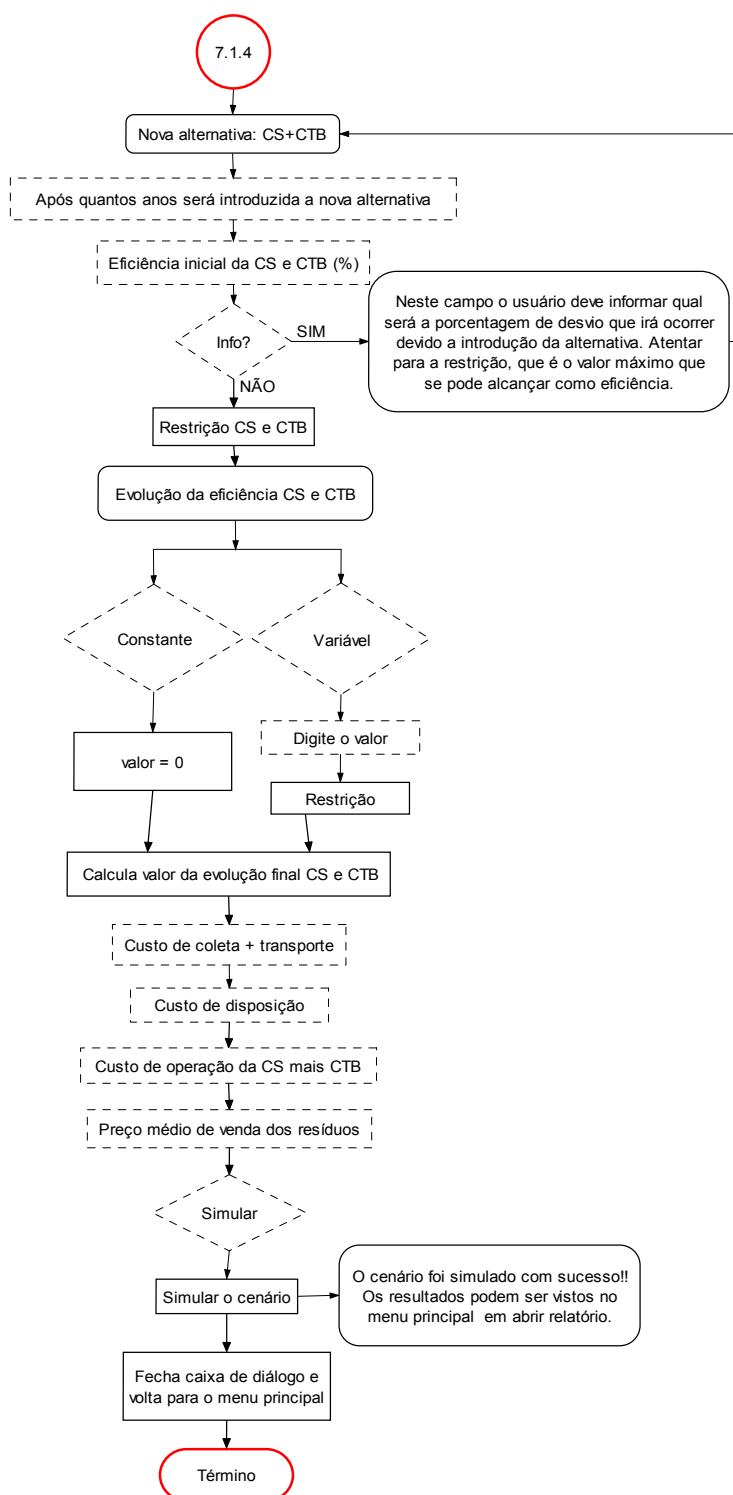
**Figura 10.53: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB - Dados alternativa CTB”**

Nova Alternativa: CS + CTB	
Dados alternativa CTB	
Dados alternativa CS	Simulação econômica simplificada
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>	
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %	
Restrição <= <input style="border: 1px solid red;" type="text"/> %	
A evolução da eficiência será	
<input type="radio"/> Constant <input type="text"/>	
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input style="border: 1px solid red;" type="text"/> %	
Para esta evolução a eficiência será de <input style="border: 1px solid red;" type="text"/> %	
SIMULAR	

**Figura 10.54: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB - Dados alternativa CS”**

Nova Alternativa: CS + CTB	
Dados alternativa CTB	
Dados alternativa CS	Simulação econômica simplificada
Custo de coleta e transporte dos resíduos <input type="text"/> R\$/t	
Custo de disposição <input type="text"/> R\$/t	
Custo de operação da CS + CTB <input type="text"/> R\$/t	
Preço médio de venda dos resíduos <input type="text"/> R\$/t	
SIMULAR	

**Figura 10.55: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB – simulação econômica simplificada”**



**Figura 10.56: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CS + CTB ”**

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a central de triagem e beneficiamento (CTB) mais a coleta seletiva (CS) e mais a usina de compostagem (UC), o usuário deverá preencher três telas antes de realizar a simulação.



As três primeiras telas referem-se aos critérios de simulação para as novas alternativas, CTB, CS e UC e a última tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.57, 10.58, 10.59 e 10.60 mostram estas telas e na seqüência a Figura 10.61 ilustra o fluxograma correspondente a estas telas.

Nova Alternativa: CS + CTB + UC		X
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Dados alternativa CTB	Dados alternativa CS	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
		SIMULAR

**Figura 10.57: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Dados alternativa CTB”**

Nova Alternativa: CS + CTB + UC		X
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Dados alternativa CTB	Dados alternativa CS	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
		SIMULAR

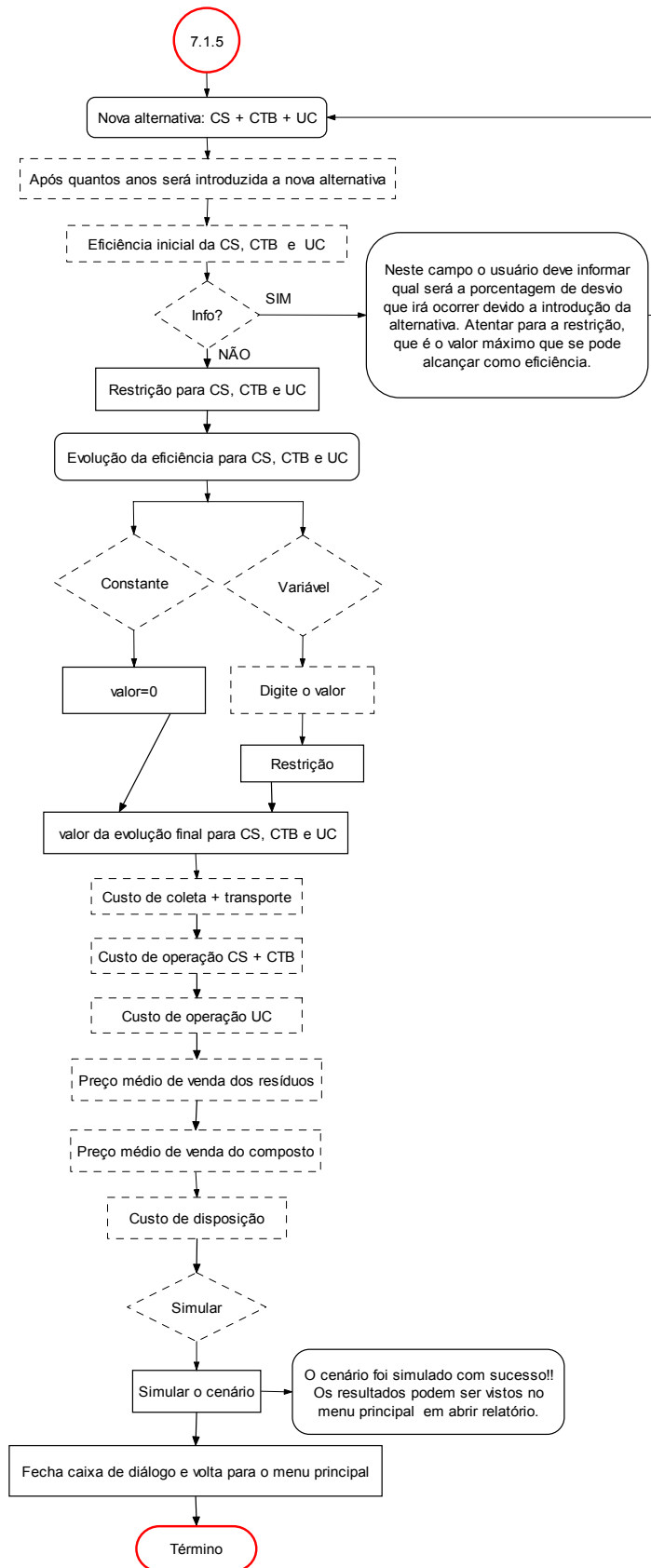
**Figura 10.58: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Dados alternativa CS”**

Nova Alternativa: CS + CTB + UC		X
Dados alternativa CTB	Dados alternativa CS	
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Após quantos anos será introduzida a nova <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constant <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.59: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Dados alternativa UC”**

Nova Alternativa: CS + CTB + UC		X
Dados alternativa CTB	Dados alternativa CS	
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos <input type="text"/> R\$/t		
Custo de disposição <input type="text"/> R\$/t		
Custo de operação da CS +CTB <input type="text"/> R\$/t		
Custo de operação da UC <input type="text"/> R\$/t		
Preço médio de venda dos resíduos <input type="text"/> R\$/t		
Preço médio de venda do composto <input type="text"/> R\$/t		
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.60: Representação da tela “Nova alternativa: CS + CTB + UC - Simulação econômica simplificada”**



**Figura 10.61: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CS + CTB + UC”**

### 10.3.2.2. Cenário atual: CC + CTB + AS

As Figuras 10.62 e 10.63 ilustram, respectivamente, a primeira tela de simulação referente ao cenário atual CC + CTB + AS e o fluxograma pertinente a esta tela. Em seguida, são mostradas as próximas telas de simulação. A seqüência de telas a ser seguida dependerá da alternativa acrescentada.

**Cenário Atual: CC + CTB + AS** X

Simulação do cálculo da vida útil do aterro sanitário

Nome da simulação

Para quantos anos será a simulação?  ?

Taxa de crescimento da população  % a.a

**A produção per capita de resíduos será:** ?

Constante  Kg/hab.dia

Variável  %a.a

**Gostaria de introduzir uma nova alternativa no sistema?**

UC

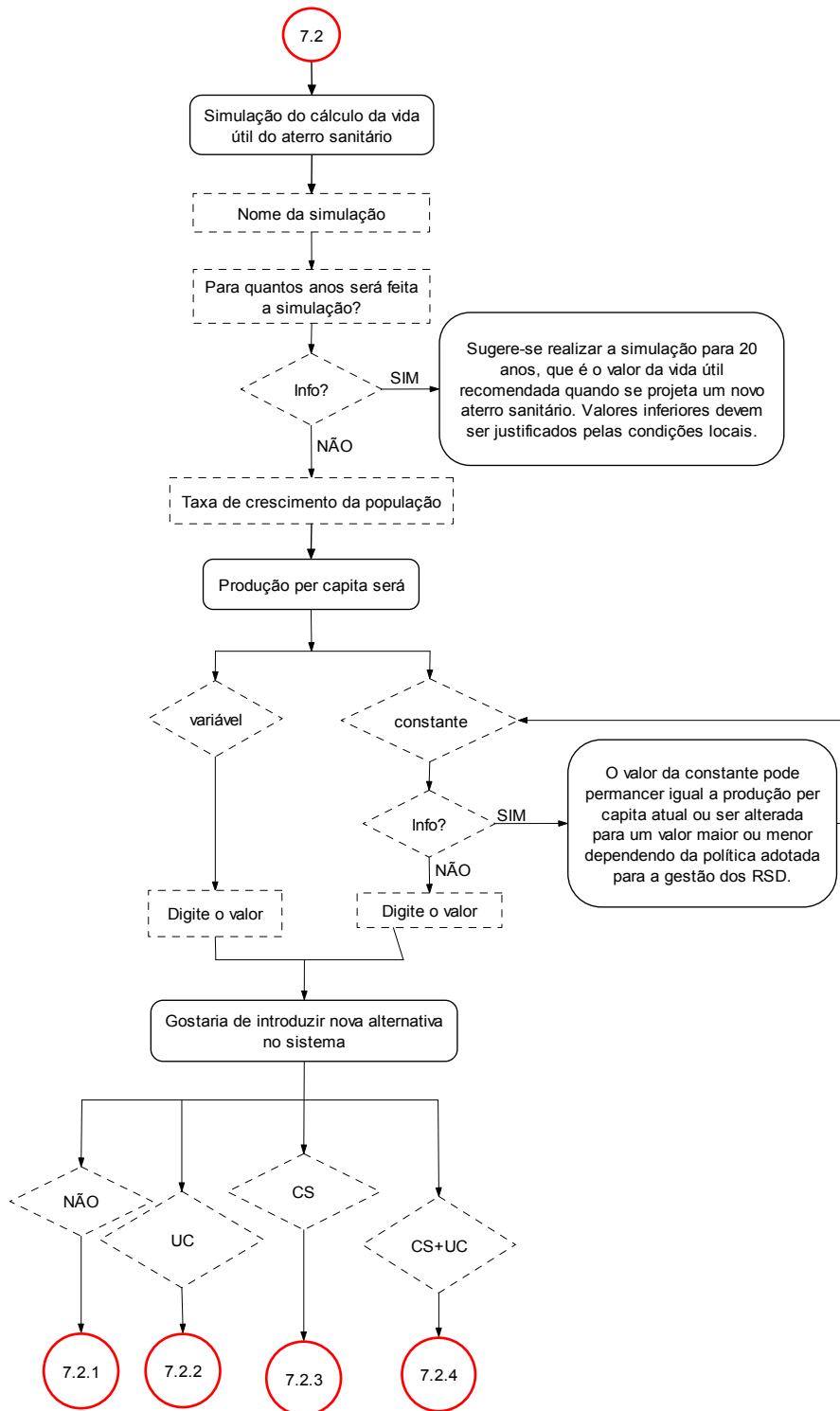
CS

CS + UC

NÃO

FECHAR CONTINUAR

**Figura 10.62: Representação da tela “Cenário atual: CC + CTB + AS”**



**Figura 10.63: Fluxograma referente à tela “Cenário atual: CC + CTB + AS”**

Como neste caso já existe uma alternativa de gestão que é a Central de Triagem e Beneficiamento (CTB), o usuário precisará preencher com relação a esta alternativa somente as informações pertinentes à evolução desta eficiência, sendo os

demais valores calculados pelo programa. A Figura 10.64 mostra esta tela, que será utilizada também para as demais alternativas, e a Figura 10.65 ilustra o fluxograma referente a esta tela.

**Dados CTB**

Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?

Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?  %

Restrição <=  %

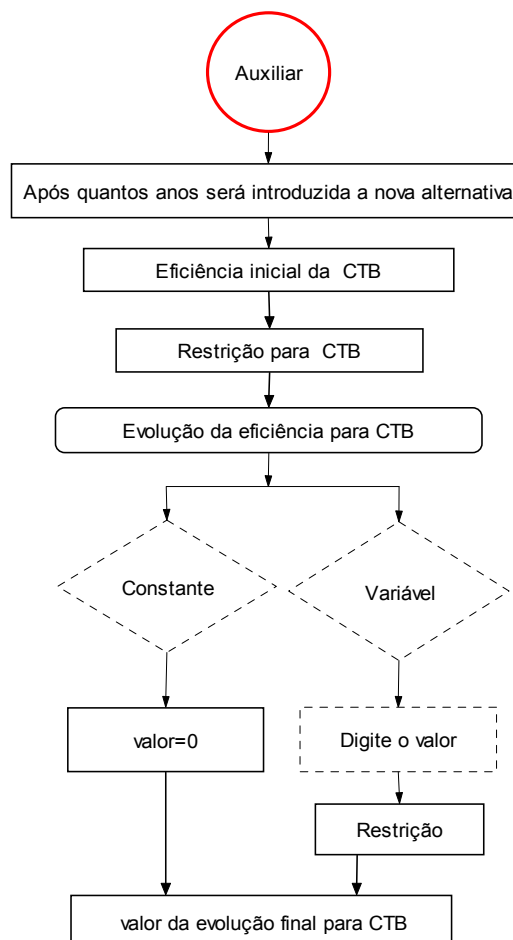
A evolução da eficiência será

Constante

Variável  % Restrição <=  %

Para esta evolução a eficiência será de  %

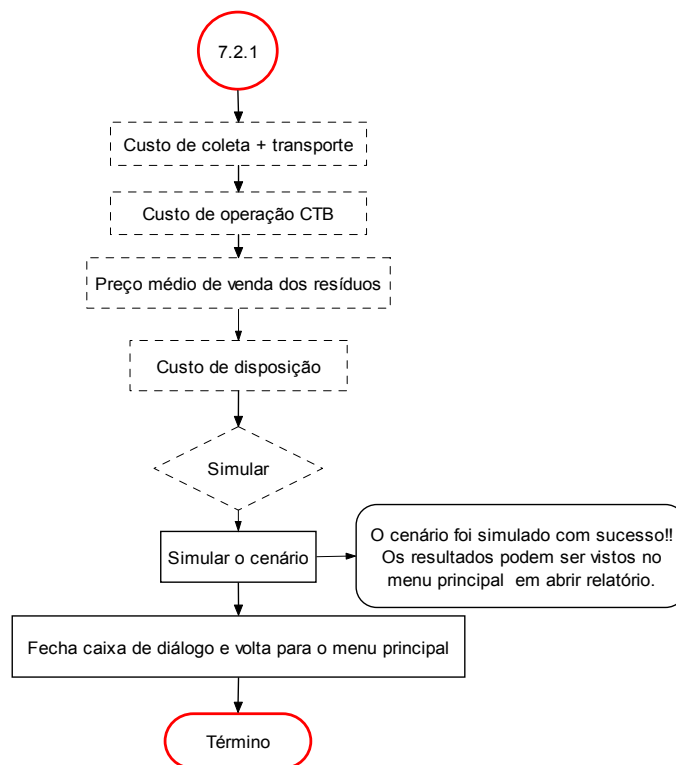
**Figura 10.64: Representação da tela “Dados CTB”**



**Figura 10.65: Fluxograma referente à tela “Dados CTB”**

Caso não seja escolhida nenhuma alternativa a este cenário, o usuário deverá preencher somente duas telas. A primeira referente aos critérios de simulação para a central de triagem e beneficiamento (CTB) mostrada na Figura 10.64 e a segunda com relação aos custos operacionais. As Figuras 10.66 e 10.67 mostram respectivamente a tela com os custos operacionais e o fluxograma referente a ela.

**Figura 10.66: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”**



**Figura 10.67: Fluxograma referente às telas “Nova alterntaiva: NÃO”**

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a usina de compostagem (UC), o usuário será encaminhado para preencher três telas.

A primeira referente aos critérios de simulação para a central de triagem e beneficiamento (CTB) mostrada na Figura 10.64. A segunda refere-se aos critérios de simulação para a nova alternativa, a usina de compostagem (UC). Finalmente, a terceira tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.68 e 10.69 mostram a segunda e terceira telas e na seqüência a Figura 10.70 ilustra o fluxograma destas telas.

Nova Alternativa: UC		X
Dados CTB		
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?	<input type="text"/>	
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?	<input type="text"/>	%
Restrição <=	<input style="border: 1px solid red;" type="text"/>	%
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante	<input type="text"/>	
<input type="radio"/> Variável	<input type="text"/>	Restrição <= <input style="border: 1px solid red;" type="text"/> %
Para esta evolução a eficiência será de	<input style="border: 1px solid red;" type="text"/>	%
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.68: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Dados alternativa UC”**

Nova Alternativa: UC		X
Dados CTB		
Dados alternativa UC	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CTB	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CTB + UC	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda do composto	<input type="text"/>	R\$/t
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.69: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Simulação econômica simplificada”**



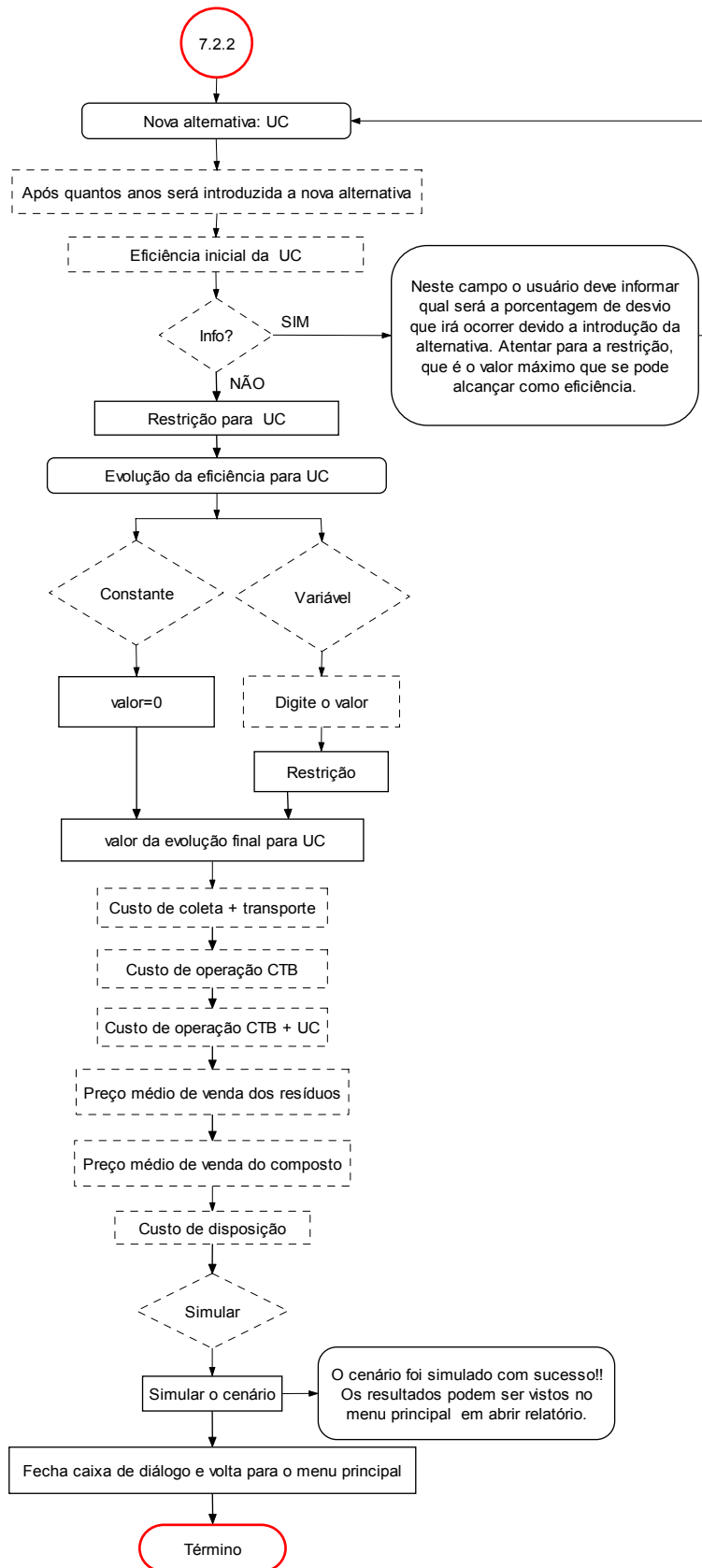


Figura 10.70: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: UC”

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a Coleta seletiva (CS), o usuário será encaminhado para preencher três telas. A primeira referente aos critérios de simulação da alternativa já existente, ou seja, a central de triagem e beneficiamento (Figura 10.64) e a segunda referente aos critérios de simulação para a nova alternativa, a coleta seletiva (CS). Finalmente, a terceira tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.71e 10.72. telas e na seqüência a Figura 10.73 ilustra o fluxograma destas telas.

**Figura 10.71: Representação da tela “Nova alternativa: CS – Dados alternativa CS”**

**Figura 10.72: Representação da tela “Nova alternativa: CS – Simulação econômica simplificada”**

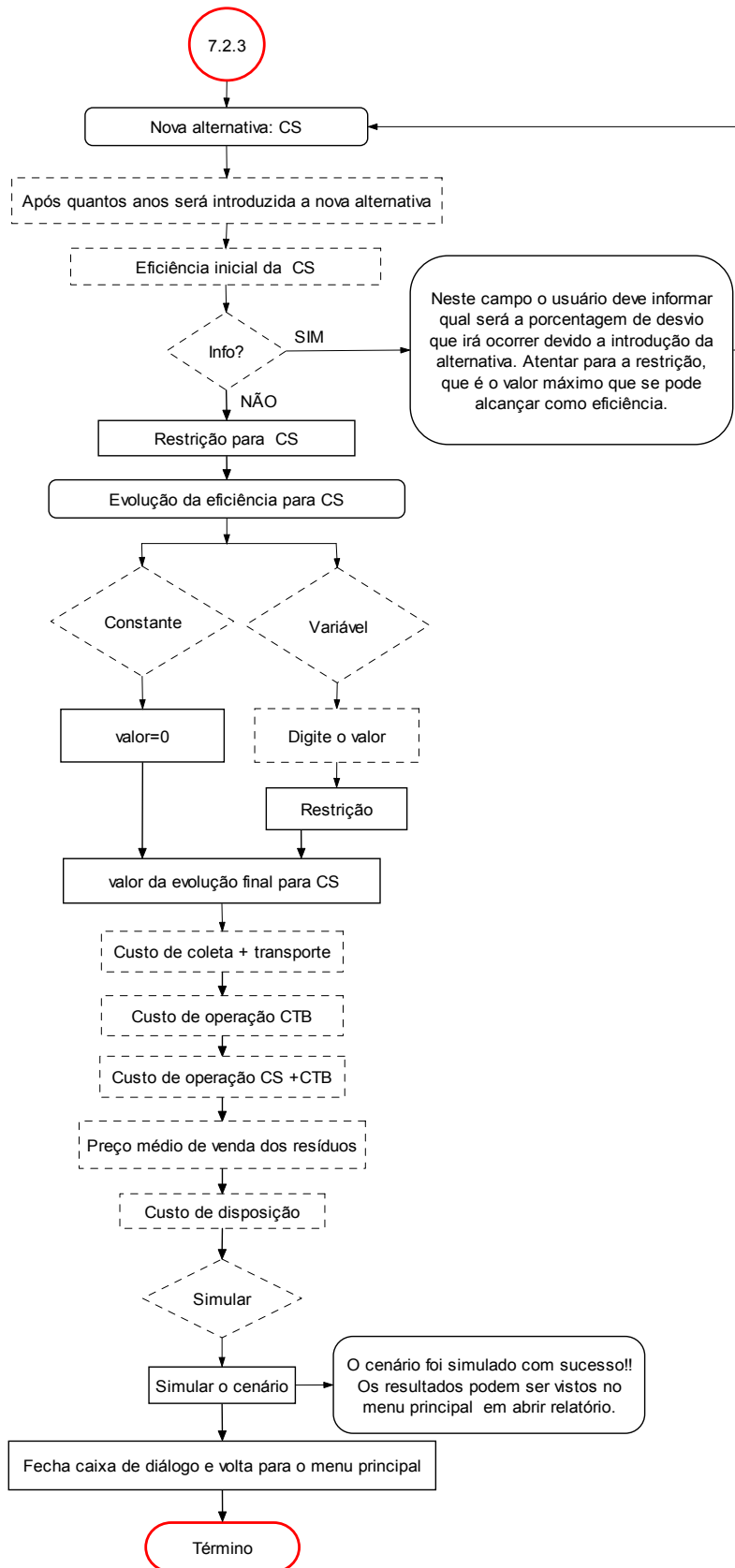


Figura 10.73: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa – CS”

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a Coleta seletiva (CS), mais a Usina de compostagem (UC), o usuário será encaminhado para preencher quatro telas.

A primeira referente aos critérios de simulação da alternativa já existente, ou seja, a central de triagem e beneficiamento (Figura 10.64). A segunda e a terceira referente aos critérios de simulação para a nova alternativa, ou seja, coleta seletiva (CS) e Usina de compostagem (UC), respectivamente. Finalmente, a terceira tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.74, 10.75 e 10.76 mostram estas telas e na seqüência a Figura 10.77 ilustra o fluxograma destas telas.

A interface de usuário é uma janela com o título "Nova Alternativa: CS + UC" e um botão de fechar "X" no canto superior direito. O conteúdo é organizado em uma grade de abas:

- Abas superiores: "Dados CTB" e "Dados alternativa UC".
- Abas inferiores: "Dados alternativa CS" (selecionada) e "Simulação econômica simplificada".

Dentro da aba "Dados alternativa CS", há os seguintes campos de entrada:

- Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?
- Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?  %
- Restrição <=  %
- A evolução da eficiência será:
  - Constante
  - Variável  % Restrição <=  %
- Para esta evolução a eficiência será de  %

Um botão "SIMULAR" está localizado no canto inferior direito da janela.

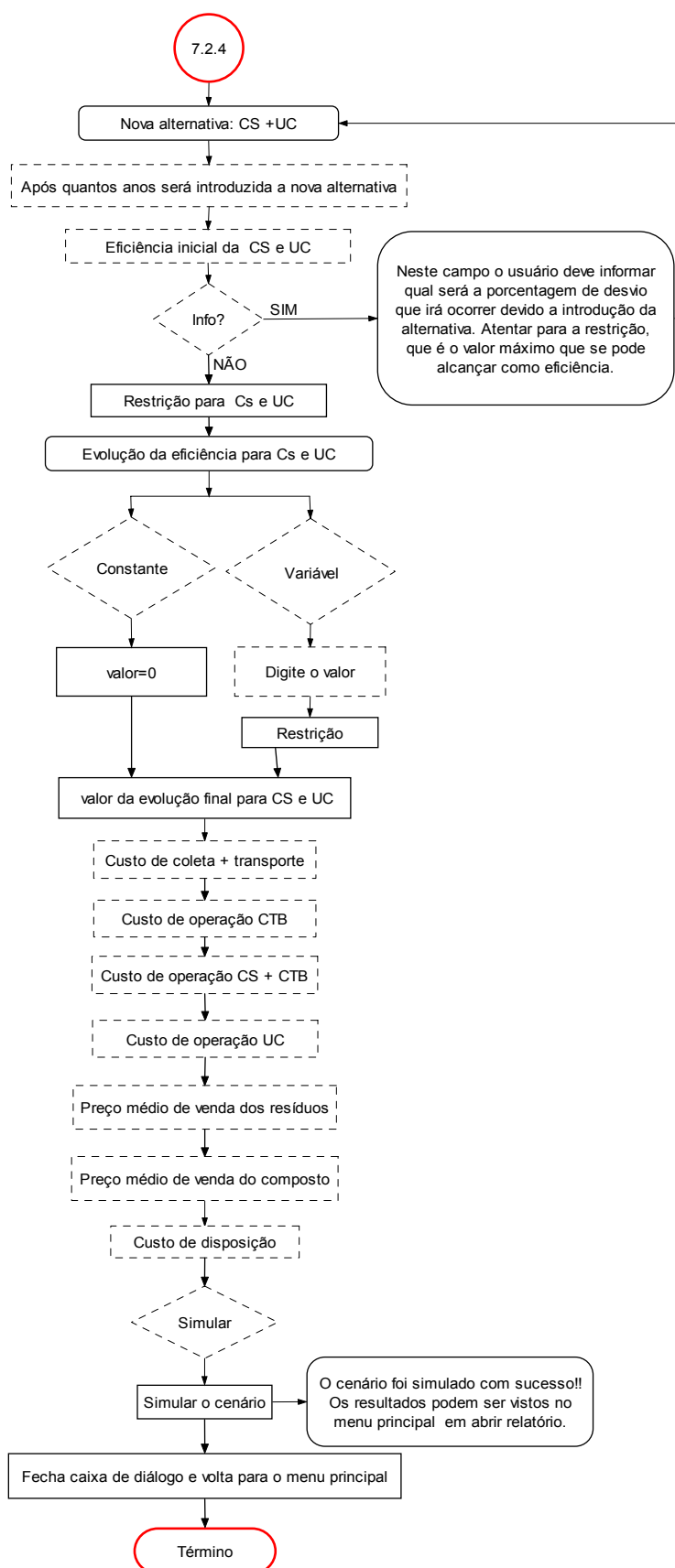
**Figura 10.74: Representação da tela “Nova alternativa: CS + UC – Dados alternativa CS”**

Nova Alternativa: CS + UC		X
Dados alternativa CS	Simulação econômica simplificada	
Dados CTB	Dados alternativa UC	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.75: Representação da tela “Nova alternativa: CS + UC – Dados alternativa UC”**

Nova Alternativa: CS + UC		X
Dados CTB	Dados alternativa UC	
Dados alternativa CS	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos <input type="text"/> R\$/t		
Custo de disposição <input type="text"/> R\$/t		
Custo de operação da CTB <input type="text"/> R\$/t		
Custo de operação da CS +CTB <input type="text"/> R\$/t		
Custo de operação da UC <input type="text"/> R\$/t		
Preço médio de venda dos		
Sem coleta seletiva <input type="text"/> R\$/t		
Com coleta seletiva <input type="text"/> R\$/t		
<input type="button" value="SIMULAR"/>		

**Figura 10.76: Representação da tela “Nova alternativa: CS + UC – Simulação econômica simplificada”**



**Figura 10.77: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: CS + UC”**

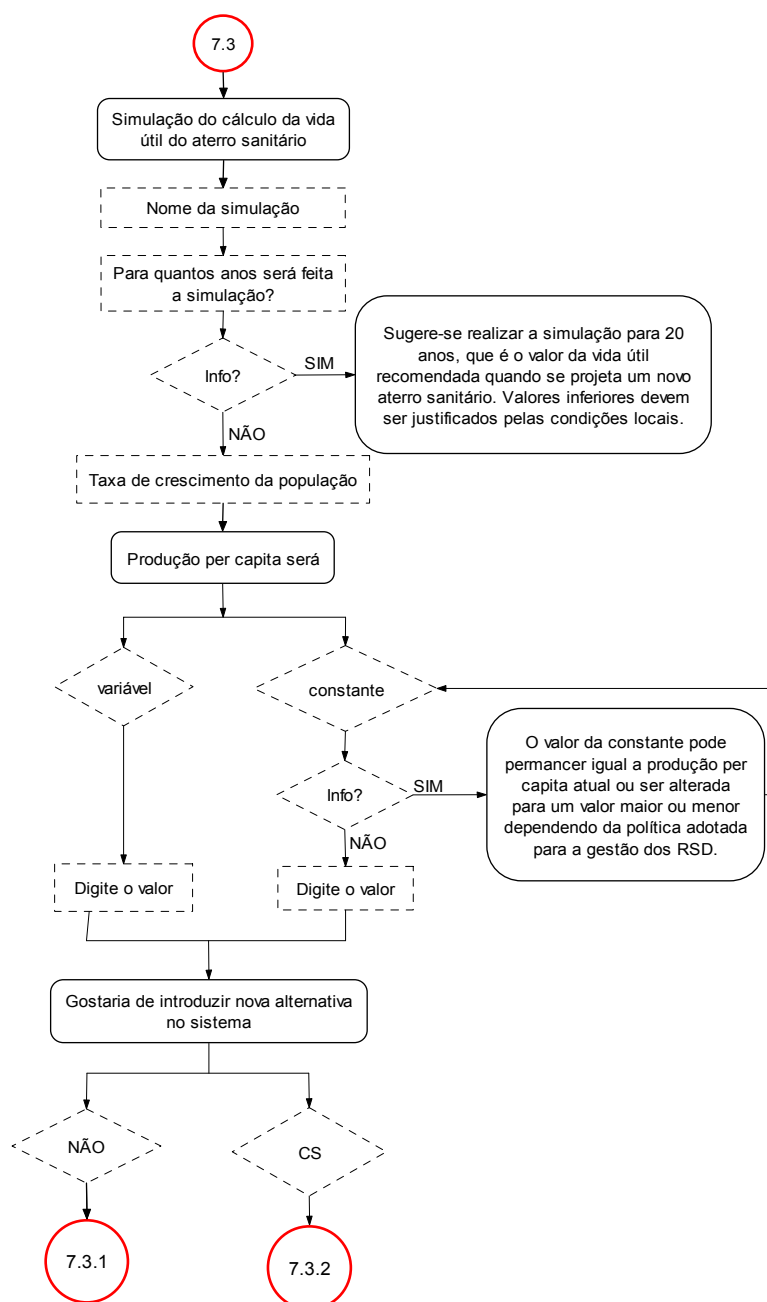
### 10.3.2.3. Cenário atual: CC + CTB + UC + AS

As Figuras 10.78 e 10.79 ilustram, respectivamente, a primeira tela de simulação referente ao cenário atual CC + CTB + UC + AS e o fluxograma pertinente a esta tela. Em seguida, são mostradas as próximas telas de simulação. A seqüência de telas a ser seguida dependerá da alternativa acrescentada.

The image shows a software window titled "Cenário Atual: CC + CTB + UC + AS" with a close button (X) in the top right corner. The window contains the following elements:

- Text: "Simulação do cálculo da vida útil do aterro sanitário"
- Text: "Nome da simulação" followed by an empty text input field.
- Text: "Para quantos anos será a simulação?" followed by an empty text input field and a grey button with a question mark.
- Text: "Taxa de crescimento da população" followed by an empty text input field and the label "% a.a".
- Text: "A produção per capita de resíduos será:" followed by a grey button with a question mark.
- Radio button: "Constante" followed by an empty text input field and the label "Kg/hab.dia".
- Radio button: "Variável" followed by an empty text input field and the label "%a.a".
- Text: "Gostaria de introduzir uma nova alternativa no sistema?"
- Radio button: "CS"
- Radio button: "NÃO"
- Buttons: "FECHAR" and "CONTINUAR" at the bottom.

**Figura 10.78: Representação da tela “Cenário atual: CC + CTB + UC + AS”**



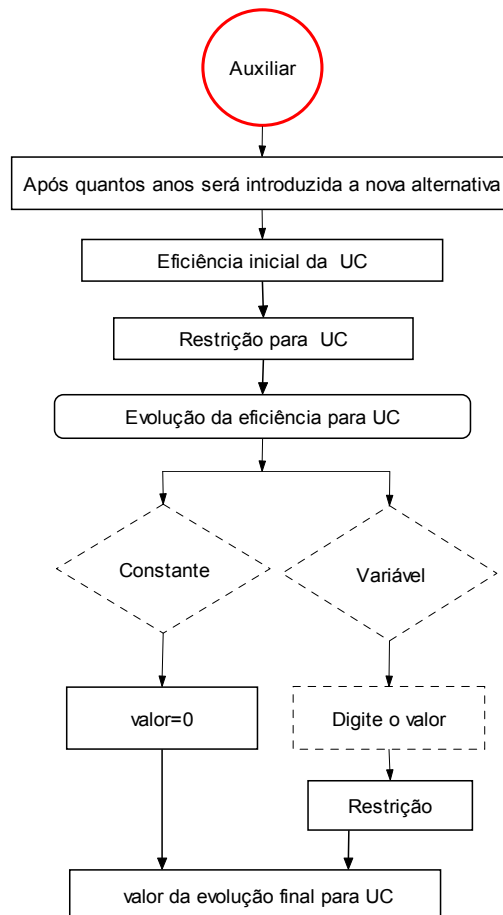
**Figura 10.79: Fluxograma referente à tela “Cenário atual: CC + CTB + UC + AS”**

Como neste caso existem duas alternativas de gestão - Central de Triagem e Beneficiamento (CTB) e Usina de Compostagem (UC), o usuário precisará preencher, com relação a esta, alternativas, somente as informações pertinentes à evolução das eficiências, sendo os demais valores calculados pelo programa. As Figuras 10.64 e 10.65 mostraram, respectivamente, a tela e o fluxograma referente a Central de Triagem e Beneficiamento.



A Figura 10.80 mostra a tela referente à Usina de Compostagem que será utilizada também para as demais alternativas, e a Figura 10.81 ilustra o fluxograma referente a esta tela.

**Figura 10.80: Representação da tela “Dados UC”**



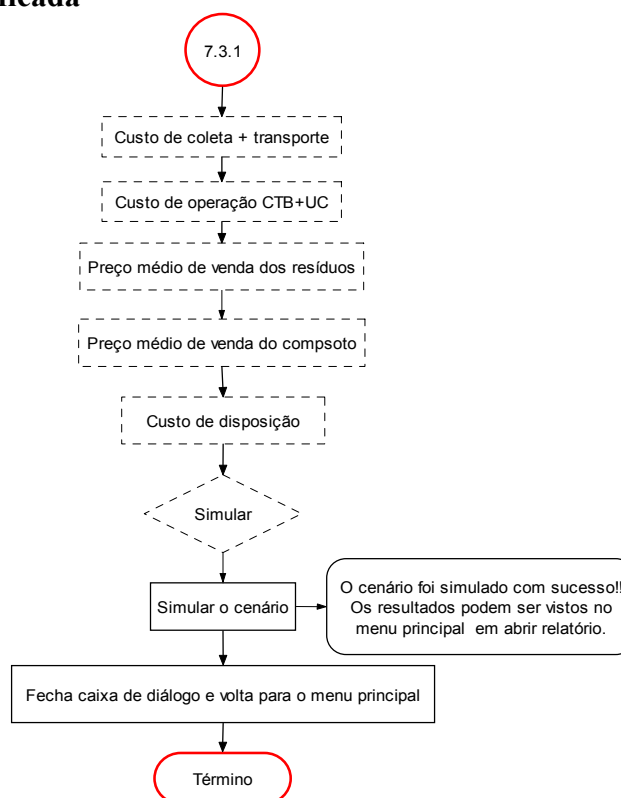
**Figura 10.81: Fluxograma referente à tela “Dados UC”**

Caso não seja escolhida nenhuma alternativa para este cenário, o usuário deverá preencher então três telas. A primeira e a segunda referentes aos critérios de simulação para a central de triagem e beneficiamento (Figura 10.64) e a usina de compostagem (Figura 10.80). A terceira tela é com relação aos custos operacionais. As Figuras 10.82 e 10.83 mostram a tela e o fluxograma referente à simulação econômica (custos operacionais).

Dados CTB	
Dados UC	Simulação econômica simplificada
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/> R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/> R\$/t
Custo de operação da CTB + UC	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda dos	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda do	<input type="text"/> R\$/t

**SIMULAR**

**Figura 10.82: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”**



**Figura 10.83: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: NÃO”**

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a Coleta seletiva (CS), o usuário será encaminhado para preencher quatro telas.

A primeira e a segunda referentes aos critérios de simulação da alternativa já existente, ou seja, a central de triagem e beneficiamento (Figura 10.64) e a usina de compostagem (Figura 10.80).

A terceira refere-se aos critérios de simulação para a nova alternativa, ou seja, para a coleta seletiva (CS). Finalmente, a última tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.84 e 10.85 mostram as duas últimas telas e na seqüência a Figura 10.86 ilustra o fluxograma destas telas.

A imagem mostra uma janela de software com o título "Nova Alternativa: CS" e um botão "X" no canto superior direito. O formulário é dividido em seções:

- Uma barra superior com "Dados CTB" e "Dados UC".
- Uma barra de sub-título com "Dados alternativa CS" e "Simulação econômica simplificada".
- Um campo de texto: "Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?" com um campo de entrada.
- Um campo de texto: "Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?" com um campo de entrada e o símbolo "%".
- Um campo de texto: "Restrição <= " com um campo de entrada em vermelho e o símbolo "%".
- Um texto: "A evolução da eficiência será".
- Dois botões de opção: "O Constante" com um campo de entrada e "O Variável" com um campo de entrada e o símbolo "%".
- Um campo de texto: "Restrição <= " com um campo de entrada em vermelho e o símbolo "%".
- Um campo de texto: "Para esta evolução a eficiência será de " com um campo de entrada em vermelho e o símbolo "%".
- Um botão "SIMULAR" no canto inferior direito.

**Figura 10.84: Representação da tela “Nova alternativa CS – Dados alternativa CS”**

Nova Alternativa: CS		X
Dados CTB	Dados UC	
Dados alternativa CS	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CTB + UC	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CS +CTB	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da UC	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos		
Sem coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
Com coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda do		
Sem coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
Com coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
		<b>SIMULAR</b>

**Figura 10.85: Representação da tela “Nova alternativa CS - simulação econômica simplificada”**

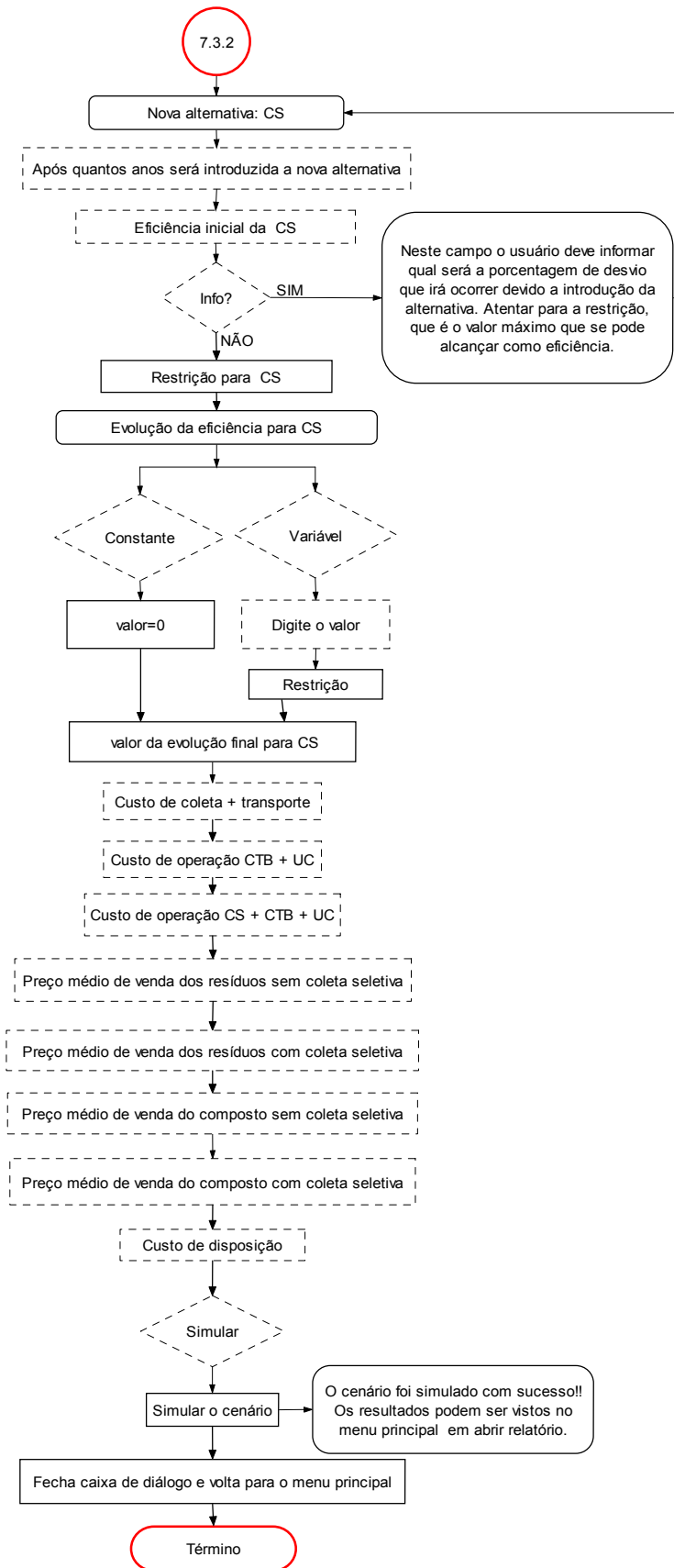


Figura 10.86: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa CS”

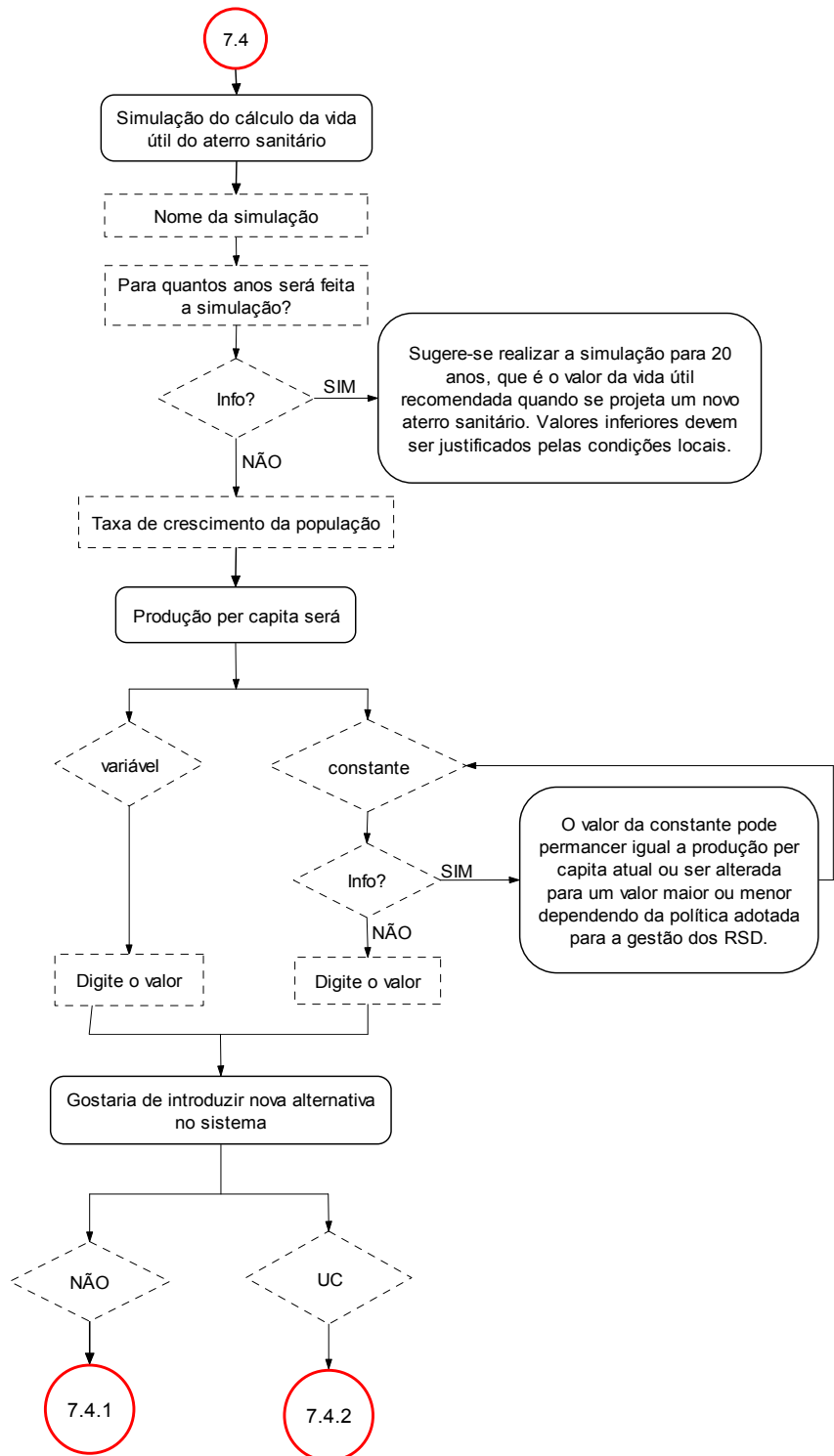
#### 10.3.2.4. Cenário atual: CC + CS + CTB + AS

As Figuras 10.87 e 10.88 ilustram, respectivamente, a primeira tela de simulação referente ao cenário atual CC + CS + CTB + AS e o fluxograma pertinente a esta tela. Em seguida, são mostradas as próximas telas de simulação. A seqüência de telas a ser seguida dependerá da alternativa acrescentada.

The screenshot shows a software window titled "Cenário Atual: CC + CS + CTB + AS" with a close button (X) in the top right corner. The main content area is titled "Simulação do cálculo da vida útil do aterro sanitário". It contains several input fields and options:

- "Nome da simulação" with a text input field.
- "Para quantos anos será a simulação?" with a numeric input field and a question mark icon.
- "Taxa de crescimento da população" with a numeric input field and the unit "% a.a".
- "A produção per capita de resíduos será:" with a question mark icon.
- Two radio button options: "Constante" with a numeric input field and the unit "Kg/hab.dia", and "Variável" with a numeric input field and the unit "%a.a".
- A question "Gostaria de introduzir uma nova alternativa no sistema?" with two radio button options: "UC" and "NÃO".
- At the bottom, there are two buttons: "FECHAR" and "CONTINUAR".

**Figura 10.87: Representação da tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + AS”**

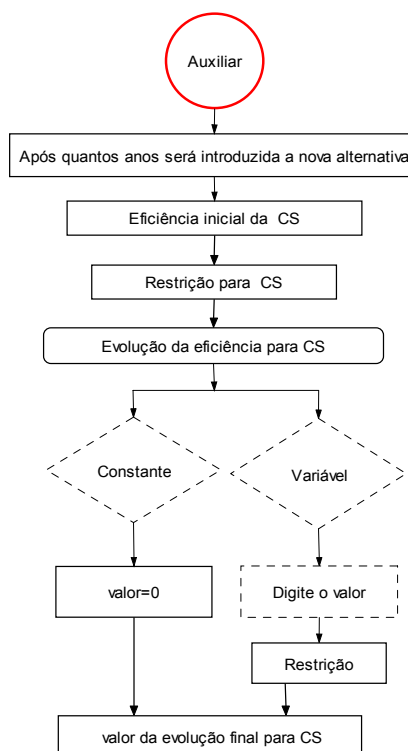


**Figura 10.88: Fluxograma referente à tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + AS”**

Como neste caso existem duas alternativas de gestão - Central de Triagem e Beneficiamento (CTB) e Coleta Seletiva (CS), o usuário precisará preencher, com relação a esta, alternativas, somente as informações pertinentes à evolução das

eficiências, sendo os demais valores calculados pelo programa. As Figuras 10.64 e 10.65 mostraram, respectivamente, a tela e o fluxograma referente a Central de Triagem e Beneficiamento. A Figura 10.89 mostra a tela referente a Coleta Seletiva que será utilizada também para as demais alternativas, e a Figura 10.90 ilustra o fluxograma referente a esta tela.

**Figura 10.89: Representação da tela “Dados CS”**



**Figura 10.90: Fluxograma referente à tela “Dados CS”**



Caso não seja escolhida nenhuma alternativa para este cenário, o usuário deverá preencher então três telas. A primeira e a segunda referentes aos critérios de simulação para a central de triagem e beneficiamento (Figura 10.64) e a coleta seletiva (Figura 10.89) e a terceira com relação aos custos operacionais. As Figuras 10.91 e 10.92 mostram a tela e o fluxograma referente a simulação econômica (custos).

Nova Alternativa: NÃO		X
Dados CTB		
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CS + CTB	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos Com coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
<b>SIMULAR</b>		

Figura 10.91: Representação da tela “Nova alternativa: NÃO – Simulação econômica simplificada”

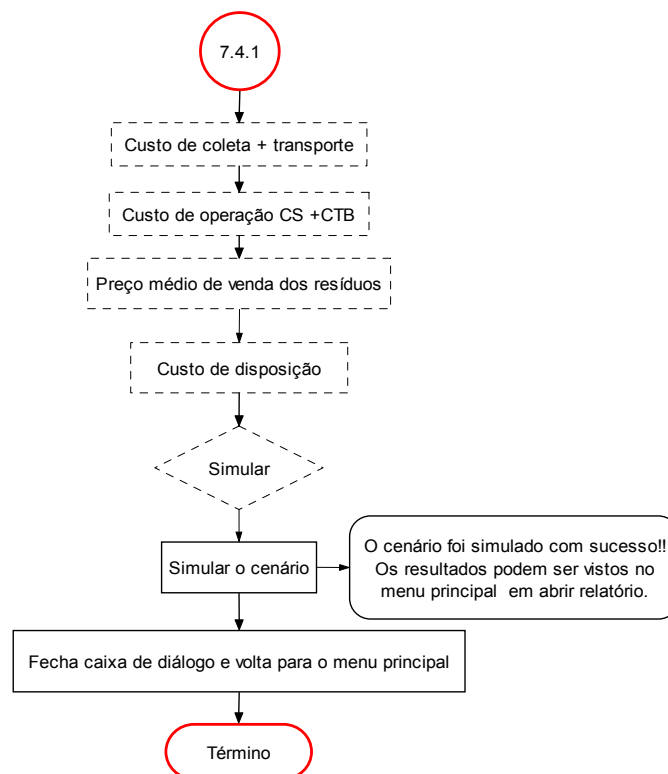


Figura 10.92: Fluxograma referente às telas “Nova alternativa: NÃO”

Caso a alternativa escolhida para ser acrescentada tenha sido a Usina de compostagem (UC), o usuário será encaminhado para preencher quatro telas.

A primeira e a segunda referentes aos critérios de simulação da alternativa já existente, ou seja, a central de triagem e beneficiamento (Figura 10.64) e a coleta seletiva (Figura 10.89).

A terceira refere-se aos critérios de simulação para a nova alternativa, ou seja, para a usina de compostagem (UC). Finalmente, a última tela refere-se aos custos operacionais. As Figuras 10.93 e 10.94 mostram estas duas últimas telas e na seqüência a Figura 10.95 ilustra o fluxograma pertinente a elas.

Nova Alternativa: UC		X
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Dados CTB	Dados alternativa UC	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa?	<input type="text"/>	
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa?	<input type="text"/> %	
Restrição <=	<input type="text"/>	%
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante	<input type="text"/>	
<input type="radio"/> Variável	<input type="text"/> %	Restrição <= <input type="text"/> %
Para esta evolução a eficiência será de	<input type="text"/>	%
<b>SIMULAR</b>		

**Figura 10.93: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Dados alternativa UC”**

Nova Alternativa: UC		X
Dados CTB	Dados alternativa UC	
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CS + CTB	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da UC	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos Com coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda do composto	<input type="text"/>	R\$/t

**SIMULAR**

**Figura 10.94: Representação da tela “Nova alternativa: UC – Simulação econômica simplificada”**

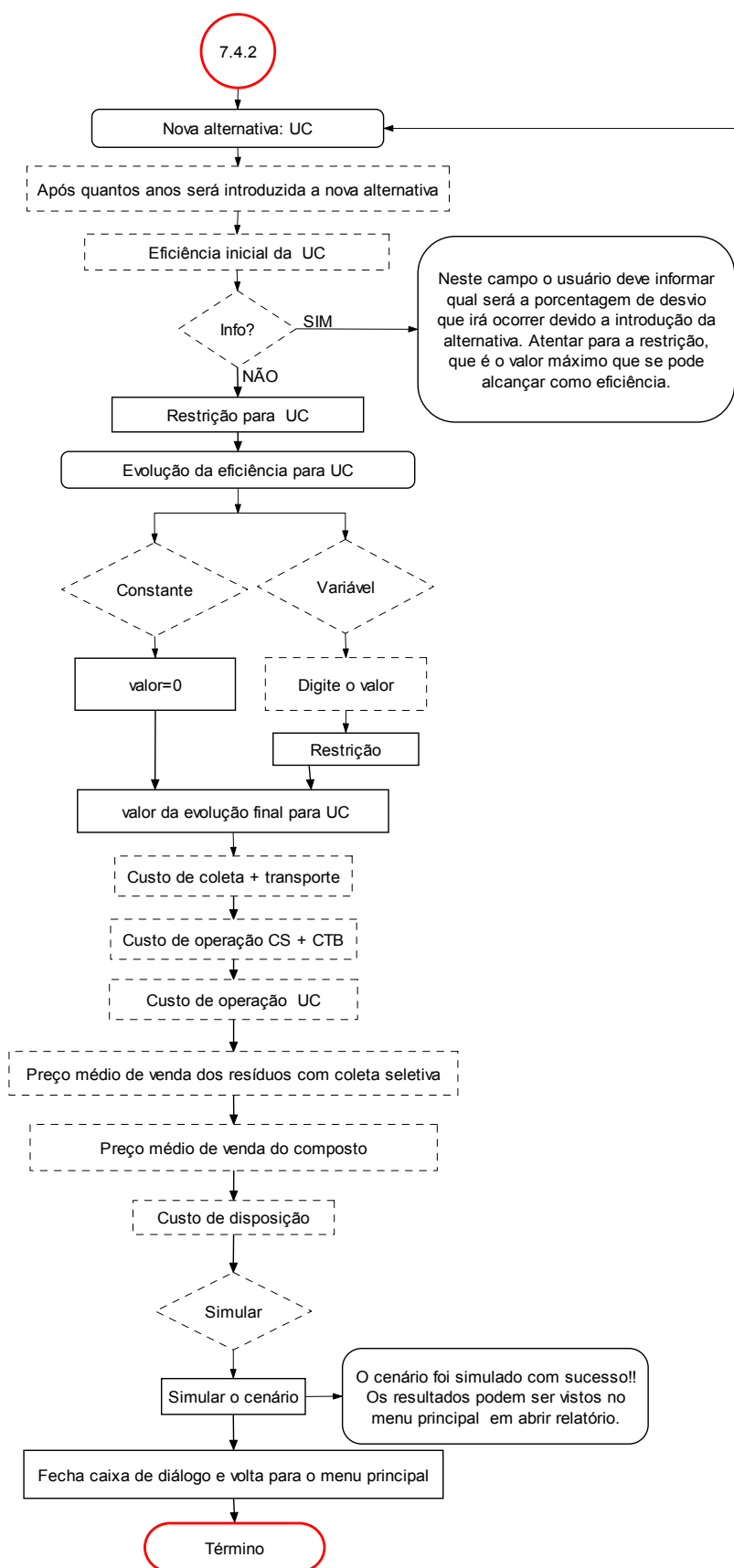


Figura 10.95: Fluxograma referente às tela “Nova alternativa: UC”

### 10.3.2.5. Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS

As Figuras 10.96 e 10.97 ilustram, respectivamente, a primeira tela de simulação referente ao cenário atual CC + CS + CTB + UC + AS e o fluxograma pertinente a esta tela. Em seguida mostra-se a próxima tela de simulação. Neste caso o cenário já está completo, portanto não há alternativa para ser acrescentada.

Assim, as telas a serem preenchidas referem-se exclusivamente aos critérios de simulação do cenário existente mais a simulação econômica simplificada. As Figuras 10.98 a 10.100 mostram as telas referentes aos dados da central de triagem e beneficiamento, usina de compostagem e coleta seletiva, nesta ordem.

E as Figuras 10.101 e 10.102 ilustram a tela e o fluxograma referente a simulação econômica simplificada.

Cenário Atual: CC + CS + CTB + UC + AS X

Simulação do cálculo da vida útil do aterro sanitário

Nome da simulação

Para quantos anos será a simulação?  ?

Taxa de crescimento da população  % a.a

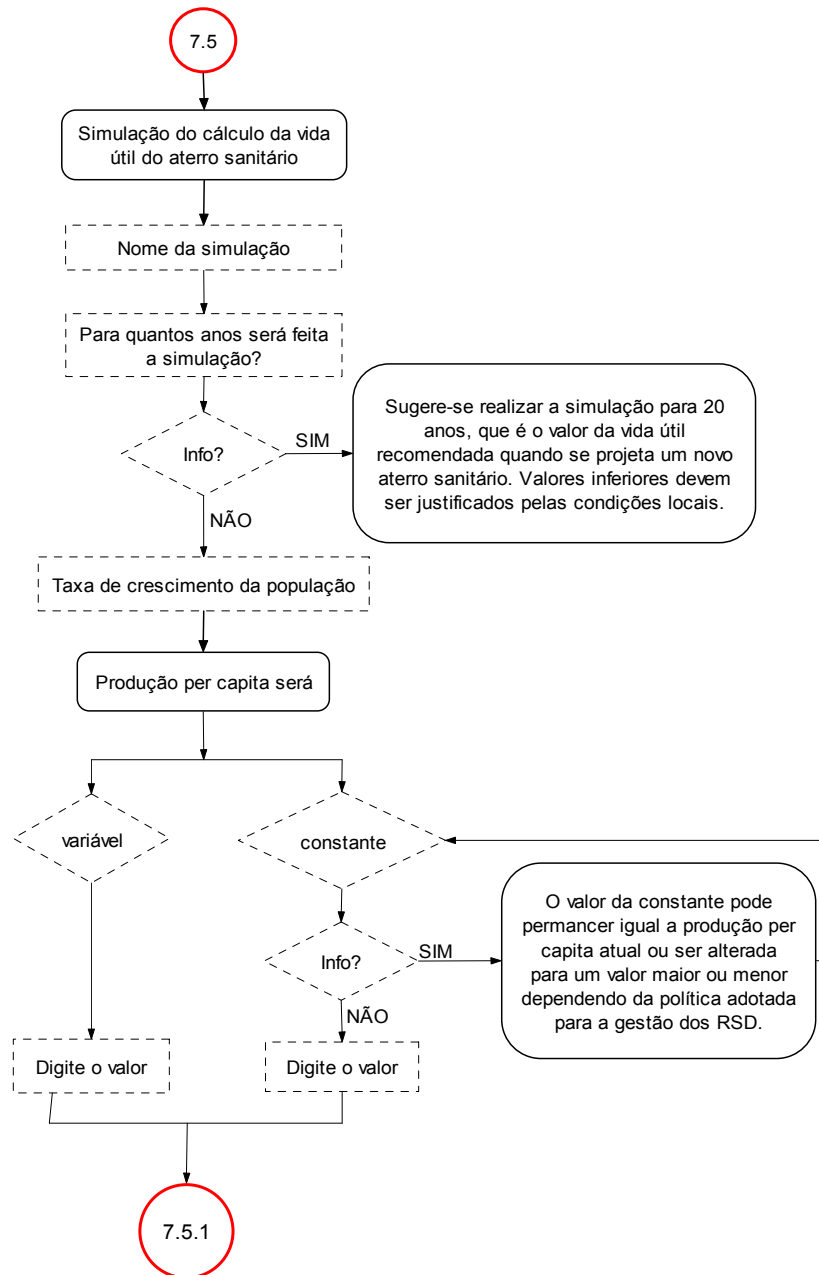
A produção per capita de resíduos será: ?

Constante  Kg/hab.dia

Variável  %a.a

FECHAR CONTINUAR

**Figura 10.96: Representação da tela “CC + CS + CTB + UC + AS”**



**Figura 10.97: Fluxograma referente à tela “CC + CS + CTB + UC + AS”**

Cenário Atual: CC + CS + CTB + UC + AS		X
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Dados CTB	Dados UC	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
<b>SIMULAR</b>		

**Figura 10.98: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Dados CTB”**

Cenário Atual: CC + CS + CTB + UC + AS		X
Dados CTB	Dados UC	
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
<b>SIMULAR</b>		

**Figura 10.99: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Dados CS”**

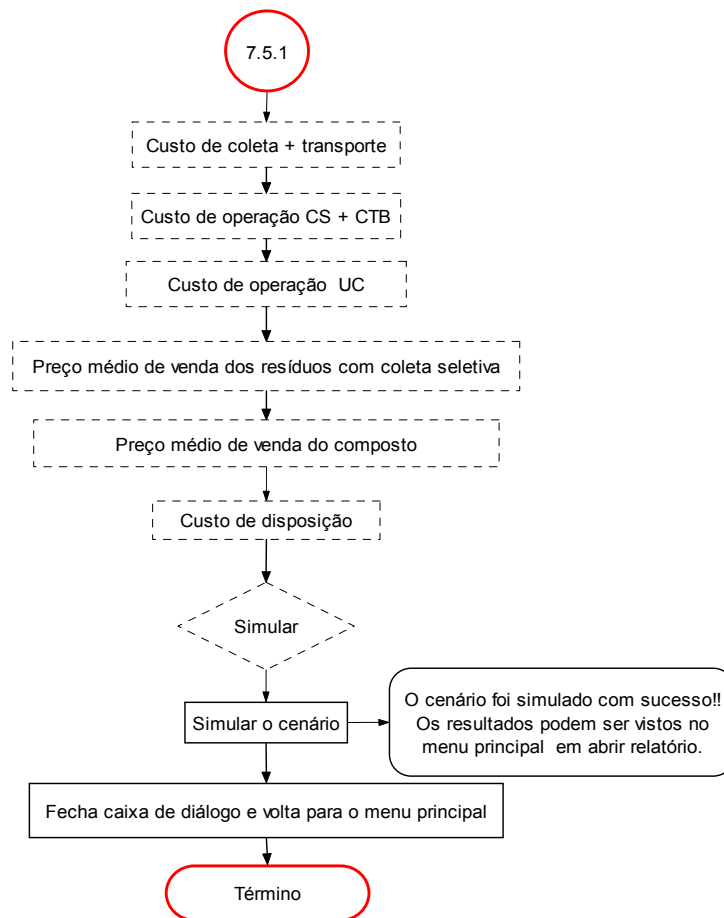
Cenário Atual: CC + CS + CTB + UC + AS		X
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Dados CTB	Dados UC	
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa? <input type="text"/>		
Qual é a eficiência inicial da nova alternativa? <input type="text"/> %		
Restrição <= <input type="text"/> %		
A evolução da eficiência será		
<input type="radio"/> Constante <input type="text"/>		
<input type="radio"/> Variável <input type="text"/> % Restrição <= <input type="text"/> %		
Para esta evolução a eficiência será de <input type="text"/> %		
<b>SIMULAR</b>		

**Figura 10.100: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Dados UC”**

Cenário Atual: CC + CS + CTB + UC + AS		X
Dados CTB	Dados UC	
Dados CS	Simulação econômica simplificada	
Custo de coleta e transporte dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da CS + CTB	<input type="text"/>	R\$/t
Custo de operação da UC	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos		
Com coleta seletiva	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda do composto	<input type="text"/>	R\$/t
<b>SIMULAR</b>		

**Figura 10.101: Representação da Tela “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS – Simulação econômica simplificada”**





**Figura 10.102: Fluxograma referente às telas “Cenário atual: CC + CS + CTB + UC + AS”**

### 10.3.2.6. Simulação

O processo de simulação irá ser iniciado após o usuário ter preenchido todos os dados anteriores, tanto aqueles referentes às características da gestão dos resíduos domiciliares do município quanto àqueles relacionados aos critérios de simulação.

A simulação é feita a partir de rotinas de trabalho que são uma seqüência de ações (cálculos, verificações lógicas) realizadas pelo programa para se obter as variáveis de saída do SAD e assim produzir o relatório final dos resultados da simulação.

A partir deste momento, o único cenário a ser tratado será o CC+AS (coleta convencional + aterro sanitário) e seus sub-módulos (CTB, CTB+UC, CS+CTB

e CS+CTB+UC), uma vez que somente ele foi desenvolvido no programa. No entanto, a maioria das variáveis e das rotinas de trabalho utilizadas para este módulo pode ser aplicada para os demais módulos.

As variáveis que serão utilizadas nas rotinas de trabalho para a simulação do cenário CC + AS e seus sub-módulos estão listadas no Quadro 10.03.

**Quadro 10.03: Variáveis utilizadas para a simulação da vida útil do aterro e para a simulação econômica simplificada**

Variável	Descrição da Variável	Unidade
A_atual	Ano atual	----
Ano	Ano	-----
Anos_VU	Número de anos da vida útil do aterro sanitário	Anos
Aux3	Auxiliar para cálculo do custo médio de operação durante a vida útil	----
Aux4	Auxiliar para cálculo do custo médio de operação durante a vida útil	----
CC	Quantidade de resíduos recolhidos pela coleta convencional	t/mês
CC_ano	Quantidade anual de resíduos recolhidos pela coleta convencional	t/ano
Ccs_ctb	Custo da coleta seletiva mais central de triagem	R\$
Cct	Custo coleta + transporte de resíduos	R\$
Cctb	Custo de operação da central de triagem e beneficiamento	R\$
Cctb_uc	Custo de operação da central de triagem e beneficiamento e usina de compostagem	R\$
Cd	Custo de disposição dos resíduos	R\$
Cevitado	Custo evitado na disposição	R\$
Chab	Custo por habitante por ano de operação	R\$
Cmes	Custo mensal de operação	R\$
CMvu	Custo médio de operação durante a vida útil	R\$
CompUm	Quantidade de composto úmido	t/mês
Cop	Custo de operação	R\$
CS	Quantidade de resíduos recolhidos pela coleta seletiva	%
CS_ano	Quantidade anual de resíduos recolhidos pela coleta seletiva	t/ano
CTB_UCenv	Quantidade de resíduos enviada para a Central de triagem e usina de compostagem	t/mês
CTB_UCenv_ano	Quantidade anual de resíduos enviada para a Central de triagem e usina de compostagem	t/ano
CTB_UCrej	Quantidade de rejeito produzido na central de triagem e usina de compostagem	t/mês
CTBenv	Quantidade de resíduos enviada para a Central de triagem	t/mês
CTBenv_ano	Quantidade anual de resíduos enviada para a Central de triagem	t/ano

Continua

Variável	Descrição da Variável	Unidade
CTBrej	Quantidade de rejeito produzido na central de triagem	t/mês
CTBrr	Quantidade de resíduos recicláveis provenientes da central	t/mês
CTBrr_ano	Quantidade anual de resíduos recicláveis provenientes da central	t/ano
Ctot	Custo total de operação	R\$
Cuc	Custo de operação usina de compostagem	R\$
CUcs_ctb	Custo unitário da coleta seletiva mais central de triagem e beneficiamento	R\$/t
CUct	Custo unitário coleta + transporte de resíduos	R\$/t
CUctb	Custo unitário da central de triagem e beneficiamento	R\$/t
Cuctb_uc	Custo unitário da central de triagem e beneficiamento e usina de compostagem	R\$/t
CUd	Custo unitário de disposição de resíduos	R\$/t
CUuc	Custo unitário da usina de compostagem	R\$/t
EfFi	Eficiência final da nova alternativa	%
EfIni	Eficiência inicial da nova alternativa	%
EvEf	Evolução da eficiência da nova alternativa	% a.a
Ic	Índice de compactação	t/m <sup>3</sup>
Meses_VU	Número de meses da vida útil do aterro sanitário	Mês
MO	Porcentagem de matéria orgânica na composição gravimétrica	%
n	Contador	X
Pd	Produção diária de resíduos	t/d
Pm	Produção mensal de resíduos	t/mês
Pop	População	habitantes
Pop_atual	População atual	habitantes
PPC	Produção per capita	Kg/hab.dia
PPC_atual	Produção per capita atual	Kg/hab.dia
PPC_sim	Produção per capita da simulação	Kg/hab.dia
Preçocomp	Preço médio de comercialização do composto	R\$/t
Preçorr	Preço médio de comercialização dos resíduos recicláveis	R\$/t
Recomp	Receita obtida com a venda do composto	R\$
Recrr	Receita obtida com a venda dos resíduos recicláveis	R\$
RstEfIni	Restrição da eficiência inicial da nova alternativa	%
RstEvEf	Restrição da evolução da eficiência da nova alternativa	%a.a.
Ton_aterro_ano	Quantidade anual encaminhada para o aterro sanitário	t/ano
Ton_aterro_mes	Quantidade de resíduos encaminhada para o aterro sanitário	t/mês
TxPop	Taxa de crescimento da população	%a.a.
TxPPC	Taxa de crescimento da produção per capita	%a.a

Continua

Variável	Descrição da Variável	Unidade
UCenv	Quantidade de resíduos enviados para a usina de compostagem	t/mês
UCenv_ano	Quantidade anual de resíduos encaminhados para a usina de compostagem	T/ano
UCrej	Quantidade de rejeito produzido pela usina de compostagem	t/mês
Vol_aterro_acum	Volume acumulado no aterro sanitário	m <sup>3</sup>
Vol_aterro_ano	Volume total anual ocupado no aterro sanitário	m <sup>3</sup> /ano
Vol_aterro_mês	Volume de resíduos encaminhado para o aterro sanitário	m <sup>3</sup> /mes
VolCob	Volume de cobertura	%
Vol_cob_aterro	Volume de cobertura necessário	m <sup>3</sup> /mes
Vol_disp	Volume disponível do aterro sanitário	m <sup>3</sup>
Vol_tot_aterro_mes	Volume total mensal ocupado no aterro sanitário	m <sup>3</sup> /mes
X	Número de anos da simulação	Anos
Y	Após quantos anos se inicia a nova alternativa	Anos

A seguir, apresenta-se a listagem de rotinas de trabalho para a simulação da vida útil do aterro sanitário e para a simulação econômica simplificada. As variáveis utilizadas nesta rotina foram apresentadas no Quadro 10.16.

### **Contador**

Variável: n  
n = 0 até X

### **Ano**

Variável: Ano  
Para n = 0 até X  
 $Ano_n = A_{atual} + n$

### **População**

Variável: Pop  
Para n = 0 até X  
 $Pop_n = Pop_{atual} * \left(1 + \frac{TxPop}{100}\right)^n$  □

### **Produção per capita**

Variável: PPC  
Para n = 0  
 $PPC_0 = PPC_{atual}$   
Para n = 1 até X

SE

PPC=constante

ENTÃO

$$PPC_n = PPC\_sim$$

SENÃO

$$PPC_n = PPC\_atual * \left(1 + \frac{TxPPC}{100}\right)^n$$

***Produção diária de resíduos***

Variável: Pd

Para n = 0 até X

$$Pd_n = Pop_n * \frac{PPC_n}{1000}$$

***Produção mensal de resíduos***

Variável: Pm

Para n = 0 até X

$$Pm_n = Pd_n * 30$$

***Coleta convencional***

Variável: CC

Para n = 0 até X

*Cenário CC + AS sem nova alternativa**Cenário CC + AS nova alternativa - CTB**Cenário CC + AS nova alternativa - CTB + UC*

$$CC_n = Pm_n$$

*Cenário CC + AS nova alternativa - CS + CTB*

$$CC_n = Pm_n - CS_n$$

***Quantidade anual de resíduos recolhidos pela coleta convencional***

Variável: CC\_ano

Para n = 0 até X

$$CC\_ano_n = CC_n * 12$$

***Quantidade de resíduos recolhidos pela coleta seletiva***

Variável: CS

Para n = 0 até X

*Cenário CC + AS*

SE

$$n < Y$$

ENTÃO

$$CS_n = 0$$

SENÃO

$$CS_n = Pm_n * \left[ \frac{(100 - MO)}{100} \right] * \frac{EfIni}{100} * \left( 1 + \frac{EvEf}{100} \right)^{n-Y}$$

***Quantidade anual de resíduos recolhidos pela coleta seletiva***

Variável: CS\_ano

Para n = 0 até X

$$CS\_ano_n = CS_n * 12$$

***Quantidade de resíduos encaminhada para a central de triagem***

Variável: CTBenv

Para n = 0 até X

*Cenário CC +AS nova alternativa - CTB*

ENQUANTO

$$n < Y$$

ENTÃO

$$CTBenv_n = 0$$

SENÃO

$$CTBenv_n = CC_n$$

*Cenário CC +AS nova alternativa - CS +CTB*

*Cenário CC +AS nova alternativa - CS +CTB*

ENQUANTO

$$n < Y$$

ENTÃO

$$CTBenv_n = 0$$

SENÃO

$$CTBenv_n = CS_n$$

***Quantidade anual de resíduos enviada para a Central de triagem***

Variável: CTBenv\_ano

Para n = 0 até X

$$CTBenv\_ano_n = CTBenv_n * 12$$

***Quantidade de resíduos encaminhada para a central de triagem e usina de compostagem***

Variável: CTB\_UCenv

Para n = 0 até X

ENQUANTO

$$n < Y$$

ENTÃO

$$CTB\_UCenv_n = 0$$

SENÃO

$$CTB\_UCenv_n = CC_n$$

***Quantidade anual de resíduos enviada para a Central de triagem e Usina de compostagem***

Variável: CTB\_UCenv\_ano

Para n = 0 até X

$$CTB\_UCenv\_ano_n = CTB\_UCenv_n * 12$$

***Quantidade de resíduos encaminhada à usina de compostagem***

Variável: UCenv

Para n = 0 até X

ENQUANTO

$$n < Y$$

ENTÃO

$$UCenv_n = 0$$

SENÃO

$$UCenv_n = CC_n$$

***Quantidade anual de resíduos enviada para Usina de compostagem***

Variável: UCenv\_ano

Para n = 0 até X

$$UCenv\_ano_n = UCenv_n * 12$$

***Restrição da eficiência inicial da nova alternativa (Apêndice C)***

Variável: RstEfIni

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CTB*

$$RstEfIni_{CTB} \leq 100 - MO$$

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CTB + UC*

$$RstEfIni_{UC} \leq MO$$

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB*

$$RstEfIni_{CS} \leq 100 - MO$$

$$RstEfIni_{CTB} \leq 100$$

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB + UC*

$$RstEfIni_{CS} \leq 100 - MO$$

$$RstEfIni_{CTB} \leq 100$$

$$RstEfIni_{UC} \leq MO$$

**Restrição da evolução da eficiência da nova alternativa (Apêndice C)**

Variável: RstEvEf

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CTB*

$$RstEvEf_{CTB} \leq \left\{ \left[ \frac{(100 - MO)}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CTB + UC*

$$RstEvEf_{CTB} \leq \left\{ \left[ \frac{(100 - MO)}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

$$RstEvEf_{UC} \leq \left\{ \left[ \frac{MO}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB*

$$RstEvEf_{CS} \leq \left\{ \left[ \frac{(100 - MO)}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

$$RstEvEf_{CTB} \leq \left\{ \left[ \frac{100}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

*Para Cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB + UC*

$$RstEvEf_{CS} \leq \left\{ \left[ \frac{(100 - MO)}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

$$RstEvEf_{CTB} \leq \left\{ \left[ \frac{100}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$

$$RstEvEf_{UC} \leq \left\{ \left[ \frac{MO}{EfIni} \right]^{\left[ \frac{1}{(X-Y)} \right]} - 1 \right\} * 100$$



**Eficiência final da nova alternativa (Apêndice C)**

Variável: RstEffi

SE

$$EvEf = cte$$

ENTÃO

$$EfFi = EfIni$$

SENÃO

$$EfFi = EfIni * \left(1 + \frac{EvEf}{100}\right)^{X-Y}$$

**Quantidade de resíduos recicláveis triados**

Variável: CTBrr

Para n = 0 até X

SE

$$CTB_n = 0$$

ENTÃO

$$CTBrr_n = 0$$

SENÃO

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB*

$$CTBrr_n = CTBenv_n * \left[\frac{(100 - MO)}{100}\right] * \frac{EfIni}{100} * \left(1 + \frac{EvEf}{100}\right)^{n-Y}$$

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB+UC*

$$CTBrr_n = CTB\_UVCenv_n * \left[\frac{(100 - MO)}{100}\right] * \frac{EfIni}{100} * \left(1 + \frac{EvEf}{100}\right)^{n-Y}$$

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB**Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB+UC*

$$CTBrr_n = CS_n * \frac{EfIni}{100} * \left(1 + \frac{EvEf}{100}\right)^{n-Y}$$

**Quantidade anual de resíduos recicláveis provenientes da Central de triagem e beneficiamento**

Variável: CTBrr\_ano

Para n = 0 até X

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB**Para cenário CC + AS nova alternativa CTB+UC*

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB*  
*Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB+UC*

$$CTBrr\_ano_n = CTBrr_n * 12$$

***Quantidade de composto produzido na Usina de compostagem***

Variável: CompUm

Para n = 0 até X

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB+UC*

$$CompUm_n = CTB\_UCenv_n * \frac{MO}{100} * \frac{EfIni}{100} * \left(1 + \frac{EvEf}{100}\right)^{n-Y}$$

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS+ CTB+UC*

$$CompUm_n = UCenv_n * \frac{EfIni}{100} * \left(1 + \frac{EvEf}{100}\right)^{n-Y}$$

***Quantidade anual de composto produzido na Usina de compostagem***

Variável: CompUm\_ano

Para n = 0 até X

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB+UC*

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS+ CTB+UC*

$$CompUm\_ano_n = CompUm_n * 12$$

***Quantidade de rejeito produzido pela central de triagem***

Variável: CTBrej

Para n = 0 até X

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB*

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS+ CTB*

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS+ CTB+UC*

$$CTBrej_n = CTBenv_n - CTBrr_n$$

***Quantidade de rejeito produzido pela Central de triagem e Usina de Compostagem***

Variável: CTB\_UCrej

Para n = 0 até X

*Para cenário CC + AS nova alternativa CTB+UC*

$$CTB\_UCrej_n = CC_n - CTBrr_n - CompUm_n$$

**Quantidade de rejeito produzido pela Usina de Compostagem**

Variável: UCrej

Para n = 0 até X

*Para cenário CC + AS nova alternativa CS+ CTB+UC*

$$UCrej_n = UCenv_n - CompUm$$

**Quantidade de resíduos encaminhada para o aterro sanitário**

Variável: Ton\_aterro\_mes

Para n = 0 até X

*Cenário CC + AS sem nova alternativa*

$$Ton\_aterro\_mes_n = CC_n$$

*Cenário CC + AS nova alternativa CTB*

$$Ton\_aterro\_mes_n = CC_n - CTBrr_n$$

*Cenário CC + AS nova alternativa CTB + UC*

$$Ton\_aterro\_mes_n = CTB\_UCrej_n$$

*Cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB*

$$Ton\_aterro\_mes_n = CC_n + CTBrej_n$$

*Cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB+UC*

$$Ton\_aterro\_mes_n = CC_n + CTBrej_n - CompUm_n$$

**Quantidade anual de resíduos encaminhada para o aterro sanitário**

Variável: Ton\_aterro\_ano

Para n = 0 até X

$$Ton\_aterro\_ano_n = Ton\_aterro\_mes_n * 12$$

**Volume de resíduos encaminhado para o aterro sanitário**

Variável: Vol\_aterro\_mes

Para n = 0 até X

$$Vol\_aterro\_mes_n = \frac{Ton\_aterro\_mes_n}{Ic}$$

**Volume de cobertura necessário**

Variável: Vol\_Cob\_aterro

Para n = 0 até X

$$Vol\_Cob\_aterro_n = Vol\_aterro\_mes * \frac{VolCob}{100}$$

**Volume total mensal ocupado no aterro sanitário**

Variável: Vol\_tot\_aterro\_mes

Para n = 0 até X

$$Vol\_Tot\_aterro\_mes_n = Vol\_aterro\_mes_n + Vol\_cob\_aterro_n$$

**Volume total anual ocupado no aterro sanitário**

Variável: Vol\_aterro\_ano

Para n = 0 até X

$$Vol\_aterro\_ano_n = Vol\_tot\_aterro\_mes_n * 12$$

**Volume acumulado no aterro sanitário**

Variável: Vol\_aterro\_acum

Para n = 0

$$Vol\_aterro\_acum_n = Vol\_aterro\_ano_n$$

Para n = 1 até X

$$Vol\_aterro\_acum_n = Vol\_aterro\_ano_n + Vol\_aterro\_acum_{n-1}$$

**Cálculo dos anos da vida útil do aterro sanitário**

Variável: Anos\_VU

Para n = 0 até X

$$Anos\_VU = - 1$$

SE

$$Vol\_aterro\_acum_n < Vol\_disp$$

ENTÃO

$$Anos\_VU = Anos\_VU + 1$$

SENÃO

**Cálculo dos meses da vida útil do aterro sanitário**

Variável: Meses\_VU

Para n = 0 até X

$$Meses\_VU = 0$$

SE

$$Vol\_aterro\_acum_n > Vol\_disp$$

ENTÃO

$$Meses\_VU_n = \left( \frac{Vol\_disp - Vol\_aterro\_acum_{n-1}}{Vol\_tot\_aterro\_mes_n} \right)$$

**Vida útil do aterro sanitário**

Variável: VU

SE

$$Anos\_VU > X$$

ENTÃO

Mensagem: “Para este cenário a vida útil do aterro sanitário será maior que o tempo de simulação estipulado. É necessário aumentar o tempo de simulação”.

SENÃO

$VU = \text{“Anos}_{VU}”$  e  $\text{“Meses}_{VU}”$

***Custo de coleta mais transporte de resíduos***

Variável: Cct

Para  $n = 0$  até X

Para todos os cenários

$$Cct_n = CC_n * CUct$$

***Custo de operação da coleta seletiva mais central de triagem e beneficiamento***

Variável: Ccs\_ctb

Para  $n = 0$  até X

Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB

Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB+UC

$$Ccs\_ctb_n = CS\_ano_n * CUcs\_ctb$$

***Custo de operação da central de triagem e beneficiamento***

Variável: Cctb

Para  $n = 0$  até X

Para cenário CC + AS nova alternativa CTB

$$Cctb_n = CTBenv\_ano_n * CUctb$$

***Custo de operação da central de triagem e beneficiamento e Usina de Compostagem***

Variável: Cctb\_uc

Para  $n = 0$  até X

Para cenário CC + AS nova alternativa CTB+UC

$$Cctb\_uc_n = CTB\_UCenv\_ano_n * CUctb\_uc$$

***Custo de operação da Usina de Compostagem***

Variável: Cuc

Para  $n = 0$  até X

Para cenário CC + AS nova alternativa CS + CTB+UC

$$Cuc_n = UCenv\_ano_n * CUuc$$

***Custo de disposição dos resíduos***

Variável: Cd

Para  $n = 0$  até X

$$Cd_n = Ton\_aterro\_ano_n * CUD$$

**Custo de operação**

Variável: Cop

Para n = 0 até X

*Cenário CC + AS sem introdução de nova alternativa*

$$Cop_n = Cct_n + Cd_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CTB*

$$Cop_n = Cct_n + Cctb_n + Cd_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CTB+ UC*

$$Cop_n = Cct_n + Cctb\_uc_n + Cd_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CS + CTB*

$$Cop_n = Cct_n + Ccs\_ctb_n + Cd_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CS +CTB+ UC*

$$Cop_n = Cct_n + Ccs\_ctb_n + Cuc_n + Cd_n$$

**Receita obtida com a venda dos resíduos recicláveis**

Variável: Recrr

Para n = 0 até X

$$Recrr_n = CTBrrano_n * Pr eçorr$$

**Receita obtida com a venda do composto**

Variável: Reccomp

Para n = 0 até X

$$Reccomp_n = CompUm_n * Pr eçocomp$$

**Custo evitado de disposição**

Variável: Cevitado

Para n = 0 até X

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CTB*

$$Cevitado_n = CTBrrano_n * CUd$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CTB+UC*

$$Cevitado_n = (CTBrr\_ano + CompUm) * CUd$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CS+CTB*

$$Cevitado_n = CTBrr\_ano_n * CUd$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CS+ CTB+UC*

$$Cevitado_n = (CTBrr\_ano + CompUm) * CUd$$

**Custo total de operação**

Variável: Ctot

Para n = 0 até X

*Cenário CC + AS sem introdução de nova alternativa*

$$Ctot_n = Cop_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CTB*

$$Ctot_n = Cop_n - Recrr_n - Cevitado_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CTB+UC*

$$Ctot_n = Cop_n - Recrr_n - Reccomp_n - Cevitado_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CS +CTB*

$$Ctot_n = Cop_n - Recrr_n - Cevitado_n$$

*Cenário CC + AS introdução de nova alternativa CS + CTB+UC*

$$Ctot_n = Cop_n - Recrr_n - Reccomp_n - Cevitado_n$$

**Custo mensal de operação**

Variável: Cmes

Para n = 0 até X

$$Cmes_n = \frac{Ctot_n}{12}$$

**Custo por habitante por ano de operação**

Variável: Chab

Para n = 0 até X

$$Chab_n = \frac{Ctot_n}{Pop_n}$$

**Cálculo do custo médio de operação durante a vida útil - anos**

Variável: Anos\_custo

Para n = 0 até X

$$Anos\_custo=0$$

SE

$$Vol\_aterro\_acum_n < Vol\_disp$$

ENTÃO

$$Anos\_custo_n = Anos\_custo + Ctot_n$$

SENÃO

**Cálculo do custo médio de operação durante a vida útil - meses**

Variável: Meses\_custo

Para n = 0 até X

 $Meses\_custo = 0$ 

SE

 $Vol\_aterro\_acum_n > Vol\_disp$ 

ENTÃO

 $Meses\_custo_n = Cmes_n$ **Custo médio de operação durante a vida útil**

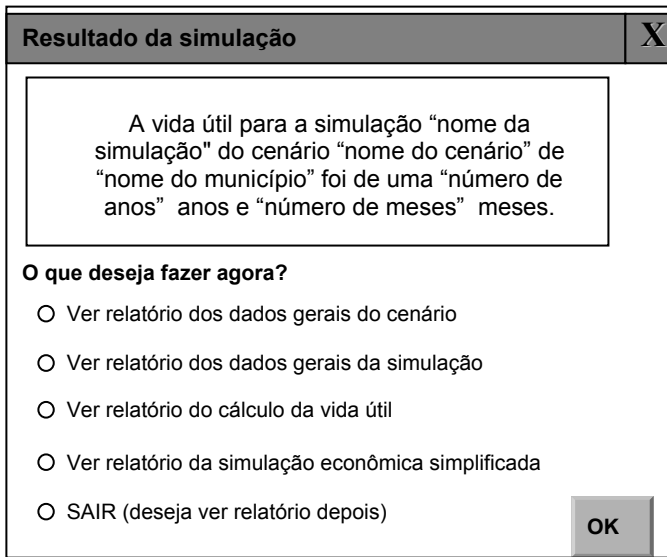
Variável: CMvu

$$CMvu = \frac{(Anos\_Custo + Meses\_VU * Meses\_custo)}{\left(Anos\_VU + \frac{Meses\_VU}{12}\right)}$$

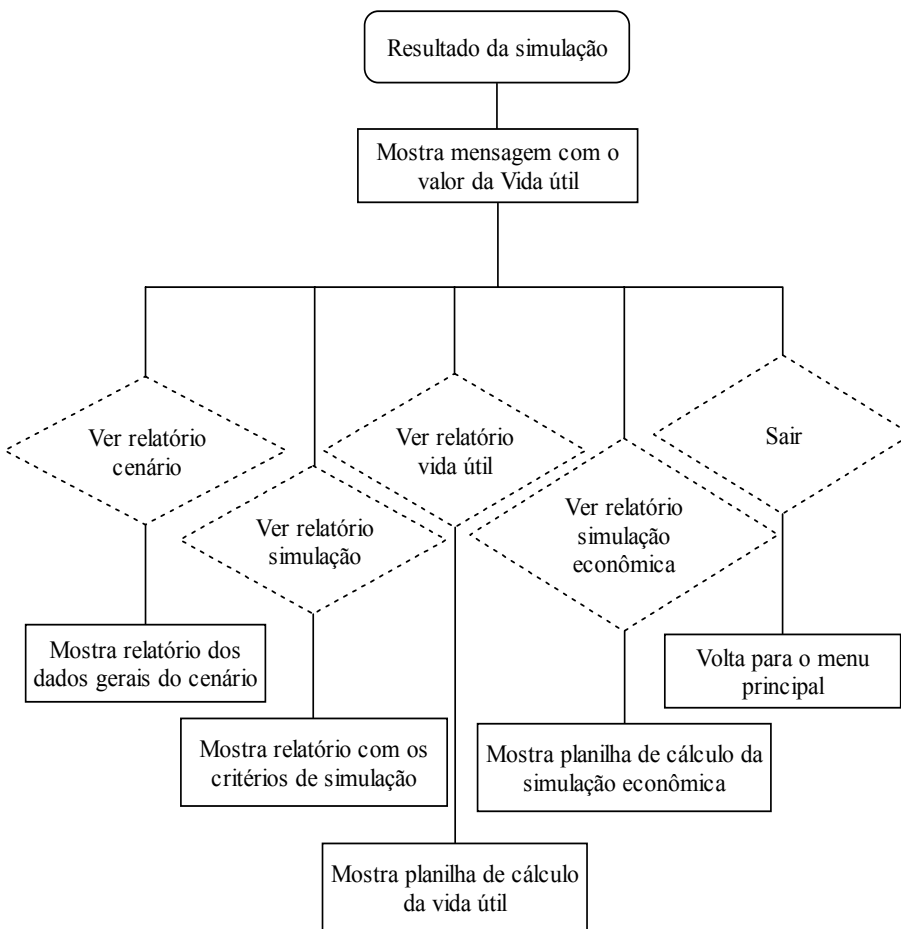
Para facilitar a atividade de codificação elaborou-se um fluxograma referente às restrições de cálculo para cada nova alternativa de gestão (Apêndice C). O procedimento para o cálculo da vida útil e para a simulação econômica simplificada também foi desenhado em forma de fluxograma, pois desta forma, o programador conseguia ter uma visão geral do sistema, caso que não ocorria olhando somente as rotinas de cálculo descritas anteriormente (APÊNDICE D).

Depois de realizada a simulação pelo SAD GIRSID irá aparecer uma tela com o valor da vida útil do aterro sanitário para este cenário e as opções de relatórios para o usuário ver. Esta tela poder ser visualizada na Figura 10.103 e o fluxograma referente a esta tela na Figura 10.104.





**Figura 10.103: Representação da tela “Resultado da simulação”**



**Figura 10.104: Fluxograma referente à tela “Resultados da simulação”**

#### 10.4. Bloco Relatório

O relatório é dividido em quatro partes:

- Parte I: referente aos dados gerais, ou seja, à caracterização do município e dados sobre a GIRSUD;
- Parte II: referente aos critérios de simulação do cenário;
- Parte III e IV: referente às planilhas de cálculo, uma com relação à vida útil do aterro sanitário e a outra referente à simulação econômica simplificada.

Para o usuário visualizar qualquer um dos quatro relatórios é necessário antes preencher uma tela que irá indicar o caminho do cenário e da simulação cujos relatórios deseja-se conhecer. As Figuras 10.105 e 10.106, mostram respectivamente esta tela e o fluxograma.

Relatório GIRSUD X

Escolha a simulação para o qual deseja gerar o relatório de ...

Selecione a região

Selecione o estado

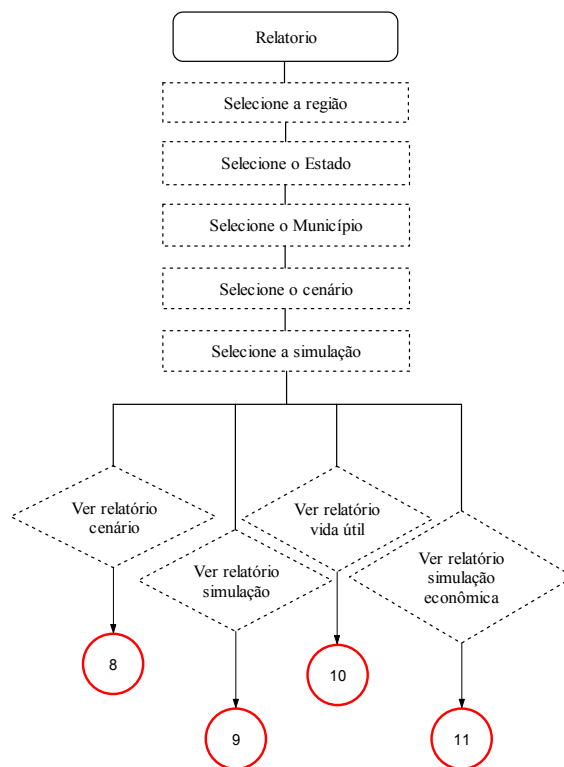
Selecione o município

Cenários cadastrados

Simulações disponíveis

VOLTAR CONTINUAR

**Figura 10.105: Representação da tela “Relatório GIRSUD”**



**Figura 10.106: Fluxograma referente a tela “Relatório GIRSUD”**

#### 10.4.1. Dados Gerais do Cenário

Este relatório fornece informações somente sobre o cenário, que corresponde aos dados preenchidos pelo usuário na etapa Cenário – Novo Cenário. Estas informações são: nome do município, nome do cenário, destino dos RSD, ano atual, descrição do cenário, seleção do cenário atual, produção de RSD, produção per capita, composição gravimétrica, volume disponível no aterro, índice de compactação e volume de cobertura.

A Figura 10.107 mostra um exemplo de relatório dos dados gerais do cenário. É importante que o leitor observe que os campos cujas bordas estão na cor vermelha indicam valores calculados pelo SAD. Já os campos cujas bordas são pretas correspondem a valores digitados pelo usuário.

Data	Pag	
<b>Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares</b>		
<b>Dados do município e cenário da gestão dos RSD</b>		
Município	<input type="text"/>	
População	<input type="text"/>	
Destino dos RSD	<input type="text"/>	
Ano atual	<input type="text"/>	
Nome do cenário	<input type="text"/>	
Descrição	<input type="text"/>	
Cenário atual de gestão	<input type="text" value="CC + AS"/>	
<b>Produção e composição gravimétrica dos resíduos</b>		
Produção atual de resíduos	<input type="text"/>	t/mês
Produção per capita atual	<input type="text"/>	kg/hab.dia
<b>Composição gravimétrica em peso</b>		
Ano	<input type="text"/>	
Papel/Papelão	<input type="text"/>	% <input type="text"/> t/mês
Vidro	<input type="text"/>	% <input type="text"/> t/mês
Plástico	<input type="text"/>	% <input type="text"/> t/mês
Metal	<input type="text"/>	% <input type="text"/> t/mês
Matéria Orgânica	<input type="text"/>	% <input type="text"/> t/mês
Outros	<input type="text"/>	% <input type="text"/> t/mês
<b>Aterro Sanitário</b>		
Volume disponível	<input type="text"/> m3	
Índice de compactação	<input type="text"/> t/m3	
Volume de cobertura	<input type="text"/> %	

**Figura 10.107: Relatório referente aos Dados Gerais do Cenário**

### 10.4.2.Dados Gerais da Simulação

Este relatório fornece informações sobre os critérios da simulação para um determinado cenário. As informações deste relatório correspondem aos dados preenchidos pelo usuário na etapa Cenário – Nova Simulação. Desta forma, os dados contidos neste relatório dependem do tipo de alternativa selecionada para ser acrescentada ou não na gestão dos RSD.

A Figura 10.108 mostra o relatório relativo a situação do usuário optar por não introduzir nenhuma nova alternativa de gestão.

Data	<b>Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares</b>		Pag
<b>Simulação do Cálculo da vida útil</b>			
<b>Cenário CC + AS</b>			
Simulação	<input type="text"/>	anos	
Produção per capita de resíduos	<input type="text"/>	% a.a	
Nova alternativa	<input type="text" value="NÃO"/>		
<b>Simulação Econômica Simplificada</b>			
Custo coleta e transporte	<input type="text"/>	R\$/t	
Custo disposição	<input type="text"/>	R\$/t	

**Figura 10.108: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: NÃO**

A Figura 10.109 mostra o relatório relativo a situação do usuário optar por introduzir a alternativa CTB, ou seja, a central de triagem e beneficiamento nenhuma nova alternativa de gestão.

Data	<b>Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares</b>	Pag
<b>Simulação do Cálculo da vida útil</b>		
<b>Cenário CC + AS</b>		
Simulação	<input type="text"/>	anos
Produção per capita de resíduos	<input type="text"/>	% a.a
Nova alternativa	<input type="text" value="CTB"/>	
Após quantos anos será introduzida nova alternativa	<input type="text"/>	
Eficiência inicial da nova alternativa	<input type="text"/>	%
Restrição da eficiência inicial	<input type="text"/>	%
A evolução da eficiência será de	<input type="text"/>	% a.a.
Restrição Evolução	<input type="text"/>	%a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/>	%
<b>Simulação Econômica Simplificada</b>		
Custo coleta e transporte	<input type="text"/>	R\$/t
Custo disposição	<input type="text"/>	R\$/t
Custo operação CTB	<input type="text"/>	R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/>	R\$/t

**Figura 10.109: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CTB**

A Figura 10.110 mostra o relatório relativo a situação do usuário optar por introduzir a alternativa CTB+UC, ou seja, a central de triagem e beneficiamento combinada com uma usina de compostagem, nenhuma nova alternativa de gestão.

Data	Pág
<b>Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares</b>	
<b>Simulação do Cálculo da vida útil</b>	
<b>Cenário CC + AS</b>	
Simulação	<input type="text"/> anos
Produção per capita de resíduos	<input type="text"/> % a.a
Nova alternativa	<input type="text" value="CTB + UC"/>
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa	<input type="text"/>
<b>CTB</b>	
Eficiência inicial da CTB	<input type="text"/> %
Restrição da eficiência inicial	<input type="text"/> %
A evolução da eficiência da CTB será de	<input type="text"/> % a.a
Restrição Evolução	<input type="text"/> %a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>UC</b>	
Eficiência inicial da UC	<input type="text"/> %
Restrição da eficiência inicial	<input type="text"/> %
A evolução da eficiência da UC será de	<input type="text"/> %a.a
Restrição Evolução	<input type="text"/> %a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>Simulação Econômica Simplificada</b>	
Custo coleta e transporte	<input type="text"/> R\$/t
Custo disposição	<input type="text"/> R\$/t
Custo operação CTB + UC	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda do composto	<input type="text"/> R\$/t

**FIGURA 10.110: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CTB+UC**

A Figura 10.111 mostra o relatório relativo a situação do usuário optar por introduzir a alternativa CS+CTB, ou seja, a central de triagem e beneficiamento combinada com uma usina de compostagem, nenhuma nova alternativa de gestão.

Data	Pag
<b>Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares</b>	
<b>Simulação do Cálculo da vida útil</b>	
<b>Cenário CC + AS</b>	
Simulação	<input type="text"/> anos
Produção per capita de resíduos	<input type="text"/>
Nova alternativa	<b>CS + CTB</b>
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa	<input type="text"/>
<b>CS</b>	
Porcentagem de resíduo recolhido pela CS	<input type="text"/> %
Restrição da porcentagem	<input type="text"/> %
Taxa de crescimento da coleta seletiva	<input type="text"/> % a.a
Restrição Evolução	<input type="text"/> % a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>CTB</b>	
Eficiência inicial da CTB	<input type="text"/> %
A evolução da eficiência da CTB será de	<input type="text"/> %
Restrição Evolução	<input type="text"/> %a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>Simulação Econômica Simplificada</b>	
Custo coleta e transporte	<input type="text"/> R\$/t
Custo disposição	<input type="text"/> R\$/t
Custo operação CS + CTB	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/> R\$/t

**FIGURA 10.111: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CS+CTB**

A Figura 10.112 mostra o relatório relativo a situação do usuário optar por introduzir a alternativa CS+CTB+UC, ou seja, a central de triagem e beneficiamento combinada com uma usina de compostagem, nenhuma nova alternativa de gestão.



Data	Pág
<b>Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares</b>	
<b>Simulação do Cálculo da vida útil</b>	
<b>Cenário CC + AS</b>	
Simulação	<input type="text"/> anos
Produção per capita de resíduos	<input type="text"/> % a.a
Nova alternativa	<b>CS + CTB + UC</b>
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa	<input type="text"/>
<b>CS</b>	
Porcentagem de resíduos recolhida pela CS	<input type="text"/> %
Restrição porcentagem CS	<input type="text"/> %
Taxa de crescimento da coleta seletiva	<input type="text"/> % a.a
Restrição Evolução	<input type="text"/> % a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>CTB</b>	
Eficiência inicial da CTB	<input type="text"/> %
A evolução da eficiência da CTB será de	<input type="text"/> %
Restrição Evolução	<input type="text"/> %a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>UC</b>	
Eficiência inicial da UC	<input type="text"/> %
Restrição quantidade UC	<input type="text"/> %
A evolução da eficiência da CTB será de	<input type="text"/> %
Restrição Evolução	<input type="text"/> %a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
<b>Simulação Econômica Simplificada</b>	
Custo coleta e transporte	<input type="text"/> R\$/t
Custo disposição	<input type="text"/> R\$/t
Custo operação CS + CTB	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/> R\$/t
Custo UC	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio venda composto	<input type="text"/> R\$/t

**FIGURA 10.112: Relatório referente aos dados da simulação – Nova alternativa: CS+CTB**

### **10.4.3. Relatório do cálculo da vida útil e da simulação econômica simplificada**

O relatório do cálculo da vida útil e da simulação econômica simplificada é uma planilha contendo as informações da simulação. O número e tipo de coluna desta planilha irão depender da alternativa de gestão a ser introduzida ou não durante o período de simulação do cenário.

A Figura 10.113 mostra estes relatórios relativos a situação do usuário optar por não introduzir nenhuma nova alternativa de gestão.

A Figura 10.114 mostra os relatórios, cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada, relativos à situação do usuário optar por introduzir a central de triagem e beneficiamento (CTB) como nova alternativa de gestão.

A Figura 10.115 mostra os relatórios, cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada, relativos à situação do usuário optar por introduzir a central de triagem e beneficiamento (CTB) combinado com a usina de compostagem (UC) como nova alternativa de gestão.

A Figura 10.116 mostra os relatórios, cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada, relativos à situação do usuário optar por introduzir a coleta seletiva (CS) juntamente com uma central de triagem e beneficiamento (CTB) na gestão dos RSD.

Finalmente, a Figura 10.117 mostra os relatórios, cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada, relativos à situação do usuário optar por introduzir a coleta seletiva (CS) juntamente com uma central de triagem e beneficiamento (CTB) e uma usina de compostagem (UC) na gestão dos RSD.

**SIMULAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO**VIDA ÚTIL  Anos  meses

Término entre

e

N	Ano	População	PPC kg/hab.dia	Produção		CC t/mês	Resíduo aterrado		Volume cobertura	Aterro Sanitário		
				t/d	t/mês		t/mês	m3/mês		Volume total		
										m3/mês	m3/ano	Acumulado

**SIMULAÇÃO ECONOMICA SIMPLIFICADA**

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto  R\$/t

n	Ano	População	Qdd CC t/ano	Aterro t/ano	Custo					hab./ano
					Coleta +transp R\$	Disposição R\$	Operação R\$	Total R\$	Mensal R\$	

**FIGURA 10.113: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: NÃO**

**SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO**

VIDA ÚTIL  Anos  meses      Término entre  e

N	Ano	Pop	PPC	Produção		CC	CTB t/mês			Aterro Sanitário						
				Kg/hab.dia	t/d		t/mês	enviada	resíduos Recicláv	rejeito	Resíduo aterrado		Volume cobertura	Volume total		
											t/mês	m3/mês		m3/mês	m3/ano	Acumulado

**SIMULAÇÃO ECONOMICA SIMPLIFICADA**

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto  R\$/t

N	Ano	Pop	Qdd CC t/ano	Qdd CTB (t/ano)			Custo								
				enviada	Res. Rec.	Aterro t/ano	Coleta +transp	Operação CTB	Disposição	Operação	Receita Venda	Custo Evitado dispor	Custo		
													Total	Mensal	hab./ano

**FIGURA 10.114: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CTB**

**SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO**

VIDA ÚTIL  Anos  meses      Término entre  e

n	Ano	Pop	PPC	Produção		CC t/mês	CTB + UC enviada	CTB res. Rec.	UC comp. Um	CTB + UC rejeito	Aterro Sanitário					
				t/d	t/mês						Resíduo aterrado		Volume	Volume total		
											t/mês	m <sup>3</sup> /mês	cobertura	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /ano	Acumulado

**SIMULAÇÃO ECONOMICA SIMPLIFICADA**

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto  R\$/t

n	Ano	Pop	Qdd CC	Qdd enviada CTB+UC	Qdd Res.rec CTB	Qdd Comp	Aterr o t/ano	Custo				Receita			Custo		
								Coleta +transp	CTB + UC	Dispo r	Operação	Res. Rec.	Compost o	Cust. Evitado disposição	Total	Mensal	hab./ano

**FIGURA 10.115: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CTB+UC**

### SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO

VIDA ÚTIL  Anos  meses  e

n	Ano	Pop	PPC	Aterro Sanitário												
				Produção		CC t/mês	CS t/mês	CTB t/mês			Resíduo aterrado		Volume	Volume total		
				t/d	t/mês			qdd enviada	res. Recí	rejeito	t/mês	m3/mês	cobertura	m3/mês	m3/ano	Acumulado

### SIMULAÇÃO ECONOMICA SIMPLIFICADA

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto  R\$/t

n	Ano	Pop	Qdd CC	Qdd CS	Qdd CTB enviada	CTB qdd Resíduos recicláveis	Aterro t/ano	Custo				Receita		Custo		
								Coleta + transporte	CS + CTB	Dispor	Operação	Venda	Cust. Evitado disposição	Total	Mensal	hab./ano

FIGURA 10.116: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CS+CTB

**SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO**

VIDA ÚTIL  Anos  meses Término entre  e

n	Ano	Pop	PPC	Produção		CC t/mês	CS t/mês	CTB t/mês			UC (t/mês)			Resíduo aterrado		volume cobertura	Volume total			
				t/d	t/mês			env	res.Rec	rejeito	enviado	comp	rejeito	t/mês	m3/mês		m3/mês	m3/ano	Acumulado	

**SIMULAÇÃO ECONOMICA SIMPLIFICADA**

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto  R\$/t

n	Ano	Pop	Qdd CC	Qdd CS	CTB		UC		Aterro t/ano	Custo					Receita			Custo									
					Qdd enviada	qdd Res.rec	Qdd Env.	qdd comp		Coleta+ transp	CS + CTB	UC	Dispor	Oper	Venda Res.	Venda Comp	Cust.Evitado disposição	Total	Mensal	hab/ ano							

**FIGURA 10.117: Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CS+CTB+UC**

## 11. VALIDAÇÃO

A validação do sistema foi dividida em duas fases: a primeira correspondente ao término do software que foi realizada pelo agente cognitivo e a segunda fase referente à aplicação do programa numa situação real que foi realizada pelo gestor dos RSD de São Carlos (SP).

A primeira fase de validação é também conhecida como teste do software que consistiu em executar o programa no intuito de descobrir possíveis erros e falhas que ainda estejam ocorrendo no sistema. Estes erros podem ser desde botões que não desempenham a função especificada até resultados que não estejam corretos, devido falhas no cálculo.

Os erros relativos aos botões foram verificados navegando pelo programa. Quando um botão não executava a ação programada anotava-se este erro no relatório de erros (APÊNDICE D).

Já os erros relativos à falhas no cálculo, podiam ser de duas naturezas – cálculo concebido ou transcrito errado. A verificação dos cálculos foi realizada mediante comparação das simulações numa planilha Excel que foi construída para visualizar passo a passo os cálculos. Os erros também eram passados para o relatório de erros para o programador consertar.

O teste do software realizado pelo agente cognitivo antes de implementar o sistema é importante, pois contribui para aumentar a confiabilidade do software no que se refere ao desempenho das funções planejadas.

Alguns defeitos e erros não revelados durante o teste do software poderão se manifestar durante a utilização pelos usuários, que corresponde a segunda etapa da validação.



## **12. APLICAÇÃO DO SAD PARA A GIRSUD DE SÃO CARLOS**

A aplicação do SAD para a GIRSUD de São Carlos foi a segunda fase da validação do sistema. Como somente o primeiro módulo do Sistema de Apoio à Decisão foi desenvolvido, a aplicação para o município de São Carlos foi realizada considerando a antiga situação de gestão dos resíduos sólidos urbanos domiciliares da cidade, ou seja, em que todo o resíduo sólido domiciliar era coletado misturadamente e encaminhado para o aterro sanitário municipal.

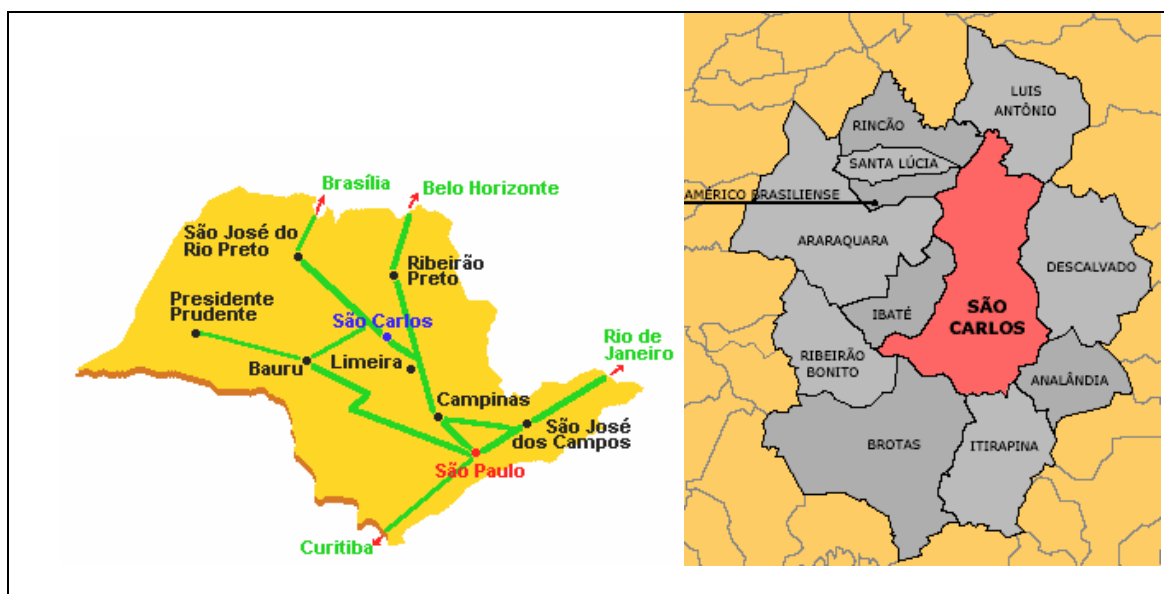
A aplicação do SAD GIRSUD foi realizada por duas pessoas responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos de São Carlos.

Esta aplicação teve três objetivos principais, primeiro o de verificar se as funções do sistema estavam de acordo com o planejado e se todos os elementos do sistema combinavam-se adequadamente. O segundo objetivo da aplicação foi verificar a coerência dos resultados obtidos pela simulação com a situação real e, por último analisar a usabilidade do SAD desenvolvido.

### **12.1. Características do município**

São Carlos está situada na parte centro-oriental do estado de São Paulo. Limita-se ao norte com os municípios de Rincão, Luís Antônio e Santa Lúcia; ao Sul com Ribeirão Bonito, Brotas e Itirapina; a Oeste com Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense e a Leste com Descalvado e Analândia (PMSC, 2003).

A Figura 12.1 mostra a localização de São Carlos no Estado de São Paulo e os municípios que fazem fronteiras.



**Figura 12.1: Localização de São Carlos no Estado de SP e municípios vizinhos.**

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS, 2003

O Quadro 12.1 fornece outras informações sobre o município.

**Quadro 12.1: Dados Gerais de São Carlos**

Informações	
Área total	1.141 km <sup>2</sup>
Área Rural	1.073 km <sup>2</sup>
Área Urbana	68 km <sup>2</sup>
População (2004)	209.009 habitantes
População Urbana	200.160 habitantes
População Rural	8.849 habitantes
Taxa de crescimento da população (2000/2004)	2,06% a.a

Fonte: IBGE (2004), SEADE (2004)

## 12.2. Gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos domiciliares

De acordo com os dados fornecidos pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia da Prefeitura Municipal de São Carlos, a gestão dos resíduos sólidos urbanos domiciliares na cidade de São Carlos compete à Prefeitura Municipal que terceirizou parte dos serviços a Vega Engenharia Ambiental S/A, que hoje é responsável pela coleta convencional, transporte, tratamento e destinação final dos RSD. Os resíduos coletados são destinados diretamente ao Aterro Sanitário, o qual necessitará de ampliação em curto espaço de tempo.

A produção de RSD em São Carlos está em torno de 4100 t mensais, ou seja, cerca de 137 t/dia. Deste total, aproximadamente 100 t/mês são recolhidos pela coleta seletiva e o restante, 4000 t/mês pela coleta convencional. Para uma população de 209.009 habitantes a produção per capita de resíduos fica em torno de 0,654 kg/hab.dia.

GOMES (1989), realizou o levantamento da composição gravimétrica dos RSD de São Carlos chegando aos seguintes valores mostrado no Quadro 12.2.

**Quadro 12.2: Composição Gravimétrica dos RSD de São Carlos**

Componente	Porcentagem em Peso (%)
Matéria Orgânica	56,7
Papel	21,3
Plástico	8,5
Metal	5,4
Trapos	3,4
Madeira, couro, borracha	2,3
Vidro	1,4
Inertes	1,3

Fonte: GOMES (1989)

O serviço de coleta convencional beneficia 100% da área urbanizada. A frequência desta coleta varia de acordo com a região e a produção de resíduos, podendo ser diária e de até três vezes por semana.

Já os RSD recolhidos pela coleta seletiva são encaminhados para três centrais de triagem e beneficiamento onde os resíduos são separados por tipos, prensados, armazenados para depois serem comercializados.

A coleta seletiva teve início em junho de 2002, com o projeto piloto no bairro Vila Nery como iniciativa da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia juntamente com o Fórum Comunitário do Lixo. Desde então a coleta seletiva vem se expandindo e hoje 50 bairros são atendidos. A realização da coleta seletiva é feita por três cooperativas (Ecoativa, Cooletiva e Coopervida), sendo que uma delas é constituída exclusivamente por mulheres.

A coleta seletiva dos resíduos recicláveis permitiu a inclusão social com geração de renda, por meio do envolvimento de pessoas que já trabalhavam informalmente recolhendo os resíduos recicláveis, tanto no aterro como na área urbana como no aterro sanitário municipal.

O investimento inicial aplicado em infra-estrutura, equipamentos (inclusive aluguel do caminhão) e auxílio aos cooperados (primeiros seis meses) foi cerca de R\$ 40 mil (FERNANDEZ, 2003).

A forma de disposição final dos resíduos sólidos domiciliares em São Carlos é o aterro sanitário, que está localizado na Fazenda Guaporé, zona rural do município, e está distante da sede municipal cerca de 12 km. O aterro está localizado sobre o aquífero Botucatu – Pirambóia e pertence à bacia hidrográfica do Tietê Médio Inferior – Tietê – Jacaré. O acesso é feito através da Rodovia Washington Luis.

A estrutura do aterro ocupa uma área de 180 mil m<sup>2</sup>, sendo 95 m<sup>2</sup> destinados para as edificações existentes e o restante da área (179.905 m<sup>2</sup>) está direcionado para a disposição final de resíduos domiciliares e para os acessos e circulação.

O custo do aterro sanitário para a Prefeitura é de R\$ 5.000,00/mês. A cobrança pelos serviços de limpeza pública não é feita diretamente mediante taxa ou tarifa, o que existe é um valor embutido no IPTU (FERNANDEZ, 2003).

O Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares realizado em 1999 pela CETESB, classifica as áreas de destinação de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo, por meio do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR, cujo cálculo envolve 41 variáveis nos aspectos relacionados com localização, infraestrutura e condições operacionais de cada aterro. Segunda esta classificação, o aterro sanitário de São Carlos obteve nesta avaliação IQR igual 9.1, o que significa, estar operando em condições adequadas.

### **12.3. Aplicação do SAD GIRSU para São Carlos**

A aplicação do SAD GIRSU foi realizada por dois profissionais da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia, responsáveis pela gestão dos RSD de São Carlos.

A aplicação do software teve como objetivo verificar a validação do programa em dois momentos - primeiro com relação à usabilidade do programa, ou seja, se o sistema é amigável e de fácil compreensão para o usuário, pois se trata de um ambiente novo para ele e, segundo com relação à coerência dos resultados obtidos para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares do município.

#### **12.3.1. Resultados da aplicação: usabilidade**

Com relação à usabilidade do sistema desenvolvido notou-se uma pequena dificuldade em se adaptar ao software. Parte desta dificuldade pode ser atribuída à falta do Manual do Usuário, que no momento da aplicação não estava disponível.

O esquema de abas utilizado para o preenchimento das telas não se mostrou muito eficiente, pois ambos os usuários apresentavam a tendência de clicar nos botões e não nas abas propriamente dita.

O botão informativo, caracterizado pelo ponto de interrogação, era pouco acessado. Mesmo o usuário tendo dúvidas com relação a alguma etapa do preenchimento ele não clicava neste botão.

Com relação ao tempo de processamento dos cálculos não houve reclamação.

De forma geral, o programa foi considerado uma ferramenta útil e interessante pelos gestores.

### **12.3.2. Resultados da aplicação: coerência**

Apesar do módulo CC+CS+CTB+AS não ter sido desenvolvido, foi possível realizar a simulação do cenário atual para São Carlos. Este cenário foi testado selecionando o módulo 1 (CC+AS) e acrescentando como alternativa a opção CS+CTB. Mas para que se tornasse o cenário atual foi necessário introduzir a alternativa imediatamente, ou seja, digitar o valor zero no campo em que é requerido inserir a informação sobre após quantos anos será introduzida a nova alternativa.

Os dados inseridos por um dos gestores durante o preenchimento dos Dados Gerais do cenário e dos Dados da simulação podem ser observados no Quadro 12.3 abaixo.

**Quadro 12.3: Resumo dos dados da simulação para São Carlos**

<b>Informação requerida</b>	<b>Informação inserida</b>
<b>Dados Gerais</b>	
Nome do cenário	Paulo
Destino RSD	Aterro sanitário
Ano atual	2004
Produção de resíduos	4100 t/mês
Volume aterro	200.000 m <sup>3</sup>
Índice de compactação	0,8 t/m <sup>3</sup>
Volume de cobertura	20%
<b>Dados da simulação</b>	
Para quantos anos será feita a simulação?	6 anos
Taxa de crescimento da população	2,5 % a.a.
Produção per capita	Variação de 0,5 % a.a.
Nova alternativa	CS+CTB
<b>Dados CTB</b>	
Após quantos anos será introduzido?	0
Eficiência inicial	80%
Evolução da eficiência	Constante
<b>Dados CS</b>	
Após quantos anos será introduzido?	0
Eficiência inicial	2,5%
Evolução da eficiência	20% a.a.
<b>Dados Simulação econômica</b>	
Custo coleta e transporte de resíduos	57,00 R\$/t
Custo de disposição	23,00 R\$/t
Custo de operação da coleta seletiva mais central de triagem e beneficiamento	170,00 R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	300,00 R\$/t

O resultado da simulação foi uma vida útil de 1 ano e 8 meses para o aterro sanitário de São Carlos, valor este compatível ao estimado que seria de 1 anos e 6 meses.

Com relação à planilha de simulação econômica houve uma ressalva, pois o preço resultante da comercialização dos resíduos não deveria ser contabilizada

para o caso particular de São Carlos. Segundo o gestor, se a contabilização dos custos/benefícios for analisado sob o ponto de vista da Prefeitura, a parcela referente a venda dos resíduos recicláveis não poderia entrar pois a receita obtida é dividida entre os cooperados.

Neste sentido a fórmula aplicada para calcular o custo total deveria ser modificada de

$$Ctot_n = Cop_n - Recrr_n - Cevitado_n$$



### 13. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Admitindo a complexidade presente no sistema de resíduos sólidos, a primeira consideração a ser feita é que esta pesquisa é apenas uma parte, um nó, um ponto, da extensa rede que é o sistema de resíduos sólidos.

Especificamente, com relação à gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos domiciliares conclui-se que:

- A GIRSUD deve ser trabalhada e estudada de forma sistêmica, holística e integrada uma vez que os resíduos sólidos são influenciados por diversos fatores (clima, população, hábitos de consumo, economia predominante, entre outros), exercendo desta forma, influência sobre outros sistemas (drenagem, transporte, ambiente urbano, entre outros).
- É urgente uma mudança na gestão dos RSD expandindo do conceito de hierarquia RSD (reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e dispor, nesta ordem) para as redes. A rede é um conceito que vem emergindo em várias áreas (ecologia, cibernética, física) e permite uma abordagem integrada e contextualizada do problema na medida em que se trabalha com relações e processos.
- Apesar de existir vários modelos e exemplos de gestão de resíduos sólidos, não se devem ignorar as diferenças fundamentais de capacidade econômica, disponibilidade de qualificação técnica e características ambientais e sociais peculiares de cada região;
- A decisão sobre quais alternativas adotar para a GIRSUD deve nascer da complementaridade das opções existentes de forma a reduzir a dependência existente com relação à utilização intensiva dos aterros sanitários;
- A gestão é uma etapa importantíssima para se alcançar o manejo adequado dos resíduos sólidos, porém o correto gerenciamento das diretrizes e metas estabelecidas durante o processo de gestão também são imprescindíveis. Um exemplo bastante

claro desta conclusão refere-se ao índice de compactação adotado para o aterro sanitário. Se o gestor, durante o processo de simulação inferir que o índice de compactação do aterro sanitário é de  $0,8 \text{ t/m}^3$  e pedir para o programa calcular a vida útil do aterro sanitário será mostrado um valor para o gestor. Porém se a operação deste aterro sanitário não alcançar este valor inferido todo o cálculo e estudos baseados no valor obtido da vida útil não fará mais sentido. E neste caso, não foi a simulação a culpada pelo erro e sim o mau desempenho do gerenciamento do aterro sanitário.

Com relação à pesquisa prospectiva realizada utilizando o Método Delphi tem-se que:

- Este método não proporciona uma visão imutável do futuro, mas oferece uma base de informação para fomentar a tomada de decisão;
- Apesar de algumas limitações observadas pode-se considerar que a pesquisa obteve resultados interessantes, pois proporcionou a visão e valorização de algumas alternativas tecnológicas para a gestão dos resíduos sólidos urbanos domiciliares;
- Os resultados desta pesquisa podem auxiliar os gestores responsáveis pela limpeza urbana a definirem suas estratégias de gestão para os resíduos sólidos urbanos. Por exemplo, a partir da sistematização das respostas dadas pelos especialistas é possível elaborar cenários de gestão de resíduos sólidos, variando do mais pessimista ao mais otimista, com possíveis metas baseadas em expectativas mais realistas para o município.
- Este método tem se mostrado interessante para a aplicação de indicação de tendências, suscitando dúvidas, críticas e lançando uma semente de discussão sobre o objeto estudado. Isto pode ser comprovado devido ao engajamento efetivo dos especialistas com o propósito da pesquisa uma vez que os resultados obtidos foram além das expectativas iniciais. Junto às respostas emitidas pelos especialistas

verificou-se também uma quantidade e qualidade de novas questões que contribuíram para melhorar o método e por consequência o processo de tomada de decisão na gestão dos resíduos sólidos.

Quanto ao sistema de apoio à decisão desenvolvido conclui-se que:

- A partir da mudança dos critérios de simulação diversos cenários podem ser testados, armazenados e comparados entre si. Desta forma, o sistema de apoio à decisão pode ser uma ferramenta bastante útil e eficaz para subsidiar as tomadas de decisão quanto à gestão dos RSD do município.
- Tanto a entrada de dados quanto a avaliação dos cenários simulados devem ser realizadas por um técnico especializado que saiba, ou tenha recebido treinamento prévio para inserir e interpretar os dados. Caso contrário, a simulação poderá mostrar resultados que não façam sentido para a realidade local.
- Este SAD pode ser visto como parte da rede de resíduos sólidos, na medida em que ele é uma ferramenta existente para auxiliar os gestores nas tomadas de decisão. Este SAD pode também ser ampliado para outros tipos de resíduos, além de poder ser utilizado em conjunto com outros SAD, como por exemplo, o desenvolvido por Lupatini (2002) que tem como objetivo auxiliar o gestor na escolha de locais para implantação de aterros sanitários.
- A participação do técnico especializado em informática para a codificação do modelo foi de suma importância, não só pela transcrição dos dados para a linguagem computacional, mas também, e principalmente, pelas discussões realizadas para se desenvolver uma interface que fosse fácil e atrativa ao usuário. Neste âmbito ganhou-se em aprendizado quanto às dificuldades e barreiras de se desenvolver um programa.

- Apesar do subsídio proporcionado pelo SAD desenvolvido os gestores não devem subestimar sua experiência profissional, pois esta auxilia o gestor na seleção das informações relevantes, na proposição de cenários a serem estudados, na validação do modelo e na análise dos dados.
- A principal vantagem deste SAD não é a simulação exata do problema, mas a possibilidade de avaliar os padrões de comportamento do sistema.

Quanto à aplicação do software para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos domiciliares de São Carlos verificou-se que:

- O resultado da vida útil do aterro sanitário gerado pela simulação dos cenários foi coerente com a situação atual, porém o resultado da simulação econômica deve ser revisado para se adaptar ao caso de São Carlos.
- A aplicação contribuiu para a melhoria do software tanto com relação aos aspectos visuais (seqüência de telas, botões informativos, diagramação) quanto conceituais (possibilidade de inserir números negativos para o caso da variação da produção per capita e valor zero para o caso de se introduzir uma nova alternativa imediatamente).
- A partir do teste do software realizado por usuários finais descobriram-se alguns erros e falhas no sistema que, não foram percebidos durante o teste realizado pelo agente cognitivo.
- Há carência por instrumentos que apóiem a tomada de decisão não somente para situações a longo prazo mas, principalmente, a curto prazo. Esta carência foi verificada pela tendência de se atribuir prazos pequenos para a simulação (2 e 6 anos).
- A utilização do software pelos gestores obteve ótimo desempenho, pois durante o acompanhamento do processo de simulação, observou-se que conforme novas telas

surgiam para serem preenchidas o gestor se questionava sobre qual valor colocar e porquê. Neste momento, verificou-se que o sistema desenvolvido poderia sim atuar como ferramenta de apoio à decisões estratégicas. Por exemplo, para preencher o campo sobre a variação ou não da produção per capita dos RS, o gestor se perguntou: “quero que a produção per capita do município decresça. (pausa) Mas para isso vou ter muito trabalho, pois terei que atuar diretamente com os geradores num processo de conscientização”. Num segundo momento, outra possibilidade foi levantada, quando o gestor afirmou “(...) pode ser também que ocorra um aumento da variação da produção per capita devido aos padrões de consumo cada vez mais altos... então... neste caso irei variar a produção per capita aumentando 0,5% a.a.”.

Como sugestões para trabalhos futuros destacam-se:

- Desenvolver as outras possibilidades de cenários e a aplicação deles em vários municípios a fim de mapear a situação da gestão dos resíduos sólidos urbanos domiciliares num contexto mais amplo, por exemplo, o estadual ou regional. Desta forma, talvez possa se começar a pensar em alternativas conjuntas entre municípios adjacentes.
- Ampliar o SAD incorporando outros aspectos, como por exemplo, relação dos resíduos sólidos e saúde pública e a relação das alternativas de gestão com as emissões atmosféricas. Seria interessante também aprofundar a análise econômica das alternativas de gestão.

## REFERÊNCIAS

ALLAWAY, D. Does source reduction work? **Resource Recycling**, p. 53-61, 1992.

ANDRADE, J.B.L.; SCHALCH, V. Determinação da composição gravimétrica, peso específico e teor de umidade dos resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus. In: **Revista de Limpeza Pública**, 1997, p. 27-31.

ALVES, F.C.G.; BLAETH, P.R. São Sebastião. In: EIGENHEER, E. M. **Coleta Seletiva de Lixo – Experiências Brasileiras nº 2**. Rio de Janeiro: CISR - Centro de Informações sobre Resíduos Sólidos, 1998, p. 17 -24.

ANDRADE, A.L. Pensamento Sistêmico: Um Roteiro Básico para perceber as Estruturas da Realidade Organizacional. **REAd – Revista eletrônica de Administração**, n. 4, 1997. Disponível em <[http:// read.adm.ufrgs.br/read05/artigo/andrade.htm](http://read.adm.ufrgs.br/read05/artigo/andrade.htm)>. Acesso em: 15 dez. 2003.

AQUINO CONSULTORES E ASSOCIADOS LTDA. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Itabuna – MG**. Mensagem pessoal.

ARAÚJO, V.S. **Gestão de Resíduos Especiais em Universidades**: Estudo de Caso da Universidade Federal de São Carlos. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

ARRUDA, E. O. et al. Florianópolis. In: EIGENHEER, E. M. **Coleta Seletiva de Lixo – Experiências Brasileiras nº 4**. Rio de Janeiro: CISR - Centro de Informações sobre Resíduos Sólidos, 2003, p. 19-26.

ASMUS, M.L.; KALIKOSKI, D.C. **Modelagem ecológica quantitativa: Primitivos necessários à aplicação em estudos ambientais**. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande – RS, 1999. Disponível em <<http://forester.sf.dfis.furg.br>> Acesso em: 10 out. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma NBR 8419** : Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - procedimento . São Paulo, 1992. 13 p.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR ISO 9004-4**: Gestão da qualidade e elementos do sistema de qualidade – Parte 4: diretrizes para a melhoria da qualidade. São Paulo, 1993.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR 8849** : Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos – procedimento . São Paulo, 1983.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR 10.004** : Resíduos sólidos – classificação. São Paulo, 2004. 71 p.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR 10.005:** Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. São Paulo, 2004. 16 p.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR 10.006:** Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. São Paulo, 2004. 3 p.

\_\_\_\_\_ **Norma NBR 10.007 :** Amostragem de resíduos sólidos. São Paulo, 2004. 21 p.

AZAMBUJA, E.A.K. **Proposta de gestão de resíduos sólidos urbanos – Município de Palhoça/SC.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC.

BAGBY, J. **City of Seattle: Past, Present and Future and The role of full cost accounting in solid waste management.** 1999. Disponível em <<http://www.cityofseattle.net/util/solidwaste/docs/reports/FCAcctSWarticle.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2004.

BARROS, R.T.V.; MÖLLER, L.M. **Saneamento e Meio Ambiente.** In: BARROS, R. T. V. et al. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. p 42 - 45.

BARROS JUNIOR, C.; TAVARES, C.R.G. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Maringá. **Anais...** In.: XIV COBEQ – Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Natal, 2002.

BERTALANFFY, L.V. The history and status of General Systems Theory. **Academy of Management Journal**, p. 407-426, 1972.

BIANCHI, O. et al. Índices de geração de resíduos poliméricos no município de Caxias do Sul através da caracterização física e gravimétrica. **Anais.** In: 7º Congresso Brasileiro de Polímeros. Belo Horizonte – MG, 2003.

BIDONI, A. R. F.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos.** 1ª Edição. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1999. 120 p.

BOFF, L. **A águia e a galinha – uma metáfora da condição humana.** 22ª edição. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997. 206p.

BORGES, A.M.P. **Estudo e acompanhamento do Projecto de Implementação do sistema de recolha Selectiva em Presidente Prudente – São Paulo.** Bragança, Portugal: Escola Superior Agrária de Bragança. Instituto Politécnico de Bragança, 2002. Relatório do Projecto final de licenciatura em Engenharia do Ambiente e Território.

BRANCO, S.M. **Ecosistêmica: Uma abordagem integrada dos problemas do Meio Ambiente**. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1999.

CALDERONI, S. **Os Bilhões perdidos no lixo**. 4ª edição. São Paulo: Humanitas Editora, 2003. 346p.

CAPRA, F. **From the Parts to the Whole: Systems Thinking in Ecology and Education**. 1994. Disponível em:  
<[http://systemsthinkingpress.com/freesystemsconcepts\\_sys\\_thinkers.htm](http://systemsthinkingpress.com/freesystemsconcepts_sys_thinkers.htm)>.  
Acesso em: 10 jan. 2004.

CAPRA, F. **A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Editora Pensamento Cultrix Ltda., 1999. 256 p.

CENTRO PANAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA E CIENCIAS DO AMBIENTE - CEPIS – Textos completos - **Composição dos resíduos sólidos de alguns municípios**. Disponível em <<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind59/prpca02.html>>  
Acesso em: 19 nov. 2003

CERQUEIRA, L.; FREITAS, E. Reciclagem – um mercado promissor. **Revista Saneamento Ambiental**, Ano XI, nº 62, p. 12-19, 2000.

CHURCHMAN, C.W. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Vozes Ltda., 1972.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA – CONDER. **Destinação final adequada do lixo urbano para municípios de pequeno porte**. Disponível em <<http://www.conder.ba.gov.br>>. Acesso em: 5 fev. 2004.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – COMLURB. **Composição atual do lixo**. 2001. Disponível em  
<[http://www2.rio.rj.gov.br/comlurb/ma\\_lcoletado.htm#comp\\_atual#comp\\_atual](http://www2.rio.rj.gov.br/comlurb/ma_lcoletado.htm#comp_atual#comp_atual)>.  
Acesso em: 19 nov. 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares** – Relatório síntese 1999. São Paulo: CETESB, 2000. 64 P.

\_\_\_\_\_ **Aterros Sanitários em Vala**. São Paulo: CETESB, 1997a. 34p.

\_\_\_\_\_ **Aterro Sanitário**. São Paulo: CETESB, 1997b. 40 p.

\_\_\_\_\_ **Incineração**. São Paulo: CETESB, 1997c. 21 p.

\_\_\_\_\_ **Caracterização de Resíduos**. São Paulo: CETESB, 1997d. 21 p.

\_\_\_\_\_ **Coleta Seletiva**. São Paulo: CETESB, 1997e. 14 p.



\_\_\_\_\_. **Inventário Brasileiro de gás metano gerado por resíduos.** Projeto BRA/95/G31, 1999.

\_\_\_\_\_. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas.** São Paulo: CETESB, 2001. 239 p.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM – CEMPRE. **Pesquisa Ciclosoft.** 2004a. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/pes\\_ciclosoft04.html](http://www.cempre.org.br/pes_ciclosoft04.html)>. Acesso em: 20 fev. 2004.

\_\_\_\_\_. **Fichas Técnicas.** 2004b. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas)>. Acesso em: 20 fev. 2004.

\_\_\_\_\_. **Mercado de recicláveis.** 2004c. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/2004-0102\\_mercado.php](http://www.cempre.org.br/2004-0102_mercado.php)>. Acesso em: 20 fev.2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 001/86** – estabelece as definições, responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como instrumento da Política nacional do meio Ambiente. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 005/86** – estabelece critérios para exigências de licenciamento para obras de saneamento. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

\_\_\_\_\_. **Resolução 275/01.** Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

COSTA, B.K.; ALEXANDRE, M.L. **A construção de cenários estratégicos aplicados a administração universitária.** In: VI ENANGRAD : Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração. 1995. Disponível em < [http://angrad.com/artigos\\_todos.asp](http://angrad.com/artigos_todos.asp)> Acesso em: 15 nov. 2002.

COSTI, P. et al. An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. **Waste Management**, v. 24, p.277-295, 2004.

CRAIGHILL, A.L.; POWELL, J.C. Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: a case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v.17, p. 75-96, 1996.

CULHS, K; GRUPP, H. Alemanha: Abordagens Prospectivas Nacionais. **Anais...** In: Seminário Internacional sobre estudos prospectivos em Ciência e Tecnologia. Brasília, 2000.

DE ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; DE CARVALHO, A. B. **Gestão Ambiental – Enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Makron Books, 2000.

DEPARTAMENTO DE LIMPEZA URBANA -LIMPURB. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares.** Mensagem Pessoal. São Paulo, 2004.

DEPARTAMENTO DE LIMPEZA URBANA DE CURITIBA – DLU. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares.** Mensagem Pessoal. 2004.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – DMLU. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares.** Mensagem pessoal. Porto Alegre, RS. 2004.

DIAS, S.M.F. Diretrizes para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em cidades de pequeno porte. **Anais...** In: 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador – Ba, 1995.

DÖLL, P.E.; MEDIONDO, M.; FUHR, D. Desenvolvimento de cenários como uma ferramenta para o planejamento regional. **Anais...** In: Workshop SRH –WAVES (WATER AVAILABILITY, VULNERABILITY OF ECOSYSTEMS AND SOCIETY IN THE NORTHEAST OF BRAZIL). Fortaleza, 2000.

DUPAS, M. A. **Pesquisando e Normalizando: Noções Básicas e Recomendações úteis para a Elaboração de Trabalhos Científicos.** São Carlos: EdUFSCar, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cenários do ambiente de atuação das organizações públicas de P&D para o agronegócio brasileiro, no horizonte dos próximos 10 anos.** Brasília, 2002.

EMPRESA DE LIMPEZA URBANA - EMLURB. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares.** Mensagem pessoal. Fortaleza, 2004.

ENVIRONMENT AND PLASTICS INDUSTRY COUNCIL – EPIC e CORPORATIONS SUPPORTING RECYCLING - CSR. **Integrated solid waste management tools** : “Measuring the environmental performance of waste management systems.” Canadá, 2000. 22 p.

ETSU for the Department of Trade and Industry. **An introduction to household waste management.** Oxforshire, UK, 1998. 55 p.

FEHR, M.; CALÇADO, M.R. Lixo Biodegradável no aterro nunca mais. **Revista Banas Ambiental**, v. 2, n.10, p. 12-20, 2001.

FERNANDEZ, J.A. B. **Contribuição para políticas públicas: Alternativas de gerenciamento de embalagens cartonadas pós-consumo.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

FERREIRA, J.A. Resíduos Sólidos: Perspectivas Atuais. In: SISINNO, C.L.S.; OLIVEIRA, R.M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. p. 19-40.

FIORUCCI, P. et al. Solid Waste Management in Urban Areas Development and Application of a Decision Support System. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 00, p. 1-28, 2002.

FIUZA, J.M.; FONTES, M.T; CRUZ, C.S. Nova tendência de disposição final de resíduos sólidos no estado da Bahia.: aterro sanitário simplificado. **Anais...** In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, 2002.

FLORES NETO, J.P. et al. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa – PB. **Anais...** In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro: ABES, 1999.

FOLHA DE SÃO PAULO, **Justiça interdita casas erguidas em lixão de Ribeirão Preto (SP)**. Caderno Ribeirão Preto. Disponível em <<http://noticias.bol.com.br/geral/2003/10/15/ult95u83964.htm>>. Acesso em: 16 out. 2003.

FREITAS, H. **Sistemas de Informação**: Tipologia. Disponível em < [http://www.ea.ufrgs.br/professores/hfreitas/disciplinas/adm01160/arquivos\\_aula/aula04-SIG.ppt](http://www.ea.ufrgs.br/professores/hfreitas/disciplinas/adm01160/arquivos_aula/aula04-SIG.ppt)>. Acesso em: 2 fev.2003.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Como destinar os resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: FEAM, 2002. 45 p.

GILNREINER, G. Waste minimization and recycling strategies and their changes of success. **Waste Management & Research**, v.12, p.271-283, 1994.

GIOVINAZZO, R. A. FISCHMANN, A. A. Delphi Eletrônico – Uma Experiência de Utilização da Metodologia de Pesquisa e seu Potencial de Abrangência Regional. **Anais...** In: XIV Congresso Latinoamericano de Estrategia. Buenos Aires, Argentina. 2001.

GOMES, L.P. **Estudo da Caracterização Física e da Biodegradabilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários**. 1989. Dissertação (Mestrado em hidráulica e Saneamento) - Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

GOMES, L.P. et al. Trincheiras em série para disposição final de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JR., J. A et al. **Resíduos Sólidos Urbanos : Aterro Sustentável para municípios de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p 51-105.

GOMES, L.P.; MARTINS, F.B. Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. In: CASTILHOS JR., J. A. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos pra pequenas comunidades**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2002. p 19-27.

GORGATI, C. Q. et al. Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos domiciliares no município de Camaçari (BA) visando a compostagem. **TECBAHIA - Revista Baiana de Tecnologia**. Camaçari, v. 16, n. 3, p. 56-60, 2001.

GRIMBERG, E. (2002). **Propostas para o problema dos resíduos sólidos domiciliares**. Disponível em <<http://www.polis.org.br/lixoecidadania/arsta.html>>. Acesso em: 21 dez. 2002.

GRIMBERG, E.; BLAUTH, P. Coleta Seletiva: Reciclando Materiais, Reciclando Valores. **Revista Polis**, nº 31, 1998.

HICKMAN JR., H.L. A Brief History of Solid Waste Management in the US during the last 50 years – Part 8. The Journal of Municipal Solid Waste Professionals. 2004. Disponível em: <<http://www.forester.net/mv-0107-history.html>>. Acesso em: 15 fev.2004.

HUHTALA, A. How much do money, inconvenience and pollution matter? Analysing households' demand for large-scale recycling and incineration. **Journal of Environmental Management**, v. 55, p. 27-38, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2001. 197 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2002. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo\\_coletado/lixo\\_coletado109.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm)>. Acesso em: 15 fev. 2004.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE – IDEMA. 2001. **Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no estado do Rio Grande do Norte**. Disponível em <<http://www.idema.rn.gov.br/cma/slca/05 - caracterização.pdf>> Acesso em 19 nov. 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2. edição. São Paulo: IPT, 2000. 370 p.

JARAMILLO, J. **Resíduos Sólidos Municipales**: Guia para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington: Organización Mundial de la Salud, 1991. 169 p.

JUCA, J. F. T. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. **Anais...** In: 10º SILUBESA – SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Braga, Portugal. 2002.

JUCA, J.F.T. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Anais...** In: 5º Congresso Brasileiro de Geotécnica Ambiental. Porto Alegre, RS. 2003.

JUNKES, M.B. **Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

KAYO, E. K.; SECURATO, J. R. Método Delphi: fundamentos, críticas e vieses. **Cadernos de pesquisa em administração**, v. 1, n.4, p. 51- 61, 1997.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002. 322p.

LANGE, L.C.; SIMÕES, G.F; FERREIRA, C.F.A. Aterro Sustentável: um estudo para a cidade de Catas Altas, MG. In: CASTILHOS JR., J. A. **Resíduos Sólidos Urbanos : Aterro Sustentável para municípios de Pequeno Porte.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p 143-197.

LEÃO, S.; BISHOP, I.; EVANS, D. Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modeling in a GIS environment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 33, p. 289 –313. 2001.

LEITE, F.S.S. et al. Impacto na saúde dos catadores do Lixão da Terra e estudo gravimétrico. **Revista Bio**, Ano II, n. 3, 1990.

LEITE, W.C. **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5) como referência.** 1997. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LIMA, J.D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil.** 1.edição. Campina Grande: 2001. 267 p.

LIMA, U.C.; PIZA, F.J.T. Comparação de Viabilidade econômica entre as soluções isolada e consorciada na gestão de resíduos sólidos domésticos nos municípios do interior de São Paulo. **Anais.** In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, RJ. 1999.

LOBER, D.J. Municipal solid waste policy and public participation in household source reduction. **Waste Management & Research**, v. 14, p. 125-143, 1996.

LOGAREZZI, A. **Oficina de conceitos da cadeia da reciclagem de resíduos.** São Carlos: UFSCar/ Departamento de Engenharia de Materiais, 2002. Notas de aula.

LOGAREZZI, A. Contribuições conceituais para o gerenciamento de resíduos sólidos e ações de educação ambiental. In: LEAL, A.C. **Resíduos Sólidos no Pontal do**

**Paranapanema**, Presidente Prudente, São Paulo: Antonio Thomaz Junior, 2004. p. 221-244.

LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterro sanitário**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MAC DONALD, M. Solid Waste Management models: a state of the art review. **Journal of solid waste technology and management**, v. 23, n.2, p.73-83, 1996.

MAÇADA, A. C. G.; BORENSTEIN, D. **Medindo a satisfação dos usuários de um sistema de apoio à decisão**. In: 24 ENCONTRO NACIONAL DA ANPAD, 2000. Florianópolis. Disponível em <<http://www2.furg.br/depto/dceac/sio/sefa.pdf>> Acesso em: 2 fev. 2003.

MANCINI, P. J. P. **Uma avaliação do sistema de coleta informal de resíduos sólidos recicláveis no município de São Carlos, SP**. 1999. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Programa de Pós graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

MANZO, V. H. **Estudo da composição gravimétrica e físico química dos resíduos sólidos domiciliares do município de Vitória – ES**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

MARTINHO, C. **Redes – uma introdução às dinâmicas da conectividade e da auto organização**. Brasília: WWF – Brasil, 2003. 91 p.

MASSUKADO, L.M. **Pesquisa sobre resíduos sólidos urbanos domiciliares utilizando o Método Delphi**. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil, 2003. Trabalho para a disciplina Métodos de coleta de dados para estudos urbanos.

MASSUKADO, L.M.; ZANTA, V.M. **Método Delphi – uma ferramenta de apoio para a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Anais...** In: XI SILUBESA – Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal - RN. 2004.

MILANEZ, B. **Resíduos Sólidos e Sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

MORIN, E. **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. 6ª edição. Brasília: UNESCO, 2002.

MORRISEY, A.J.; BROWNE, J. Waste Management models and their application to sustainable waste management. **Waste Management**, v.24, p. 297-308, 2004.

MOTTA, R. S. **Contabilidade ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil.** Rio de Janeiro: 1995.

NAKAO, S. H.; BERTO, M. A. Aspectos do modelo de simulação de resultados na abordagem do GECON. **Anais...** In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, São Paulo. 1999.

NUNES, L.R. **Tecnologia do PVC.** São Paulo: Pro Editores, 2002, 400 p.

NUNESMAIA, M. F. S. **Lixo: soluções alternativas – projeções a partir da experiência UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana.** Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 1997. 152 p.

O'BRIEN, J. A. Sistemas de informação para apoio à decisão gerencial. In: \_\_\_\_\_. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da Internet.** São Paulo: Ed. Saraiva, 2001. p. 246 – 258.

OLIVEIRA, A.M.V et al. Caracterização de Resíduos Sólidos domiciliares na cidade de Salvador. **Anais....** In: IV Seminário Nacional sobre resíduos sólidos, Recife –PE. 2002.

OLIVEIRA, A.S.D. **Método para viabilização de implantação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: o caso do município do Rio Grande – RS.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2002.

OLIVEIRA, S.; et al. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos (RSD) da cidade de Botucatu/SP. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 4, n. 3, 1999.

PELEGRINO, S.A.C. **Gestão de Resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: sistematização de diretrizes e procedimentos.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: Processo de baixo custo.** Belo Horizonte: Editora UFU/SLU/UNICEF, 1996. 55p.

PERESIN, D.; SCHNEIDER, V.; PANAROTTO, C.T. Quantidade de resíduos gerados no município de Bento Gonçalves e sua destinação – Coleta seletiva e regular. **Anais...** In: XI Encontro de Jovens Pesquisadores. Caxias do Sul, RS. 2003.

POVINELLI, J.; GOMES, L.P. Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de São Carlos – SP – Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental – Bio**, Ano III, n. 2, p. 63 – 68, 1991.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. Secretaria de Serviços Públicos. Departamento de Limpeza Urbana. **A Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Campinas, 1996. 224p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JABOTICAL. **Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares**. Arquivo e-mail. 2003.

RAFAELI NETO, L. S. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para a gestão de desastres por inundações**. 2000. Dissertação (Doutorado em Transportes) - Departamento de transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

READ, A.D. Making Waste Work: making UK national solid waste strategy work at the local scale. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 16, p. 259-285, 1999.

RENKOW, M.; RUBIN, A.R. Does municipal solid waste composting make economic sense? **Journal of Environmental Management**, v. 53, p. 339-347, 1998.

RIBEIRO, C.J. **Estudo e avaliação do sistema de reciclagem e tratamento de lixo domiciliar em Betim/MG**. 1997. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Departamento de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SAHTOURIS, E. **Gaia: do caos aos cosmos**. São Paulo: Editora Interação, 1991.

SECRETARIA DE ECOLOGIA DEL GOBIERNO DE ESTADO DE MEXICO – SEGEM e GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT - GTZ. **Alternativa de Rellenos Sanitarios – Guía de Tomada de Decisión**. Mexico: SEGEM, 2002.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. **Informações municipais**. Disponível em < <http://www.seade.gov.br/menu5.htm> >. Acesso em: 10 maio 2004.

SUDHIR et al. Integrated Solid Waste Management in Urban India: A Critical Operational Research Framework. **Socio-Econ. Plann. Sci.**, v. 30, n. 3, p. 163-181, 1996.

SUPERINTENDENCIA DE LIMPEZA URBANA – SLU. **Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares**. Mensagem pessoal. Belo Horizonte, 2003.

TEIXEIRA, B. A. N. Gestão dos resíduos sólidos: desafio para as cidades. In: CARVALHO, P.F.; BRAGA, R. **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: UNESP, 2001. p. 77 – 85.

TEIXEIRA, B.A.N.; ZANIN, M. Reciclagem e Reutilização de embalagens. In: BIDONI, F.R.A. **Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 1999. p. 25-30.



TUROFF, M.; LINSTONE, H.A. **The Delphi Method : Techniques and Applications**. 2002. Disponível em <<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook>> Acesso em: 5 jan. 2004.

VILHENA, A. **A experiência na reciclagem**. Revista Brazilian Business. 2002. Disponível em <<http://www.amchamrio.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2002.

WESTLAKE, K. Sustainable landfill – possibility or pipe-dream? **Waste Management & Research**, v.15, p. 453-461, 1997.

WILSON, D. C. Stick or Carrot?: The use of policy measures to move waste management up the hierarchy. **Waste Management & Research**, v. 14, p. 385-398, 1996.

WRIGHT, J.; REIS, B.; GIOVINAZZO, R. A. Prospecção Estratégica para 2003 com a Utilização do Método Delphi. **Anais...** In.: V SEMEAD – Seminários em Administração, São Paulo. 2003.

ZANTA, V.M.; FERREIRA, C.F.A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: CASTILHOS JR., J. A. **Resíduos Sólidos Urbanos : Aterro Sustentável para municípios de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p 01-18.

*APÊNDICE A:  
RELATÓRIO DE ERROS E  
ALTERAÇÕES DO SISTEMA*

---

**APÊNDICE A: Relatório de erros e alterações do sistema**

Módulo	Descrição	Tipo	Estado	Dificuldade
Cadastro composição gravimétrica	Trocar a palavra produção por porcentagem		✓	0
Cadastro de componente	Trocar palavra nome por componente		✓	0
Cadastro de componente	Os campos não estão aceitando vírgula e nem ponto		✓	2
Valores de referência	Tirar o botão "próximo" da aba dados da cidade		✓	1
Valores de referência	Excluir o campo "Ano de caracterização"		✓	1
Valores de referência	Botão voltar do valor de referencia da cidade "X" volta para o menu principal Quero que volte para escolha do município		✓	1
Valor de referência	Escolhi um valor de referencia para cidade TESTE localizado na região N e estado do AC. Peguei a referência de Vitória. Na hora de selecionar o cenário a cidade TESTE não constava no Estado do AC.		✓	2
Valor de referência - 3ª TELA	Mudar título para "composição da cidade de referência"		✓	1
Cadastro nova composição	Colocar mensagem "não se preocupe..."		✓	1
Alterar composição	Na primeira tela de alterar composição mudar o nome do botão de Finalizar para cancelar		✓	0
Alterar composição	Na segunda tela o botão Finalizar deve depois de mostrar a mensagem voltar para o menu principal e não voltar para a primeira tela como está ocorrendo		✓	1
Alterar composição	Mudar a segunda tela para Alteração de componentes ao invés de Cadastro		✓	0
Novo Cenário - Dados Gerais	Inserir um ícone de informação		✓	1
Novo Cenário - Todas as telas	Retirar botão Voltar das telas 2, 3 e 4. Retirar botão Continuar das telas 1, 2 e 3. Alterar o nome do botão da tela 4 de Continuar para Finalizar		✓	
Novo Cenário - Cenário de gestão	Em destino RSD retirar "?" e fazer um combobox com as alternativas: aterro sanitário, aterro controlado, aterro sustentável, aterro sanitário simplificado, aterro sanitário manual, aterro em valas, lixão, outros.		✓	1
Novo cenário - Prod. da composição	Alterar "Produção da composição" para "Produção e composição RSD"		✓	0
Nova simulação - Nova alter. CC AS	Alterar "Nova alternativa: CC + AS" para Cenário atual: CC + AS		✓	0
Nova simulação	Alterar botão "voltar" para 'fechar"		✓	0

**APÊNDICE A: Relatório de erros e alterações do sistema**

Módulo	Descrição	Tipo	Estado	Dificuldade
Nova simulação - Nova alter: CC AS	Alterar botão "Fechar" para "Voltar"		✓	0
Nova simulação - Nova alter: CC AS	Acrescentar a "população" em "taxa de crescimento"		✓	0
Nova simulação - Nova alter: CTB	Alterar botão "Continuar" para "simular"		✓	0
Cadastro - Novo Cenário - AS	O botão finalizar deve voltar para o menu principal e não ir para a simulação		✓	1
Menu principal - Ajuda	Ajuda deve ter dois subitens: "O que é SAD GIRSU?" e "Sobre o SAD GIRSU"		✓	0
Ajuda "o que é SAD GIRSU"	Incluir mensagem "O que é....."		✓	0
Novo cenário - dados Gerais	Botão informação mensagem " Para cadastrar...."		✓	1
Novo Cenário - Cenário de gestão	Mensagem "nome do cenário" é " neste campo..."		✓	1
Novo Cenário - Cenário de gestão	Mensagem "destino RSD" se for selecionado lixao entao aparece " ATENÇÃO..." e se for s selecionado aterro controlado aparece "O aterro ..."		✓	1
Novo Cenário - Cenário de gestão	Mensagem "descrição do cenário" é " o cenário ...."		✓	1
Novo cenário Prod. e composição	Mensagem " a produção de ..."		✓	1
Novo cenário - aterro sanitário	Mensagem " a literatura..."		✓	1
Novo cenário - aterro sanitário	Mensagem depois que o botão finalizar for clicado " O cenário do ..."		✓	1
Nova simulação-nova alternativa	Campos PPC de resíduos será constante ou variável. Quando o usuário selecionar um, o outro deve ficar inabilitado		✓	1
Nova simulação	Evolução eficiência não esta funcionando. Não da para digitar valor nenhum		✓	1
Nova simulação	Quando não há nova alternativa a próxima tela é a simulação econômica. Mudar o titulo para "Nova alternativa: NAO" para poder padronizar		✓	0
Nova simulação vida útil do aterro	Mensagem do botão anos de simulação " Sugere-se realizar...."		✓	1
Nova simulação vida útil do aterro	Mensagem do botão PPC " O valor..."		✓	1
Novo cenário - aterro sanitário	Mensagem após clicar botão "Finalizar" Mudar primeira frase para "O cenário foi cadastrado com sucesso.		✓	0
Nova Simulação - Nova alternativa	Evolução da eficiência quando é variável. Campo nao aceita nem ponto nem virgula.		✓	2

## APÊNDICE A: Relatório de erros e alterações do sistema

Módulo	Descrição	Tipo	Estado	Dificuldade
Nova Simulação - Nova alternativa	Evolução da eficiência não está obedecendo a restrição. Qdo coloco um valor maior que a restrição o programa calcula normalmente a evolução final		✓	2
Nova Simulação - Nova alternativa	Quando mudo o valor da eficiência final não tem como o campo Constante da evolução da eficiência mudar automaticamente		✓	2
composição gravimétrica - nova	Quando uso botão excluir a soma é feita errada. Mas nao sei aonde. Use numero decimal.		✓	3
composição gravimétrica-alterar	Queria que a população pudesse ser modificada também		✓	1
Produção e composição	Afastar mais as porcentagens da t/mês. Está mto próximo		✓	1
composição gravimétrica-nova	Mensagem esta escrita errada quando nao se conhece a composição. Palavra "equivalente"		✓	0
composição gravimétrica-nova	Quando a composição não e conhecida. Coloquei duas vezes Londrina e a alteração foi aceita.Problema ocorre em Novo Cenário em que a composição de Londrina fica acumulada.		✓	2
composição gravimétrica-nova	Quando a composição não e conhecida. Programa não esta pegando dados corretos. Por exemplo: Bandeirantes não tem composição conhecida. Bandeirantes fica região sul estado PR. Pego a composicao de São Carlos. Clico OK. Agora vou em Cenario - Novo Cenário. Procuro por Reg Sul Estado PR e cidade Bandeirantes. Nao esta la. Procuro... Acho Bandeirantes em Reg Sudeste Estado SP!!!!		✓	2
Nova Simulação - Nova alternativa	Alternativa CTB + UC, CS + CTB e CS + CTB + UC não estão funcionando os cálculos.		✓	3
Nova Simulação - Nova alternativa	Cálculo da Eficiência Final está errado na seguinte situação: caso o usuário digite na evolução da eficiência (variável) um valor que seja decimal o programa considera somente o número inteiro para fazer a conta		✓	2
Relatório Dados gerais cenário	Produção per capita tem que ter 3 casas decimais		✓	1
Relatório - todos	Retirar o número da pagina que fica no canto inferior esquerdo		✓	0
Relatório - vida útil	Valor calculado não corresponde ao valor esperado. Erro em alguma formula.		✓	2
Simulação- Resultado	Opções para ver relatório não estão funcionando		✓	2
Relatório vida útil	Valor da população aparece somente as quatro primeiras casas		✓	1
Relatório Dados gerais cenário	Campo da descrição está pequeno		✓	1
Simulação - Resultado	Botão "OK" não está funcionando		✓	1

**APÊNDICE A: Relatório de erros e alterações do sistema**

Módulo	Descrição	Tipo	Estado	Dificuldade
Simulação - Vida útil - CS+CTB	Fórmula da quantidade enviada para o aterro está errada.		✓	2
Relatório econômico	Cálculo do custo mensal está errado. Falta dividir por 12		✓	1
Relatório econômico	Cálculo quantidade de resíduos recicláveis é anual e não mensal		✓	2
Relatório econômico	Quantidade encaminhada para aterro sanitário está calculando errado		✓	1
Simulação - Vida útil - CTB	Fórmulas que estão usando evolução da eficiência está errada. Verificar se os valores estão sendo pegos corretamente.		✓	2
Teste software	Novo cenário - problemas com a produção per capita mensagem: " Invalid Variant type conversion		✓	3
Teste software	Composição gravimétrica - valores de referência não lista os municípios. Mensagem: "Ibtable cannot perform this operation on a closes dataset"		✓	3
Teste aplicação São Carlos	No relatório sobre Dados Gerais do cenário a descrição não apareceu por inteiro e ficou somente em uma linha		✓	2
Teste aplicação São Carlos	Cenário – nova simulação – PPC – permitir variação negativa		✓	1
Teste aplicação São Carlos	Cenário – nova simulação – Nova alternativa – permitir começo imediato ou seja ano=0 Cenário – Novo Cenário – Preencheu-se as abas (Dados gerais, Cenário de Gestão e Produção e composição). Faltava aterro. Digitou-se um valor com separador de milhar.Clica em Finalizar. Mensagem falando q não era valido por causa do ponto. Digitou-se em virgula. Finalizar. Mensagem cenário já cadastrado. Teve que mudar o nome do cenário. Conclusão: a partir do clique em Finalizar mesmo não estando os valores corretos o nome do cenário é gravado.		✓	3
Teste aplicação São Carlos	Cenário – novo cenário – Ajuda cenário de gestao atual – sugestão – numerar os tipos de cenários, pois as siglas são muito parecidas e a pessoa que não esta acostumada pode se confundir.		✓	1
Teste aplicação São Carlos	Cenário – novo cenário – Produção e composição – O botão calcular poderia estar ao lado de PPC. Não ficou claro o que este botão calculava.		✓	0
Teste aplicação São Carlos	Cenário – nova simulação – Cenário atual: CC+AS – gostaria de introduzir nova alternativa – colocar entre parenteses o nome da alternativa		✓	0

**APÊNDICE A: Relatório de erros e alterações do sistema**

Módulo	Descrição	Tipo	Estado	Dificuldade
Teste aplicação São Carlos	Desabilitar as opções de cenários de gestão atual e se o usuário tentar clicar, aparecer mensagem de que não foi desenvolvido este módulo;		✓	2
Teste aplicação São Carlos	Cenário – Novo Cenário – Gestão – ano atual não pode aceitar menos q quatro números		✓	1
Teste aplicação São Carlos	Nos relatórios colocar nome do cenário, do município e da simulação		✓	1
Teste aplicação São Carlos	Formatar dados do relatório da simulação		✓	0
Teste aplicação São Carlos	Cenário – Nova Simulação – escolhi como alternativa CTB fui para a próxima tela. Mas lembrei q queria CS+CTB. Aí escolhi a nova alternativa mas não pude passar paara a outra tela. Saiu mensagem q o nome da simulação já existia.		✓	3

*APÊNDICE B:  
COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE LGUNS  
RESÍDUOSSÓLIDOS DOMICILIARES*

---



**APÊNDICE B: Sistematização da composição gravimétrica dos RSD de alguns municípios para constituir o Banco de Dados do SAD GIRSUD**

Município	Estado	Ano*	Composição gravimétrica em peso (%)						Fonte
			Papel/ Papeloão	Vidro	Plástico	Metal	Matéria Orgânica	Outros	
<b>SUDESTE</b>									
Belo Horizonte	MG	1993	13,50	2,32	6,50	2,70	69,80	5,18	Latorre citado por NUNESMAIA
Betim	MG	1996	15,64	1,05	10,20	3,73	55,33	14,05	RIBEIRO
Botucatu	SP	1997	7,61	1,99	8,41	3,86	74,11	4,02	OLIVEIRA, S.
Campinas	SP	1996	19,76	1,67	15,22	4,39	45,66	13,51	Prefeitura Municipal de Campinas
Catas Altas	MG	-----	8,00	2,00	14,00	2,00	51,00	23,00	Adaptado LANGE, SIMOES E FERREIRA
Itamogi	MG	2002	6,60	1,60	11,70	2,20	67,80	10,10	PELEGRINO
Jaboticabal	SP	2001	11,50	2,00	13,50	6,50	41,50	25,00	Prefeitura Municipal de Jaboticabal
Manhuaçu	MG	1992	12,28	3,96	5,99	3,65	68,89	5,23	Adaptado Pereira Neto citado por FEAM
Passos	MG	1996	11,80	1,80	10,50	2,00	69,00	4,00	SLU
Ponte Nova	MG	1992	13,46	1,96	6,06	2,22	71,04	5,26	Adaptado Pereira Neto citado por FEAM
Presidente Prudente	SP	2001	21,00	2,60	8,90	5,40	55,00	7,10	BORGES
Rio Claro	SP	1985	15,20	2,10	5,50	3,50	62,80	10,90	citado por GOMES e POVINELLI
Rio de Janeiro	RJ	2001	18,71	3,52	19,77	1,96	51,65	4,39	COMLURB
São Carlos	SP	1989	21,30	1,10	8,50	5,40	56,70	7,00	GOMES e POVINELLI
São Paulo	SP	1991	16,40	1,30	16,70	3,30	48,20	14,10	LIMBURB
São Sebastião	SP	-----	18,50	2,80	7,90	3,30	49,00	18,50	ALVES E BLAUTH
Timóteo	MG	1992	10,77	2,92	6,89	4,09	71,16	4,17	Adaptado Pereira Neto citado por FEAM
Ubá	MG	1992	12,67	2,50	5,04	5,26	67,50	7,03	Adaptado Pereira Neto citado por FEAM
Uberlândia	MG	2000	7,00	3,00	11,00	3,00	72,00	4,00	FEHR e CALÇADO
Viçosa	MG	1992	9,36	2,50	4,80	2,90	75,30	5,14	Adaptado Pereira Neto citado por FEAM
Vitória	ES	1996	19,12	2,69	11,77	3,25	53,10	10,07	MANZO

\* Ano em que a caracterização foi realizada

**APÊNCIDE B: Sistematização da composição gravimétrica dos RSD de alguns municípios para constituir o Banco de Dados do SAD GIRSUD**

Município	Estado	Ano*	Composição gravimétrica em peso (%)						Fonte
			Papel/ Papelaão	Vidro	Plástico	Metal	Matéria Orgânica	Outros	
<b>NORTE</b>									
Manaus	AM	1997	18,94	2,18	8,62	4,31	58,69	7,26	ANDRADE E SCHALCH
<b>NORDESTE</b>									
Aracaju	SE	1999	10,03	2,16	7,89	1,72	75,01	3,19	LEITE, F.S.S
Caicó	RN	2001	13,73	0,15	24,17	0,60	16,12	45,23	IDEMA
Camaçari	BA	2001	4,20	2,10	7,00	0,30	59,40	27,00	GORGATI et al.
Extremoz	RN	2001	8,72	1,26	6,14	2,34	65,48	16,06	IDEMA
Feira de Santana	BA	1990	11,01	0,88	6,68	2,53	66,95	11,95	Barrios citado por NUNESMAIA
Fortaleza	CE	1996	14,56	2,15	10,69	3,92	46,82	21,86	EMLURB
Itabuna	BA	1999	9,00	1,20	13,00	1,90	48,20	26,70	Aquino Consultores e Associados Ltda
João Pessoa	PB	1998	4,36	0,89	9,06	1,89	63,95	19,85	FLORES NETO et al.
Jucurutu	RN	2001	6,93	11,88	7,92	1,00	15,84	56,43	IDEMA
Lençóis	BA	1993	1,98	1,48	4,95	1,28	61,86	28,45	Nunesmaia e Dias citado por NUNESMAIA
Macau	RN	2001	8,13	0,52	9,97	4,46	17,58	59,34	IDEMA
Mossoró	RN	2001	14,59	1,84	18,36	1,36	30,43	33,42	IDEMA
Natal	RN	2001	11,50	0,71	6,01	2,43	57,33	22,02	IDEMA
Parnamirim	RN	2001	9,87	0,81	4,68	1,84	69,19	13,61	IDEMA
Pau dos Ferros	RN	2001	16,88	0,00	8,13	0,63	40,00	34,36	IDEMA
Rio Formoso	PE	----	3,58	1,12	10,36	1,64	79,28	4,02	FERREIRA et al
Salvador	BA	2000	16,18	2,87	17,10	3,66	46,85	13,34	OLIVEIRA, A. M. V.
Santa Cruz	RN	2001	3,48	0,93	13,52	3,55	25,15	53,37	IDEMA
<b>CENTRO OESTE</b>									
Campo Grande	MS	1985	19,00	3,00	6,00	3,00	62,00	18,00	CEPIS

\* Ano em que a caracterização foi realizada

**APÊNDICE B: Sistematização da composição gravimétrica dos RSD de alguns municípios para constituir o Banco de Dados do SAD GIRSUD**

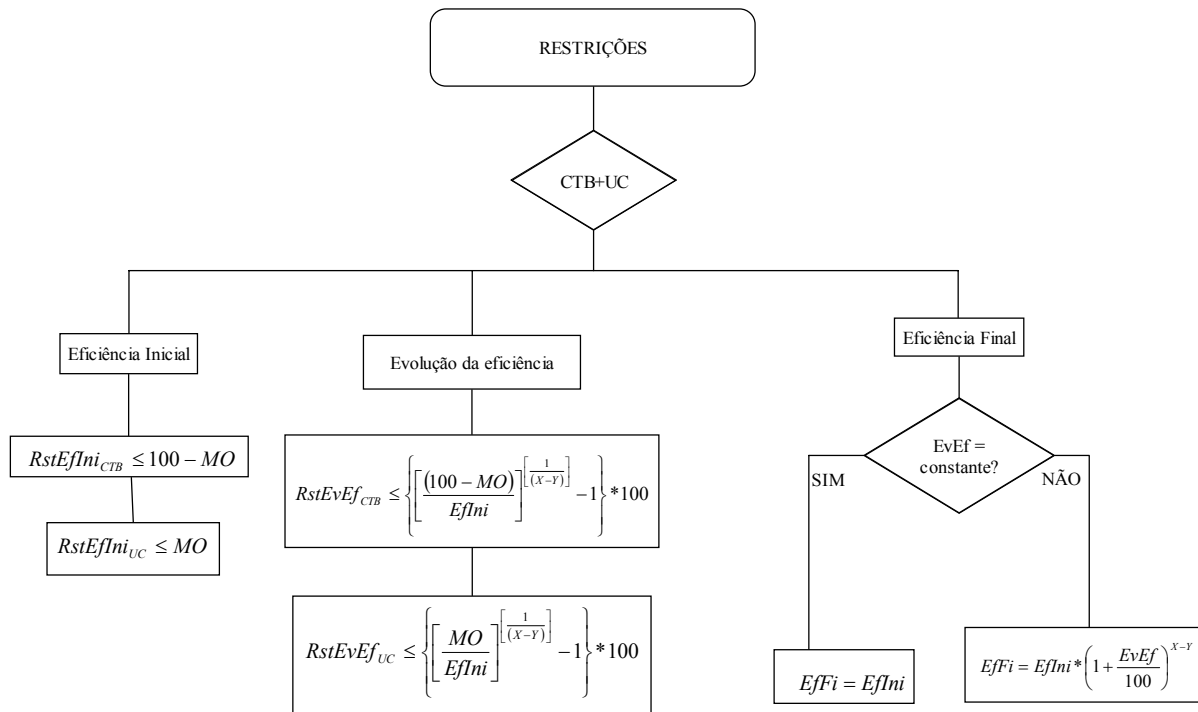
Município	Estado	Ano*	Composição gravimétrica em peso (%)						Fonte
			Papel/ Papelo	Vidro	Plástico	Metal	Matéria Orgânica	Outros	
<b>SUL</b>									
Bento Gonçalves	RS	2000	8,20	3,20	11,10	3,30	51,50	22,70	PERESIN, SCHNEIDER E PANAROTTO
Caxias do Sul	RS	2002	11,82	2,42	14,62	2,49	45,97	22,69	BIANCHI
Curitiba	PR	1998	8,62	1,25	12,35	3,23	67,05	7,50	DLU Curitiba
Florianópolis	SC	2002	14,61	4,10	15,18	3,37	45,10	17,64	ARRUDA
Maringá	PR	2001	17,65	3,12	17,65	5,01	52,15	8,59	BARROS JR e TAVARES
Porto Alegre	RS	2002	9,73	3,42	11,75	9,93	43,81	27,36	DMLU
Presidente Lucena	RS	----	11,00	1,50	8,00	1,50	45,00	33,00	Adaptado de GOMES et al
Rio Grande	RS	1997	19,03	3,66	9,51	6,58	51,24	9,98	Adaptado PMRG citado por OLIVIERA, A.S.D

\* Ano em que a caracterização foi realizada

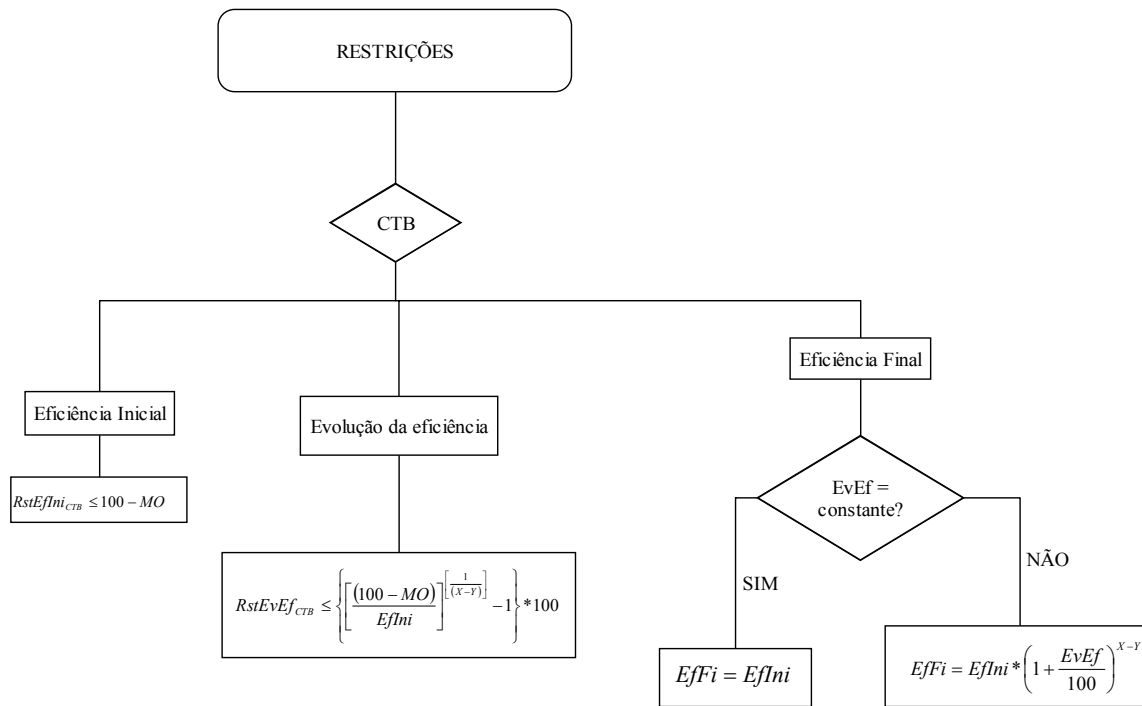
*APÊNDICE C:  
RESTRIÇÃO DE CÁLCULO PARA  
ALTERNATIVAS DE GIRSUD*

---

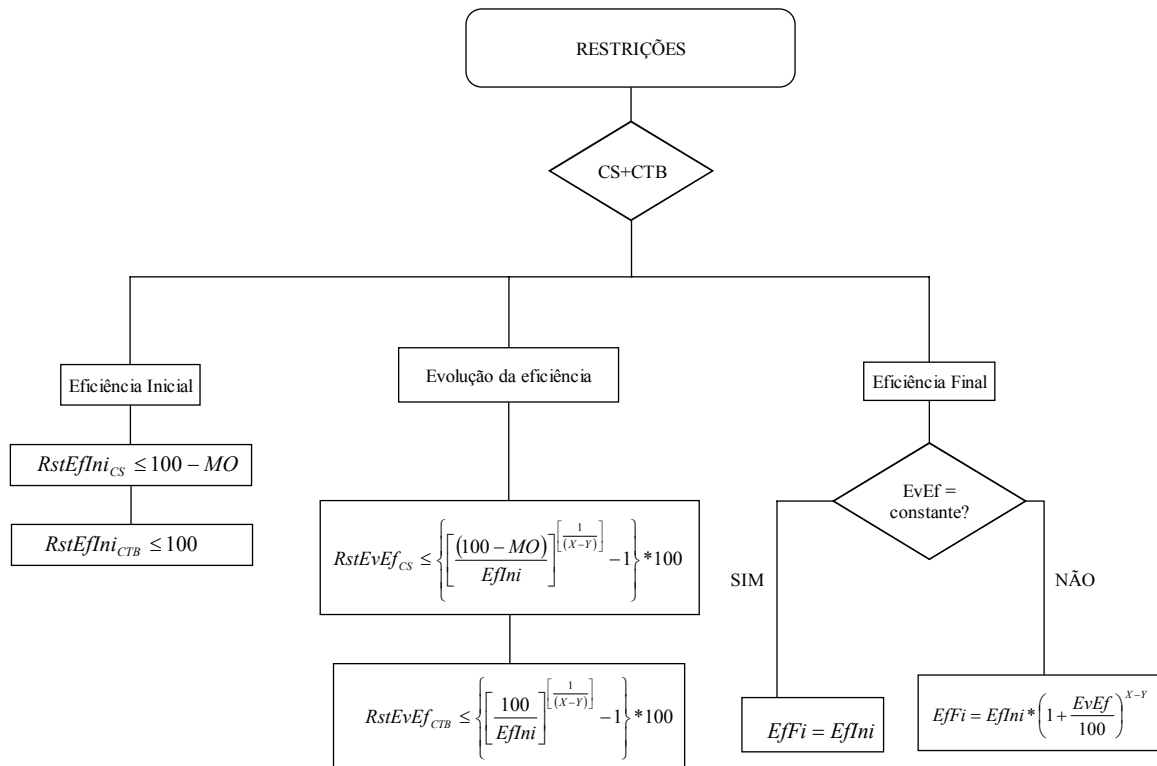
**APÊNDICE C: Restrições de cálculo para alternativas de GIRSUD**



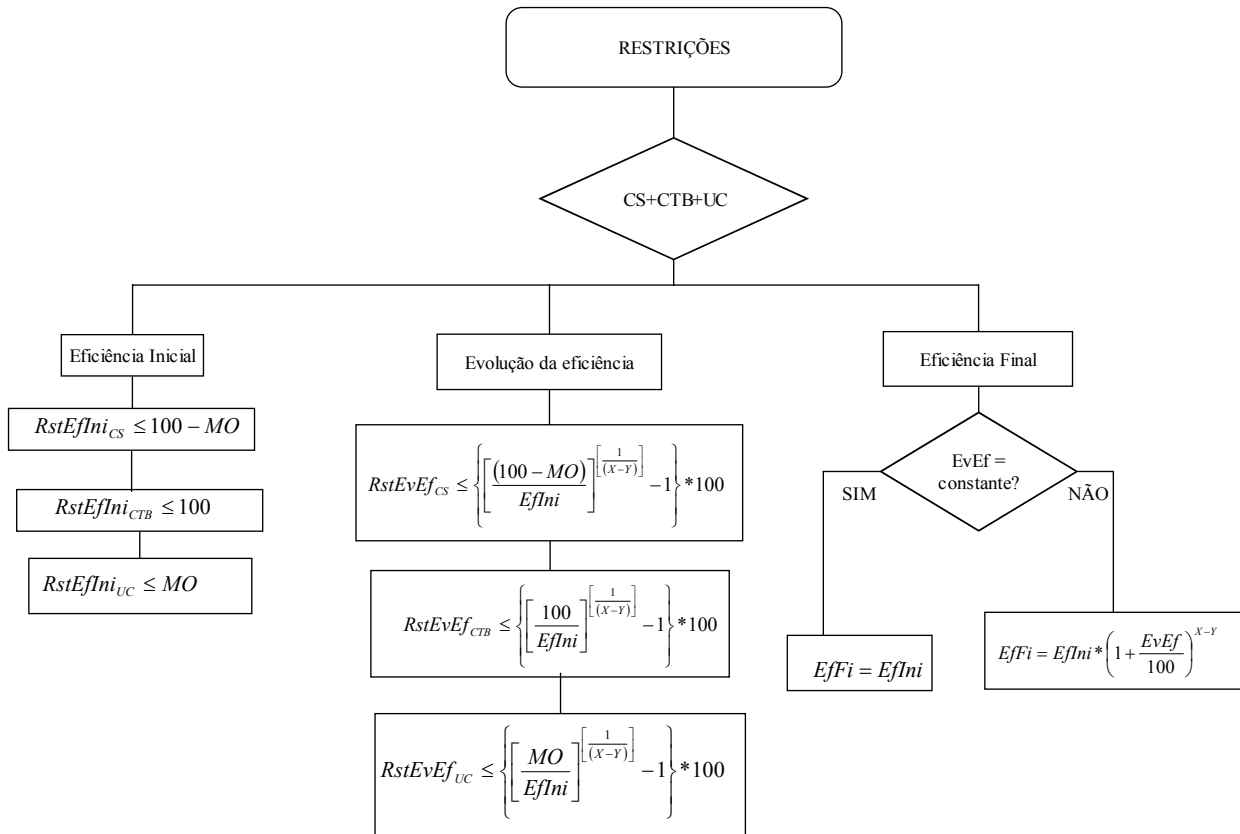
**APÊNDICE C: Restrições de cálculo para alternativas de GIRSUD**



**APÊNDICE C: Restrições de cálculo para alternativas de GIRSUD**



**APÊNDICE C: Restrições de cálculo para alternativas de GIRSUD**





*APÊNDICE D:  
FLUXOGRAMA DE DECISÃO PARA O  
CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO E  
PARA A SIMULAÇÃO ECONÔMICA  
SIMPLIFICADA*

---

*APÊNDICE E:  
APLICAÇÃO DO SOFTWARE SIMGERE  
PARA A GIRSUD DO MUNICÍPIO  
DE SÃO CARLOS*

---

## Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares

### Dados do Município e cenário de gestão dos Resíduos

Município: São Carlos  
População: 200000  
  
Ano atual: 2004  
Nome do Cenário: Paulo  
Cenário atual de gestão: 1. CC + AS  
Descrição:

### Produção e composição gravimétrica dos resíduos

Produção atual de resíduos: 4100 t/mês  
Produção per capita atual: 0,683 kg/hab.dia

### Composição Gravimétrica em peso:

Ano: 1989

Matéria Orgânica	56,7 %	2324,7 t/mês
Metal	5,4 %	221,4 t/mês
Outros	6,7 %	274,7 t/mês
Papel/Papelão	21,3 %	873,3 t/mês
Plástico	8,5 %	348,5 t/mês
Vidro	1,4 %	57,4 t/mês

### Aterro Sanitário

Volume disponível: 200000 m3  
Índice de compactação: 0,8 t/m3  
Volume de cobertura: 20 %

## Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares

Município: São Carlos

Cenário: Paulo

Simulação: Sim 1

### Simulação do Cálculo da vida útil

Simulação será feita para: 6 anos  
 Taxa de crescimento da população: 2,5 % a.a.  
 Produção per capita de resíduos: 0,5 % a.a.  
 Nova alternativa: CS + CTB  
 Após quantos anos será introduzida nova alternativa: 0

#### CS

Eficiência inicial da nova alternativa: 2,5 %  
 Restrição da eficiência inicial: 43,3 %  
 A evolução da eficiência será de: 20 % a.a.  
 Restrição Evolução<=: 60,85 % a.a.  
 Para esta evolução a efic final será 7,5 %

#### CTB

Eficiência inicial da nova alternativa: 80 %  
 Restrição da eficiência inicial: 100 %  
 A evolução da eficiência será de: 80 %  
 Restrição Evolução<=: 3,79 % a.a.  
 Para esta evolução a efic final será 80 %

### Simulação Econômica Preliminar

Custo coleta e transporte: 57,00 R\$/t  
 Custo disposição: 23,00 R\$/t  
 Custo operação CS + CTB: 170,00 R\$/t  
 Preço médio de venda dos resíduos: 300,00 R\$/t

## Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares

Município: São Carlos

Cenário: Paulo

Simulação: Sim 1

### CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO

**VIDA ÚTIL 1 anos e 8 meses Término entre 2005 e 2006**

N	Ano	Pop	PPC	Produção			CC	CS	C TB t/mês			Aterro Sanitário				
				kg/hab.dia	t/d	t/mês			t/mês	enviada	Res. Reci.	rejeito	t/mês	m3/mês	cobertura	m3/mês
00	2004	200.000	0,683	137	4.098	4.054	44	44	35	9	4.063	5.078	1.016	6.094	73.125	73.125
01	2005	205.000	0,686	141	4.219	4.164	55	55	44	11	4.175	5.219	1.044	6.263	75.151	148.276
02	2006	210.125	0,690	145	4.350	4.282	68	68	54	14	4.295	5.369	1.074	6.443	77.316	225.592
03	2007	215.378	0,693	149	4.478	4.394	84	84	67	17	4.411	5.513	1.103	6.616	79.393	304.985
04	2008	220.762	0,697	154	4.616	4.513	104	104	83	21	4.533	5.667	1.133	6.800	81.598	386.583
05	2009	226.282	0,700	158	4.752	4.624	128	128	102	26	4.650	5.812	1.162	6.974	83.691	470.275
06	2010	231.939	0,704	163	4.899	4.740	158	158	127	32	4.772	5.965	1.193	7.158	85.894	556.169

## Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares

Município: São Carlos

Cenário: Paulo

Simulação: Sim 1

### SIMULAÇÃO ECONÔMICA SIMPLIFICADA

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto 6.290.517,37 R\$/a

N	Ano	Qdd CC t/ano	Qdd CS	Qdd			Custo				Receita		Custo		
				enviada CTB	Res. Recicl.	Aterro t/ano	Coleta+Transp R\$	Operação CS+CTB	Disposição R\$	Operação R\$	Resíduos Recida.	Cust. Evit Disposição	Total R\$	Mensal R\$	hab./ ano
00	2004	48.644	532	532	426	48.750	2.772.689,18	90.496,13	1.121.253,12	3.984.438,44	127.759,25	9.794,88	3.846.884,31	320.573,69	19,23
01	2005	49.969	658	658	526	50.101	2.848.242,00	111.799,16	1.152.315,78	4.112.356,95	157.834,11	12.100,62	3.942.422,22	328.535,18	19,23
02	2006	51.381	814	814	651	51.544	2.928.741,71	138.314,79	1.185.515,61	4.252.572,12	195.267,95	14.970,54	4.042.333,63	336.861,14	19,24
03	2007	52.727	1.005	1.005	804	52.928	3.005.462,07	170.866,78	1.217.353,76	4.393.682,61	241.223,69	18.493,82	4.133.965,11	344.497,09	19,19
04	2008	54.150	1.243	1.243	995	54.399	3.086.561,19	211.378,79	1.251.174,18	4.549.114,16	298.417,12	22.878,65	4.227.818,40	352.318,20	19,15
05	2009	55.487	1.536	1.536	1.229	55.794	3.162.763,96	261.116,07	1.283.268,50	4.707.148,53	368.634,46	28.261,97	4.310.252,10	359.187,68	19,05
06	2010	56.883	1.900	1.900	1.520	57.263	3.242.306,68	323.007,97	1.317.039,40	4.882.354,05	466.011,26	34.960,86	4.391.381,93	365.948,49	18,93

*APÊNDICE F:  
SIMGERE: CD DO SOFTWARE  
DESENVOLVIDO*

---

