

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em ENGENHARIA AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DE UM PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
COM FOCO NOS RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Daniel Tamayo de Lima

Rio Claro (SP)

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

DANIEL TAMAYO DE LIMA

AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DE UM PLANO DE GESTÃO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS COM FOCO NOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2012

604.6 Lima, Daniel Tamayo de
L732a Avaliação estratégica de um plano de gestão de resíduos
 sólidos com foco nos resíduos orgânicos / Daniel Tamayo de
 Lima. - Rio Claro, 2012
 110 f. : il.

 Trabalho de conclusão de curso (Engenharia ambiental) -
 Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
 Ciências Exatas
 Orientador: Marcus César Avezum Alves de Castro

 1. Resíduos. 2. Segregação. 3. Tratamento. 4. Gestão
 ambiental. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

DANIEL TAMAYO DE LIMA

AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DE UM PLANO DE GESTÃO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS COM FOCO NOS RESÍDUOS
ORGÂNICOS

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro

Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi

Profa. Dra. Clauciana Schmidt Bueno de Moraes

Rio Claro, 28 de Novembro de 2012

Assinatura do aluno

Assinatura do orientador

Resumo

Um dos grandes problemas atualmente é a gestão correta dos Resíduos Sólidos produzidos em toda atividade humana. Em 2010 foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos que traz diretrizes e instrumentos para lidar com essa problemática, sendo uma das principais o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma Avaliação Estratégica de um PGIRS aplicado a um município de médio porte. A partir de dados gerais sobre a situação dos Resíduos Sólidos, foi descrito um Cenário Inicial e então foram propostos Cenários, com horizonte de 20 anos, para a segregação, tratamento e disposição final desses resíduos. Em cada cenário foi levantado os custos relativos a cada etapa e o volume ocupado em aterro na disposição final. Por fim, fez-se a comparação entre os cenários, levando em conta o volume ocupado e os custos envolvidos.

Abstract

One of the greatest problems nowadays is the correct management of solid waste produce in every human activity. On 2010, the “Política Nacional de Resíduos Sólidos” was approved, this law brings directives and instruments to deal with the solid waste issue. The objective of this work is to make a Strategic Assessment on a Solid Waste Management Plan applied to a medium size city. Based on general data about the situation of the solid wastes in Brazil, a first scenario was described. After that, likely scenarios were proposed, taking segregation, treatment and final disposal on account. Finally, those scenarios were compared, mainly in the final volume disposed and costs involved.

Índice de Figuras

Figura 1 Hierarquia de Princípios na Gestão dos RSU na União Européia (tradução própria).	16
Figura 2 - Destinação dos RSU na União Européia	16
Figura 3 - Destinação dos RSU nos EUA em 2010; Fonte: EPA, 2010 (tradução própria).....	18
Figura 4 - Composição dos RSU dos EUA em 2010; Fonte: EPA,2010 (tradução própria)	19
Figura 5 - Etapas da Metodologia	26
Figura 6 - Fluxograma do Cenário Inicial	30
Figura 7 - Metodologia	34
Figura 8 - Cenário Zero - Volume ocupado em aterro.....	61
Figura 9 - Fluxograma Cenário Zero, Ano 2013.....	61
Figura 10 - Fluxograma Cenário Zero, Ano 2031	62
Figura 11 - Cenário Um – Evolução dos Resíduos por Destinação (toneladas).....	63
Figura 12 - Cenário Um - Volume Acumulado em Aterro Sanitário (m³).....	64
Figura 13 - Fluxograma Cenário Um, Ano 2013	64
Figura 14 - Fluxograma Cenário Um, Ano 2031	65
Figura 15 - Cenário Dois - Evolução dos Resíduos por Destinação (toneladas).....	66
Figura 16 - Cenário Dois - Volume Acumulado em Aterro Sanitário (m³).....	67
Figura 17 - Fluxograma Cenário Dois, Ano 2013	67
Figura 18 - Fluxograma Cenário Dois, Ano 2031	68
Figura 19 - Cenário Três - Evolução dos Resíduos por Destinação (toneladas)	69
Figura 20 - Cenário Três - Volume Acumulado em Aterro Sanitário (m³)	70
Figura 21 - Fluxograma Cenário Três, Ano 2013.....	70
Figura 22 - Fluxograma Cenário Três, Ano 2031	71
Figura 23 - Cenário Zero - Evolução dos Custos.....	73
Figura 24 - Cenário Zero - Custos por tonelada de RSU e per capita	73
Figura 25 - Cenário Um - Evolução dos Custos.....	75
Figura 26 - Cenário Um - Evolução dos Custos por tonelada de RSU e per capita.....	75
Figura 27 - Cenário Dois - Evolução dos Custos.....	77
Figura 28 - Cenário Dois - Evolução dos Custos por tonelada de RSU e per Capita.....	77
Figura 29 - Cenário Três - Evolução dos Custos	79
Figura 30 - Cenário Três - Evolução dos Custos por tonelada de RSU e per capita	79
Figura 31 - Volume Acumulado - Comparação dos Cenários	81
Figura 32 - Resíduo por Destinação - 2013.....	82
Figura 33 - Resíduo por destinação - 2031.....	83
Figura 34 - Comparação de Custos Totais.....	84
Figura 35 - Comparação de Custos per Capita	84

Índice de Quadros

Quadro 1 - Dados utilizados no trabalho.....	28
Quadro 2 - Caracterização do Cenário Inicial	30

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estimativa de Crescimento Populacional.....	31
Tabela 2 - Projeções de Geração e Coleta de RSU.....	32
Tabela 3 - Formulas de cálculo para cada etapa.....	34
Tabela 4 - RSU por Destinação - Cenário Um	35
Tabela 5 - Metas para Compostagem.....	36
Tabela 6 - Metas para Reciclagem	36
Tabela 7 – Custos de Investimento da Compostagem levantados na prefeitura de Rio Claro; adaptado de FERRAZ, 2012.....	38
Tabela 8 - Custos Operacionais da Compostagem levantados na prefeitura de Rio Claro; adaptado de FERRAZ, 2012.....	39
Tabela 9 - Cenário Um - Custos de Investimento Inicial de Compostagem	40
Tabela 10 - Cenário Um - Diluição dos Custos de Investimento Inicial de Compostagem.....	41
Tabela 11 - Cenário Um - Custos Operacionais de Compostagem.....	41
Tabela 12 - Cenário Um - Custos Operacionais de Compostagem por período.....	42
Tabela 13 - Cenário Um - Custo Anual de Compostagem por período	42
Tabela 14 - Cenário Dois - Custos de Investimento Inicial de Compostagem	43
Tabela 15 - Cenário Dois – Diluição dos Custos de Investimento inicial de Compostagem....	44
Tabela 16 - Cenário Dois - Custos Operacionais de Compostagem	44
Tabela 17 - Cenário Dois - Custos Operacionais de Compostagem por período	45
Tabela 18 - Cenário Dois - Custo Anual de Compostagem por período.....	46
Tabela 19 - Cenário Três - Custos de Investimento Inicial de Compostagem.....	46
Tabela 20 - Cenário Três - Diluição dos Custos Iniciais de Compostagem	47
Tabela 21 - Cenário Três - Custos Operacionais de Compostagem.....	47
Tabela 22 - Cenário Três - Custos Operacionais de Compostagem por período.....	48
Tabela 23 - Cenário Três - Custo anual de Compostagem por período	49
TABELA 24 - Custo de Investimento Inicial para Reciclagem em Rio Claro, adaptado de FERRAZ, 2012.....	50
Tabela 25 - Custo Operacional de Reciclagem em Rio Claro, adaptado de FERRAZ, 2012...	51
Tabela 26 - Cenário Um - Custos de Investimento Inicial de Reciclagem.....	52
Tabela 27 - Cenário Um - Diluição dos Custos de Investimento Inicial para Reciclagem	52
Tabela 28 - Cenário Um - Custos Operacionais de Reciclagem.....	53
Tabela 29 - Cenário Um - Custos Operacionais de Reciclagem por período.....	54
Tabela 30 - Cenário Um - Custo Anual de Reciclagem por período	54
Tabela 31 - Cenário Dois - Custos de Investimento Inicial de Reciclagem	55
Tabela 32 - Cenário Dois - Diluição dos Custos de Investimento Inicial de Reciclagem.....	55
Tabela 33 - Cenário Dois - Custo Operacional de Reciclagem.....	56
Tabela 34 - Cenário Dois - Custo Operacional de Reciclagem por período	56

Tabela 35 - Cenário Dois - Custo Anual de Reciclagem por período	57
Tabela 36 - Cenário Três - Custo de Investimento Inicial de Reciclagem	57
Tabela 37 - Cenário Três - Diluição do Custo de Investimento Inicial de Reciclagem	58
Tabela 38 - Cenário Três - Custo Operacional de Reciclagem	58
Tabela 39 - Cenário Três - Custo Operacional de Reciclagem por período	59
Tabela 40 - Cenário Três - Custo Anual de Reciclagem por período	59
Tabela 41 - Resultados do Cenário Zero	60
Tabela 42 - Resultados do Cenário Um	63
Tabela 43 - Resultados do Cenário Dois	66
Tabela 44 - Resultados do Cenário Três	69
Tabela 45 - Cenário Zero - Resultados dos Custos	72
Tabela 46 - Cenário Um – Resultados dos Custos	74
Tabela 47 - Cenário Dois - Resultados dos Custos	76
Tabela 48 - Volume Acumulado em Aterro - Comparação dos Cenários	80
Tabela 49 - RSU por Parcelas Segregadas - 2013	82

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	10
1.1	Objetivos.....	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Os Resíduos Sólidos Urbanos	12
2.1.1	Definições de Resíduo Sólido	12
2.1.2	Classificação dos Resíduos Sólidos quanto à origem	13
2.2	Situação atual dos Resíduos Sólidos no Brasil	14
2.3	Modelos de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	15
2.3.1	União Europeia.....	15
2.3.2	Estados Unidos	17
2.4	A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS.....	19
2.4.1	Princípios e Instrumentos estabelecidos pela PNRS	21
2.4.2	Cobrança pelos serviços de Gestão	22
2.5	Alternativas para o tratamento da matéria orgânica	23
2.5.1	Compostagem	23
2.5.2	Digestão Anaeróbia	24
2.6	Avaliação Ambiental Estratégica.....	25
3.	METODOLOGIA.....	25
3.1	Levantamento de Dados	26
3.2	Caracterização do Cenário Inicial.....	29
3.3	Proposição de Cenários.....	31
3.3.1	Estimativas de RSU por Destinação	33
3.4	Estimativas de Custos.....	37
3.4.1	Custos da Coleta	37
3.4.2	Custo da Compostagem.....	37
3.4.3	Custo da Reciclagem	50
3.4.4	Custo da Disposição Final	59
4.	RESULTADOS	60
4.1	Evolução dos Cenários Propostos.....	60
4.1.1	Cenário Zero	60
4.1.2	Cenário Um	62
4.1.3	Cenário Dois	65

4.1.4	Cenário Três.....	68
4.2	Resultados dos custos estimados.....	71
4.2.1	Estimativas de custos para o Cenário Zero	71
4.2.2	Estimativas de custos para o Cenário Um	74
4.2.3	Estimativas de custos para o Cenário Dois	76
4.2.4	Estimativas de custos para o Cenário Três.....	78
5.	AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA.....	80
5.1	Volume acumulado no aterro	80
5.2	Resíduos Coletados – classificados por Destinação	82
	Ano 2013	82
	Ano 2031	82
5.3	Avaliação dos Custos	83
6.	Considerações Finais	85
7.	Referências Bibliográficas	86

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A geração de resíduos sólidos é inerente às atividades humanas; desde processos industriais, comércio, serviços e até a atividade doméstica geram resíduos que devem ser devidamente coletados, tratados e dispostos. Atualmente, um dos grandes desafios enfrentados pela sociedade hoje é a gestão dos resíduos. Aos gestores públicos cabe determinar o modo de coleta, o tipo de tratamento e os locais adequados para a disposição final, levando em consideração a grande quantidade de resíduos produzidos diariamente e a heterogeneidade de sua composição, bem como gerir recursos financeiros para essas atividades.

Até algumas décadas atrás, os resíduos sólidos não eram vistos como grande problema pela administração pública; a solução dada era muito simples: coletar e dispor todos os resíduos a céu aberto, longe dos centros urbanos. Porém, recentemente a preocupação com a gestão dos resíduos aumentou, face ao intenso crescimento urbano, o gerenciamento inadequado e a escassez de áreas para disposição final. Além disso, a Eco 92 levantou a questão da contribuição dos resíduos na geração de gases de efeito estufa, o que contribuiu para a gestão dos resíduos se tornar uma das prioridades da administração pública.

No Brasil, o presente cenário ainda é problemático. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos de 2011, pesquisa realizada anualmente pela ABRELPE, a geração estimada no ano foi de quase 62 milhões de toneladas; desse total, cerca de 55,5 milhões foram coletados. Além disso, dos resíduos coletados, apenas 58,06% tiveram uma destinação final considerada adequada; ou seja, mais de 30 milhões de toneladas de resíduo ao ano têm disposição inadequada e se torna fonte de diversos problemas ambientais e sociais.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos gera diversos problemas graves como: poluição do solo e dos corpos hídricos, superficiais e subterrâneos, geração de odores, atração e proliferação de patógenos e vetores. Além disso, os locais onde o resíduo é simplesmente colocado a céu aberto, sem qualquer preocupação com o isolamento da área, pode atrair pessoas em busca de algo aproveitável, colocando em risco sua saúde e segurança. Em suma, uma gestão inadequada dos resíduos acarreta na piora da qualidade ambiental local e pode se tornar um risco para a população.

Grande parte do montante de resíduos gerados no Brasil, aproximadamente 50% do total, segundo estudo apresentado no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, é de matéria orgânica. Esse tipo de resíduo tem o agravante de ser de rápida degradação, gerando rapidamente os

problemas dispostos no parágrafo anterior. Outro agravante é que sua disposição em aterros sanitários acaba gerando, devido à decomposição anaeróbica, gás metano e chorume em grande quantidade, contribuindo para o efeito estufa e gerando um grande risco de contaminação no ambiente.

Faz-se importante notar que os resíduos orgânicos podem ser tratados de diversas outras maneiras, entre elas a compostagem, que evita estes problemas e libera volume nos aterros sanitários, aumentando sua vida útil.

Aprovada em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – trouxe diversas contribuições para o setor, entre elas a obrigação da realização de um Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos, que incentive medidas de não geração, redução e tratamento, e reserve a disposição final apenas para os rejeitos últimos, que não tenham possibilidade de outro destino.

Além disso, a PNRS também deixa claro que os municípios podem instituir alguma forma de cobrança pelos serviços envolvidos na gestão dos resíduos, de forma a garantir os recursos financeiros necessários para sua manutenção. Essa cobrança deve seguir os princípios dispostos na Lei Federal nº11.445. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, realizada pelo IBGE, 35,68% dos municípios cobrava uma taxa vinculada ao IPTU, apenas 2,08% cobravam taxa ou tarifa específicas para o serviço, e a vasta maioria não estabeleceu nenhum tipo de cobrança.

Para que isso possa ser feito, os gestores públicos devem contar com dados e informações confiáveis sobre a situação atual dos resíduos de seus municípios e, principalmente, quais são as possíveis formas de destinação e disposição adequadas, de acordo com o tipo de resíduo que é gerado. Neste sentido, este trabalho vem contribuir com uma análise da viabilidade do tratamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos, com foco nos processos de compostagem.

Nesse sentido, o presente trabalho pretende, a partir do estudo da situação atual dos resíduos, propor medidas para sua gestão, seguindo as diretrizes da PNRS, e avaliar seus desdobramentos em longo prazo, com o intuito de apontar as melhores alternativas para a destinação da parcela orgânica dos resíduos. Dessa maneira, o estudo poderá ser usado por gestores públicos para subsidiar a tomada de decisão acerca da gestão dos resíduos sólidos domiciliares.

1.1 Objetivos

O objetivo geral do trabalho consiste em realizar uma Avaliação Ambiental Estratégica de um Plano de Gestão, com foco na parcela orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos, seguindo os princípios propostos na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Assim, a partir de um cenário inicial de gestão, serão propostos cenários para a segregação, tratamento e disposição final dos resíduos, seguido da comparação desses cenários. Nesse sentido, o trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

Elaborar cenários para a gestão dos Resíduos Sólidos e avaliar as consequências ambientais da aplicação das técnicas de reciclagem e tratamento dos resíduos orgânicos;

Avaliar o impacto econômico em todo o ciclo de vida da parcela orgânica dos resíduos sólidos domiciliares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Os Resíduos Sólidos Urbanos

2.1.1 Definições de Resíduo Sólido

É importante notar qual a definição de resíduo utilizada no estudo e sua classificação; até pouco tempo, a única definição de resíduo sólido disponível era dada pela norma ABNT NBR 10.004 de 2004 que define resíduo sólido como:

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

Esta definição é bastante abrangente, e não toca na questão da destinação ou disposição dos resíduos. Em 2010, a PNRS trouxe uma nova definição, mais adequada para o termo, diferenciando-o de rejeito. A saber:

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Enquanto define Rejeito como:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

Essas novas definições são interessantes por trazerem à luz a diferença entre destinação adequada e disposição final. Segundo a PNRS, um resíduo só pode ir para a disposição final em aterro após “esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação”, quando então se torna um rejeito. Isso prioriza as alternativas que evitam o simples descarte, como a reciclagem, a compostagem e a recuperação energética.

Nesse sentido, a PNRS contribui muito para a mudança de visão sobre os resíduos. Se antes eram considerados apenas “lixo” que deveria ser isolado dos centros urbanos e, na melhor das hipóteses, enterrados da maneira adequada, agora o resíduo passa a ser visto como um bem econômico que deve ser aproveitado até as últimas possibilidades. O que também contribui para o aumento da vida útil dos aterros sanitários.

2.1.2 Classificação dos Resíduos Sólidos quanto à origem

A PNRS classifica os Resíduos Sólidos quanto à sua origem em seu art.13, parágrafo 1:

“Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;”

Os resíduos tratados neste estudo são aqueles classificados nas alíneas a e b do parágrafo acima.

2.2 Situação atual dos Resíduos Sólidos no Brasil

O Brasil passa por um período de mudanças significativas no setor de Resíduos Sólidos. Podemos perceber essas mudanças ao comparar as pesquisas realizadas a nível nacional no setor desde o começo do século XXI.

Em termos absolutos, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000, realizada pelo IBGE, registrou um total de 228.412 toneladas de resíduos coletadas diariamente. Já a Pesquisa de 2008 registra um total de 259.547 toneladas, o que significa um aumento de aproximadamente 13,6%.

Segundo o Panorama da ABRELPE, em 2003, cerca de 82,71% dos resíduos gerados no país eram coletados; este índice subiu para 89,66% em 2011. Dos resíduos coletados em 2003, apenas 40,49% tiveram destinação adequada, e apenas 8,28% dos municípios pesquisados apresentavam sistema de coleta seletiva. Já em 2011, esses indicadores aumentaram: 58,06% de resíduos com destinação adequada e 58,60% de municípios com sistema de coleta seletiva. Atualmente, segundo o Panorama 2011, 41,94% dos resíduos coletados no país são encaminhados para lixões, o que significa aproximadamente 23,3 milhões de toneladas ao ano; acrescente-se a esse número mais 6,3 milhões de toneladas que nem são coletadas, tendo um destino completamente desconhecido, e termos quase 30 milhões de toneladas de resíduos sem destinação ou disposição ambientalmente adequada.

Além disso, segundo os estudos apresentados na versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, a composição média dos resíduos sólidos no país é a seguinte: 51,4% matéria orgânica; 31,9% recicláveis, entre vidro, metal, plástico e papel; e 16,7% de outros materiais. Isso mostra a importância dos resíduos orgânicos no quadro geral. Levando em conta essa composição, estima-se que mais de 15 milhões de toneladas de resíduos orgânicos são anualmente depositadas de maneira imprópria, gerando todos aqueles impactos ambientais e sociais já apresentados.

2.3 Modelos de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

2.3.1 União Europeia

A União Europeia é composta, atualmente, por vinte e sete estados membros; todos submetidos às decisões políticas do Parlamento Europeu. Segundo dados da EEA – Agência Ambiental Europeia, a geração de resíduos sólidos urbanos de 2010 foi de, aproximadamente, 250 milhões de toneladas, sem contabilizar os resíduos industriais, de construção e demolição e resíduos especiais.

O primeiro marco regulatório na União Europeia foi a Diretiva 75/422/CCE, de 1975, que deu início a uma série de outras diretivas para orientar e normatizar o setor de resíduo. Dentre essas Diretivas, destaca-se a diretiva 1999/31/CE, que estabeleceu metas para a redução de resíduos biodegradáveis destinados diretamente a aterros. Esta determinar que os estados membros devem estabelecer metas no prazo de dois anos, contando da promulgação da diretiva, para reduzir a parcela de resíduos biodegradáveis destinadas a aterro. A Diretiva aponta que as estratégias para isso devem incluir “reciclagem, compostagem, produção de biogás ou valorização de materiais/energias” (Europa, 1999). A partir de então, os resíduos biodegradáveis não podem ser destinados aos aterros sem antes passaram por algum pré-tratamento, para que sejam valorizados ou se tornem inertes (VEHLOW; BERGFELDT E WILÉN, 2007, *apud* FERRAZ, 2008).

A União Europeia tem uma legislação bastante abrangente, sua mais recente Diretiva, a Diretiva 2008/98/CE, traz conceitos avançados como a formação de redes para a gestão integrada dos resíduos e a concepção ecológica de produtos, definida como: “integração sistemática dos aspectos ambientais na concepção de produtos” (União Europeia, 2008).

A legislação europeia trouxe uma hierarquia de resíduos, que prioriza a Redução da geração em detrimento da disposição final. A hierarquia adotada é apresentada na Figura 1. Qualquer forma de tratamento, reuso ou valorização de uma maneira geral é preferível a disposição final.



Figura 1 Hierarquia de Princípios na Gestão dos RSU na União Europeia (tradução própria). Fonte: "Being Wise with Waste: the EU's approach to waste management", 2010;

Há também rigor na avaliação e monitoramento da aplicação das políticas. Cada Estado Membro deve elaborar relatórios em que declarem suas estratégias para o setor e os resultados obtidos anualmente. A Figura 2 mostra a evolução da geração e do destino dos resíduos sólidos na União Europeia:

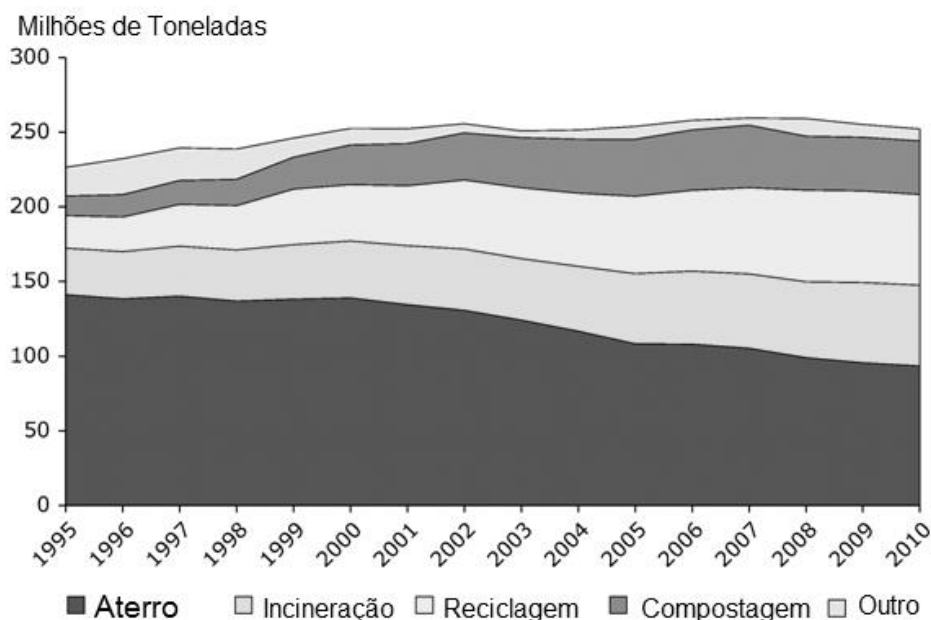


Figura 2 - Destinação dos RSU na União Europeia, Fonte: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/percentage-of-municipal-waste-landfilled-1>, acessado em 23/10/2012 (tradução própria)

Pelo gráfico, podem-se perceber duas características importantes da gestão dos RSU na União Europeia: o aumento da geração ao longo dos últimos 15 anos, e uma visível diminuição da parcela de RSU destinadas diretamente aos aterros (*landfill*).

2.3.2 Estados Unidos

Dentre todos os países, os Estados Unidos estão entre os maiores geradores de resíduo per capita do mundo. A percepção para o problema da gestão dos resíduos sólidos só se tornou evidente na década de 70, com a aprovação da lei de Conservação e Reaproveitamento dos Recursos, em 1976. Segundo Ferraz (2008) “esta lei forçou o “fechamento de aterros inadequados e promover a regionalização dos planos de gestão dos resíduos nesse país” e, portanto, é considerada um marco regulatório até hoje.

Em 1989, a Agência Americana de Proteção Ambiental (US EPA) recomendou uma hierarquia das práticas de gestão, similar à hierarquia europeia, em que deve se dar prioridade a ações de redução da geração, reutilização de produtos, recuperação dos materiais através de compostagem e reciclagem; recuperação energética dos resíduos através da combustão e só então a disposição final, ambientalmente adequada. A gestão dos resíduos varia muito dependendo do estado, já que cada estado pode estabelecer suas próprias políticas e metas.

Segundo dados da EPA, houve um aumento da geração per capita desde a década de 60 ,quando era de 1,22 kg/hab/dia; até 2010, quando chegou a 2,01 kg/hab/dia. (EPA, 2011) Porém, no panorama geral, houve uma melhora da situação. Dos incineradores inadequados da década de 60 para os modernos equipamentos com recuperação energética e controle de emissões gasosas; da inexistência de compostagem, para a compostagem anual de 20,2 milhões de toneladas (EPA, 2011).

Os autores Spiegelman e Sheedam (2005; apud Ferraz, 2008) consideram que o modelo de gestão dos Estados Unidos não prioriza tanto a redução da geração, focando mais ações na recuperação energética e reciclagem dos resíduos gerados.

A Figura 3 traz a porcentagem de cada tipo de tratamento para os R.S.U. No gráfico, pode-se constatar que mais da metade (54,2%) dos R.S.U. ainda é disposta sem qualquer tratamento; 34,1% é reciclada e o restante (11,7%) vai para recuperação energética através da combustão.

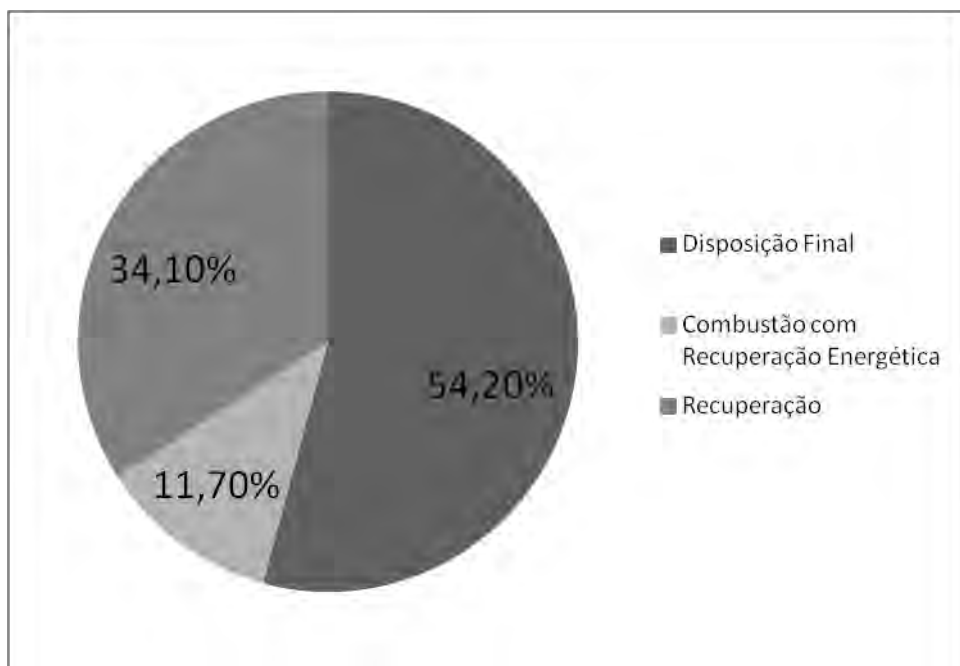


Figura 3 - Destinação dos RSU nos EUA em 2010; Fonte: EPA, 2010 (tradução própria)

É interessante salientar que a composição gravimétrica dos R.S.U. dos Estados Unidos é bem diferente da brasileira. A Figura 4 mostra que apenas 13,9% dos resíduos é composto por restos alimentares e apenas 13,4% de resíduos de poda e capina, ou seja, somando chegam a 27,3% de matéria orgânica passível de compostagem. A maior parte é de recicláveis (papel, metal, plásticos e vidro), além de uma parcela de borrachas, couros e tecidos. Em comparação, o resíduo brasileiro tem, em média, mais de 50% de matéria orgânica passível de compostagem.

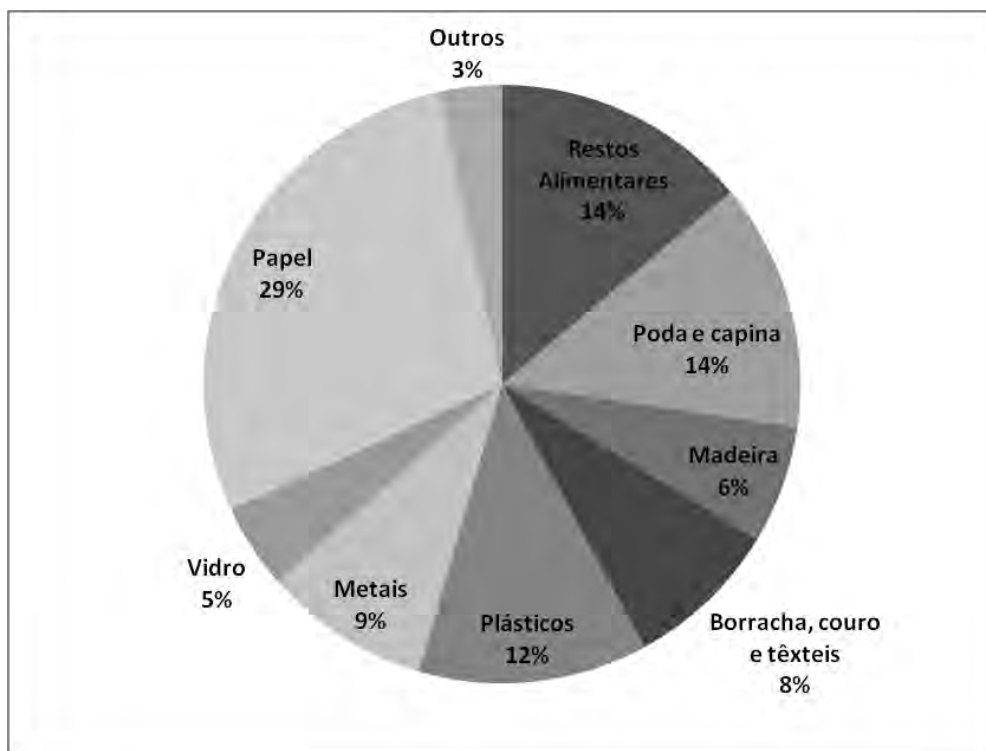


Figura 4 - Composição dos RSU dos EUA em 2010; Fonte: EPA,2010 (tradução própria)

2.4 A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS

Aprovada em agosto de 2010, a lei federal nº 12.305, sancionada pelo Decreto nº 7.404 de dezembro de 2012, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – e traz as diretrizes para a gestão integrada dos resíduos sólidos no país. A PNRS trouxe diversas contribuições para o setor, destacaremos as mais importantes nos parágrafos seguintes.

Em primeiro lugar, a PNRS define a “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto”. Ou seja, a partir da aprovação da lei, todos os envolvidos no ciclo terão uma parcela de responsabilidade para minimizar o volume de resíduos e diminuir o impacto ambiental decorrente do ciclo de vida dos produtos. A lei é bem explícita, e cita: fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, ou seja, virtualmente toda a sociedade civil. Este é um grande avanço, uma vez que muda completamente a antiga visão de que “lixo é problema do governo” e passa a responsabilizar todos, inclusive os consumidores, pelos resíduos que geram.

Logo em seus primeiros artigos, a PNRS deixa claro essa mudança de visão com relação aos resíduos, explicitando em um dos seus princípios “(...) o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor da cidadania”.

Além disso, a PNRS obriga os gestores públicos a elaborarem Planos de Gestão, que devem determinar como será o sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos; obedecendo a uma hierarquia de princípios, a saber: não geração, redução na fonte, reutilização, reciclagem, tratamento e finalmente a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos. Dessa forma, o município deve estabelecer instrumentos que visam a não geração e a redução como prioridade, e a disposição final apenas para os rejeitos últimos.

Com isso, a PNRS criou uma demanda nos municípios, que devem estabelecer seus planos para poder acessar recursos do governo federal. Os gestores públicos devem enfrentar o desafio de estabelecer um sistema para toda a cadeia dos resíduos, planejar as ações que devem ser efetuadas para sua implantação e determinar metas realistas e progressivamente melhores para medir seu desempenho. E tal obrigação também é em nível nacional, uma vez que a Política determina a elaboração do Plano Nacional; atualmente já discutido em audiências públicas e disponível para a população.

Um ponto chave da Política está na definição de rejeito, uma vez que só é assim definido o resíduo que esgota “todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis” (BRASIL, 2010, grifo próprio). Isso significa que, para que resíduos sejam encaminhados para reciclagem, compostagem, incineração ou outras formas de destino diferentes do simples aterro, esses processos devem ser “economicamente viáveis”.

No tocante à parcela orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, a PNRS traz, através de seus princípios e instrumentos, uma nova perspectiva quanto à gestão destes resíduos em particular.

De acordo com a Política, deve-se priorizar o tratamento da matéria orgânica dos RSU em detrimento de sua destinação indiscriminada para a disposição final; o Plano Nacional prevê, entre suas metas, a redução em 55% de resíduos orgânicos destinados a aterro na Região Sudeste até 2031. Isso demonstra que há uma preocupação, em nível nacional, em viabilizar os tratamentos alternativos desses resíduos.

Para garantir a viabilidade destes tratamentos, a PNRS mune os municípios daquela gama de instrumentos já mencionados: consórcios públicos com outros entes federados, para ganhos de escala; exigir planos de gestão específicos para grandes geradores, neste caso, grandes mercados e feiras livres; possibilidade de cobrar pelos serviços de gestão, a fim de garantir sua viabilidade econômica; estabelecer incentivos fiscais e creditícios para fomentar a participação da população.

Diante desses fatores, fica claro que a gestão dos resíduos sólidos, particularmente da parcela orgânica dos RSU, demanda uma mudança significativa para estar de acordo com a Política Nacional e o Plano Nacional, e os municípios têm diversos instrumentos para efetivamente implantar essa mudança.

2.4.1 Princípios e Instrumentos estabelecidos pela PNRS

A nova legislação trouxe uma nova abordagem para a gestão dos resíduos no país, uma série de princípios e uma gama diversa de instrumentos para sua implantação efetiva.

A começar pela abordagem: a PNRS define a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, ou seja:

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

Com essa definição, a Política deixa claro que as ações de gestão devem considerar as outrora esquecidas dimensões ambiental, cultural e social; e agrega a isso o controle social, exigindo explicitamente que seja garantida a participação pública na elaboração dos planos de gestão.

Entre os princípios dispostos na PNRS, destacam-se aqui os princípios da prevenção e da precaução. Estes princípios podem ser atestados pelos instrumentos trazidos pela lei, por exemplo, o Plano de Gestão, que pode ser visto como uma forma de prevenir os problemas da disposição inadequada dos resíduos.

Dentre as diretrizes, destaca-se aqui o artigo 9º, que diz:

“Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.”
(PNRS, 2010)

Esse artigo deixa bem claro a nova diretriz para a gestão dos resíduos, que prioriza o tratamento dos resíduos e destina apenas os rejeitos, ou seja, resíduos que não possuem tratamento viável, para a disposição final ambientalmente adequada.

A PNRS traz diversos instrumentos para sua implantação. O principal deles é o Plano de Resíduos Sólidos, que deve ser elaborado em diversos níveis (nacional, estadual, regional e municipal) e será a principal forma de regulação do setor. A lei traz o conteúdo mínimo que deve constar nos planos e prazos para sua elaboração.

Dois instrumentos que se destacam são a coleta seletiva e a logística reversa. A PNRS deixa claro que a coleta seletiva deve ser incentivada, a fim de melhorar a segregação dos diversos tipos de resíduos já na fonte de sua geração e, dessa forma, garantir uma melhor eficiência na reciclagem destes resíduos. Já a logística reversa visa o reaproveitamento dos resíduos pelo

setor empresarial; um instrumento particularmente interessante para resíduos de embalagem, por exemplo.

A PNRS também cita os consórcios públicos, a serem realizados entre diversos municípios com o objetivo de viabilizar formas alternativas de destinação e disposição final. Essa é uma forma de municípios da mesma região cooperarem, buscando ganhos de escala e escopo para viabilizar determinado tipo de tratamento ou disposição final de seus resíduos. De maneira paralela, a lei também traz os acordos setoriais, realizados entre empresas e o setor público a fim de implementar a responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida dos produtos; por exemplo, garantindo a viabilidade de sistemas de logística reversa.

Outros instrumentos citados pela Política incluem: incentivos fiscais, financeiros e creditícios, cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado, monitoramento e fiscalização e o inventário e o sistema declaratório anual. Todos esses instrumentos visam somente à aplicação da legislação no setor.

2.4.2 Cobrança pelos serviços de Gestão

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), a maior parte dos municípios não cobrava pelo serviço; 35,68% cobrava uma taxa junto com o IPTU. 1,02% cobrava uma tarifa por serviços especiais e 1,06% cobrava uma taxa específica pelo serviço.

Segundo o Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (2012), a taxa recolhida por meio do IPTU é independente do volume de resíduos gerados pela família, ou seja, há uma simples repartição dos custos entre aqueles que demandam o serviço; dessa forma também há uma dispersão da responsabilidade. Como não há uma cobrança maior para o agente que demandar mais do serviço, ou seja, gera mais resíduo, também não existe a possibilidade de incentivar a redução da geração. Por outro lado, a taxa ou tarifa específica, vinculadas ao volume produzido, são instrumentos que permitem incentivos econômicos para ações de não geração. Mas a realidade da maioria dos municípios ainda é a falta de cobrança pelo serviço. Um dos motivos para isso é a resistência da população em pagar mais tributos, que se agrava quando o cálculo do valor não é transparente e não se vê o retorno desse pagamento na melhoria do serviço cobrado.

A PNRS aborda essa questão e deixa claro que os municípios tem poder para instituir suas taxas de cobrança por esse serviço, que deve seguir os princípios estabelecidos na Lei Federal nº11.445. Segundo ambas as leis, os serviços públicos terão sua sustentabilidade econômico-financeira garantidas mediante a remuneração pela cobrança, deixando para o município a responsabilidade de estabelecer os cálculos e maneiras de implementar esta cobrança.

2.5 Alternativas para o tratamento da matéria orgânica

Atualmente, no Brasil, o destino mais comum para os resíduos orgânicos é a disposição final em aterro sanitário ou controlado, e ainda existe a disposição inadequada em lixões. Apesar de a disposição final em aterros sanitários ser considerada uma alternativa ambientalmente adequada, uma vez que os principais impactos ambientais são neutralizados, esta alternativa traz alguns problemas a longo prazo, e os principais são:

1. Formação de gás metano pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica;
2. Produção do líquido percolado altamente tóxico conhecido como chorume, através da infiltração de água pluvial no montante de resíduo; e finalmente;
3. Ocupação de um volume considerável nas raras áreas disponíveis para disposição final, que poderia ser mais bem utilizado para a disposição de rejeitos sem alternativas de tratamento.

O resíduo orgânico pode ser tratado de outras formas, que evitam ou minimizam os problemas supracitados. A seguir, iremos discorrer acerca das duas principais formas de tratamento da parcela orgânica dos RSU. Cabe lembrar que, se considerarmos os RSU sem nenhum tipo de segregação, outras formas de tratamento são possíveis, como a incineração e a gaseificação.

Para o presente estudo foram consideradas apenas as possibilidades de tratamento da matéria orgânica, partindo-se da segregação na fonte, uma vez que esta etapa pode garantir a seleção do tratamento mais adequado para cada tipo de resíduo, sendo uma das práticas incentivadas pela PNRS.

2.5.1 Compostagem

A compostagem é uma técnica simples, que transforma a matéria orgânica com características indesejadas, como odor e presença de organismos patogênicos, em um composto que pode ser utilizado para fins agrícolas.

Segundo a PROSAB, em seu Manual da Compostagem, a compostagem é definida como:

“uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável.”

Alguns parâmetros são essenciais para acompanhar o processo, como: temperatura, aeração, umidade, granulometria, pH e relação entre Carbono e Nitrogênio do composto.

A temperatura é de suma importância, por ser um processo biológico e essa afetar diretamente a atividade biológica dos micro-organismos envolvidos. Há uma grande variação da

temperatura ao longo do processo, passando por uma fase termófila (entre 45 e 85°C) e finalizando numa fase mesófila (entre 25 a 43°C). Recomenda-se a manutenção da temperatura em, aproximadamente, 60°C, que permite a atividade microbiológica e elimina a maior parte dos patógenos.

A aeração também tem importância crucial, uma vez que para a compostagem ser satisfatória, o processo deve ser aeróbio, ou seja, ocorrer com a presença de oxigênio. Este parâmetro é de fácil controle, bastando revolver o montante de matéria orgânica ou mesmo instalar aeradores. A relação entre Carbono e Nitrogênio é o parâmetro que melhor caracteriza o equilíbrio do substrato; os micro-organismos precisam de Carbono como fonte de energia e de Nitrogênio para a síntese proteica, e a relação entre os dois está associada com a biodegradabilidade do substrato. Estima-se que a relação ótima seja de 30 Carbonos para 1 Nitrogênio, mas ela pode variar muito; relações muito altas limitam o crescimento dos micro-organismos, uma vez que não há muito Nitrogênio disponível; relações mais baixas levam a perda de Nitrogênio pela volatilização da amônia. Ao final do processo, o composto tem uma relação C/N entre 10 e 20, devido a grande perda de carbono.

O processo da compostagem pode ser realizado de diversas maneiras: desde a simples compostagem doméstica até os pátios de uma usina de compostagem. Desde o começo do processo até a fase de maturação, em que o composto já pode ser utilizado, demora-se cerca de 35 dias, podendo ser estendido para gerar um composto de melhor qualidade.

A principal vantagem é que o processo não produz gás metano (CH_4), apenas dióxido de carbono (CO_2) resultante da decomposição aeróbia da matéria orgânica; o CH_4 é um gás que contribui muito mais com o aquecimento da atmosfera, cerca de 23 vezes pior que o CO_2 . Outra vantagem é a produção de composto que pode ser utilizado para melhorar as condições do solo.

Sua principal desvantagem é a necessidade de grandes áreas, dependendo da capacidade de produção que se faz necessária para o processamento dos RSU.

2.5.2 *Digestão Anaeróbia*

Dentre os tratamentos possíveis para os RSU, a Digestão Anaeróbia se destaca pela possibilidade de aproveitamento energético do gás gerado no processo. Uma definição para o processo de Digestão Anaeróbia – DA, é dada por:

“Digestão anaeróbia (DA) é um processo de conversão de matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio livre, e ocorre em dois estágios: primeiro ocorre a conversão de orgânicos complexos em materiais como ácidos voláteis; e depois a conversão destes ácidos

orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos, o metano e o gás carbônico” (Chernicharo, 1997; apud Reichert, 2005)

Existem diversas tecnologias para a realização da DA; pode-se trabalhar com baixos teores de sólidos totais (menos de 15% de Sólidos Totais), ou teores mais elevados (até 40% de Sólidos Totais); essa variabilidade abrange o tratamento de biossólidos provenientes de estações de tratamento de esgoto, por exemplo.

A principal vantagem desse tipo de tratamento, frente aos outros aqui citados, é a possibilidade de aproveitamento do gás metano gerado no processo para a geração de energia (térmica ou elétrica). Sua principal desvantagem está relacionada a falta de experiência brasileira na área; não há nenhuma planta específica para o tratamento de RSU instalada atualmente no Brasil.

2.6 Avaliação Ambiental Estratégica

A Avaliação Ambiental Estratégica – AAE – é, segundo Sadler e Verheem(1996, apud OLIVEIRA,2009, p.23), “um processo sistemático de avaliação das consequências ambientais de propostas de políticas, planos e programas, visando assegurar que essas consequências sejam identificadas e previamente encaminhadas à tomada de decisão”.

Esse instrumento de avaliação surgiu na tentativa de inserir a questão ambiental na tomada de decisão; diferindo da mais difundida prática de Estudo de Impactos Ambiental – EIA – principalmente devido a seu âmbito de aplicação. Enquanto no EIA o foco está em avaliar os impactos decorrentes de um único projeto, geralmente com alcance espacial e temporal limitado; a AAE se propõe avaliar as consequências da aplicação de ações estratégicas, ou seja, políticas, planos e programas, cujo alcance é maior e os impactos indiretos e difíceis de determinar.

Há diversas maneiras de se realizar uma AAE, dependendo do tipo de política em estudo e qual o enfoque que se deseja. No presente caso, optou-se pela elaboração e comparação de cenários, que visa determinar a viabilidade econômica e alguns impactos ambientais da aplicação de um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos, em particular a parcela orgânica.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho seguiu a seguinte metodologia, que será detalhada nos próximos itens: num primeiro momento foi realizado o levantamento de dados gerais relacionados à geração e gestão dos RSU; a partir desses dados, foi construído um Cenário Inicial para descrever a situação dos RSU num município hipotético; a seguir, foram propostos diversos cenários que

descrevem a possível evolução da gestão dos RSU nos próximos 20 anos, ilustrada em tabelas, gráficos e fluxogramas; por fim, foi realizada a Avaliação Estratégica, comparando-se os cenários entre si.

A figura 5 ilustra cada etapa da metodologia.

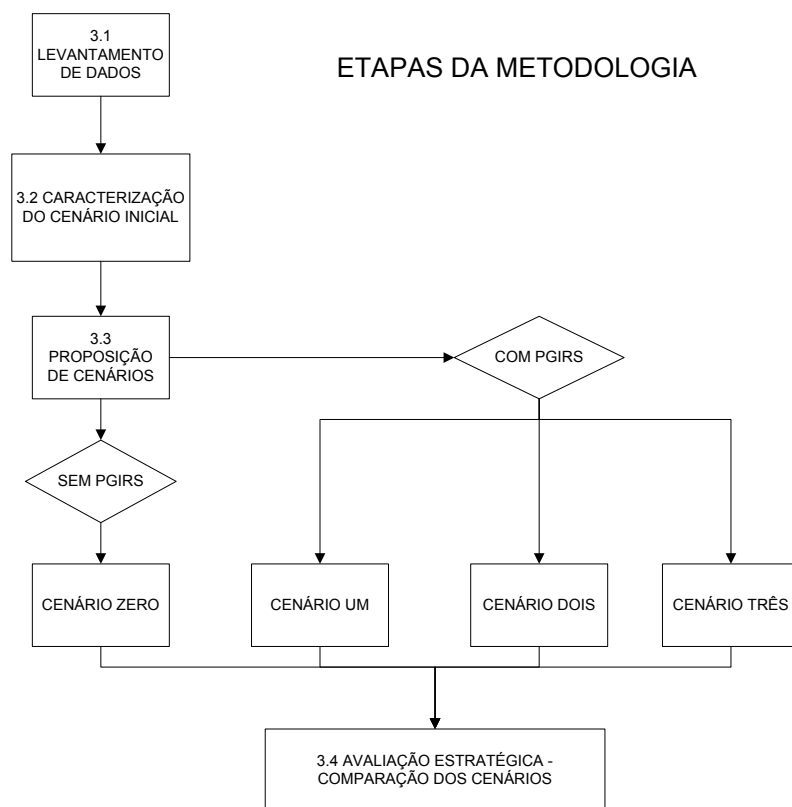


Figura 5 - Etapas da Metodologia

3.1 Levantamento de Dados

Na etapa de levantamento de dados, o estudo buscou, em fontes fidedignas, dados relevantes para o estudo. Antes de iniciar o levantamento, o escopo do estudo foi delimitado nos seguintes aspectos: porte e região do município, classe e composição dos resíduos sólidos e tipo de tratamento. A seguir apresentam-se as justificativas para essas escolhas.

Delimitação do escopo e justificativa

O porte do município foi escolhido para refletir a realidade de uma parcela significativa da população brasileira. Entre as classes definidas pelo IBGE, as que representam as maiores parcelas da população são: municípios entre 10.001 e 50.000 habitantes, com 26,8% da população; e entre 100.001 e 500.000 habitantes, com 25,5%. Dessas duas classes, porém, a que teve maior crescimento foi a segunda, com uma taxa de 22,55%, sendo que a classe de municípios entre 10.001 e 50.000 habitantes cresceu apenas 5,48% (IBGE, 2011). Por essas razões, o presente trabalho considerou um município com 200.000 habitantes, um número que

o enquadra na segunda classe, pois se acredita que esta faixa de municípios tende a crescer nos próximos anos; por outro lado, observa-se que estes municípios são os que apresentam péssimas condições ambientais em relação aos resíduos.

A região selecionada foi a região Sudeste, mais especificamente o estado de São Paulo, por uma questão de proximidade e facilidade de obter dados de bases secundárias de órgãos ambientais e secretarias do meio ambiente. Quando possível, foram utilizados dados específicos da região e do estado, para tornar o diagnóstico mais confiável.

Quanto à classe de origem dos resíduos sólidos estudados, o interesse é nos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, definidos na PNRS no artigo 13, parágrafo I, alíneas “a” e “b”. Isso significa: os resíduos produzidos nos domicílios e os resíduos advindos dos serviços públicos de limpeza urbana. Não foram considerados os resíduos advindos das Estações de Tratamento de Esgoto, uma vez que sua composição difere muito dos outros dois tipos citados.

Quanto à composição, considerou-se aqui, pelos motivos já apresentados, a saber: grande volume de geração, rápida deterioração e grande potencial de impacto ambiental; apenas os resíduos orgânicos, também referenciados como resíduos sólidos úmidos.

Por fim, com relação ao tipo de tratamento proposto no plano, considerou-se apenas o processo de Compostagem Aerado, devido à familiaridade do processo e a disponibilidade de dados que permitiu traçar os cenários. O processo de Digestão Anaeróbia, também citado, carece de estudos e projetos nacionais, ao passo que se pode contar com uma bibliografia mais consolidada e um número considerável de usinas de Compostagem no país.

Levando em consideração essas premissas, o estudo levantou os dados a seguir:

Dados para a Caracterização do Cenário Inicial

Os dados da população: a taxa de crescimento geométrico e a porcentagem de população urbana foram retiradas do Censo 2010, do IBGE. Preferiu-se pela simplificação ao adotar essas variáveis como constantes para os próximos 20 anos.

O dado de geração per capita foi retirado da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, e diz respeito à região Sudeste; este é o dado utilizado na elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Apesar de haver indícios de uma tendência crescente nessa taxa de geração per capita, uma vez que ela também é função do desenvolvimento econômico do país, este estudo a considerou constante para fins de simplificação.

A porcentagem de cobertura da coleta na área urbana foi retirada do Panorama de Resíduos Sólidos da ABRELPE. Uma das metas nacionais é a universalização do serviço de coleta, portanto ela foi considerada crescente, a 1% ao ano, taxa que é considerada bastante conservadora.

As parcelas orgânica e reciclável foram retiradas do Plano Nacional de Resíduos Sólidos; segundo o Plano, os resíduos orgânicos representam **51,6%** do total dos RSU coletados, enquanto os resíduos recicláveis representam **31,9%** dos RSU coletados; o presente estudo considerou a parcela restante, ou seja, **16,5%** como rejeitos. Essa caracterização da composição dos RSU coletados foi considerada constante para os próximos 20 anos.

Para contabilizar o volume ocupado pelos resíduos sólidos dispostos no aterro, foi considerada a densidade de **0,9 toneladas/m³**, valor utilizado no estudo da FGV para a viabilidade econômica de aterros sanitários.(FGV,2009)

O Quadro 1 resume os dados utilizados, seus valores e suas respectivas fontes:

Quadro 1 - Dados utilizados no trabalho

Dado	Valor	Unidade	Fonte
Taxa de crescimento geométrico	1,05	%	Censo 2010 IBGE.
População urbana	92,95	%	Censo 2010 IBGE.
Geração per capita	0,9	Kg.hab.dia ⁻¹	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, IBGE.
Cobertura da coleta	96,52	%	Panorama 2011 ABRELPE.
Parcela Orgânica	51,60	%	Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.
Parcela Reciclável	31,9	%	Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.
Parcela coletada destinada a Reciclagem	1,4	%	Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.
Densidade do RSU em aterro	0,9	ton.m ⁻³	FGV, 2009.

Considerações acerca da Gestão dos RSU

No que se refere à gestão dos RSU, o estudo levantou as seguintes considerações:

Quanto à coleta, as pesquisas mostram que a maioria dos municípios possui apenas a coleta convencional, porta a porta, sem segregação de resíduos. A pesquisa realizada pelo CEMPRE mostrou que apenas 14% dos municípios brasileiros apresentam serviço de coleta seletiva dos materiais recicláveis (CEMPRE, 2012).

Quanto ao tratamento, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico aponta que uma parcela ínfima dos RSU orgânicos é destinada à compostagem, apenas 0,8% do total (IBGE, 2008).

Uma parcela um pouco maior, mas ainda sim muito pequena, de 1,4% dos RSU é destinado a unidades de reciclagem (IBGE, 2008).

Quanto à disposição final, os estudos mostram que, no ano de 2008, mais da metade dos RSU já era encaminhado para aterros sanitários. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 58,3% dos RSU eram encaminhados a aterros sanitários em 2008 (IBGE, 2008). O Panorama 2011, realizado pela ABRELPE, aponta que 76,5% dos RSU coletados no estado de São Paulo foram encaminhados para aterro sanitário naquele ano (ABRELPE, 2011).

Quanto à cobrança pelos serviços, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, realizada pelo IBGE, mostra que mais da metade dos municípios (61,41%) dos municípios não cobram pelos serviços de manejo de resíduos sólidos. Portanto o estudo considerou que não há cobrança pelos serviços de gestão dos RSU.

3.2 Caracterização do Cenário Inicial

Com base no levantamento de dados da etapa anterior, ficou caracterizado o Cenário Inicial, para um município hipotético de 200 mil habitantes do estado de São Paulo, descrito no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 - Caracterização do Cenário Inicial

Cenário Inicial	
Etapa	Descrição
GERAÇÃO	População total: 200.000 habitantes População urbana: 92% Índice de Geração per Capita: 0,9 kg.habitante.dia ⁻¹ Total de RSU gerado: 61.068,15 ton.ano ⁻¹ Parcela Orgânica dos RSU: 51,60% Parcela Reciclável dos RSU: 31,9% Total de RSU Orgânicos gerados: 32.511,17 ton.ano ⁻¹
COLETA	Coleta convencional porta-a-porta; Cobertura da Coleta: 96,52% Total de R.S.U. Orgânicos coletados: 58.942,98 ton.ano ⁻¹
SEGREGAÇÃO	Nenhuma forma de segregação.
TRATAMENTO	Nenhum tipo de tratamento para a matéria orgânica. Reciclagem dos resíduos secos.
DISPOSIÇÃO FINAL	Todo resíduo é destinado ao aterro sanitário
COBRANÇA	Nenhuma forma de cobrança dos serviços.

A fim de tornar a visualização do quadro geral do Cenário Inicial, montou-se o seguinte fluxograma, apresentado na Figura 7:

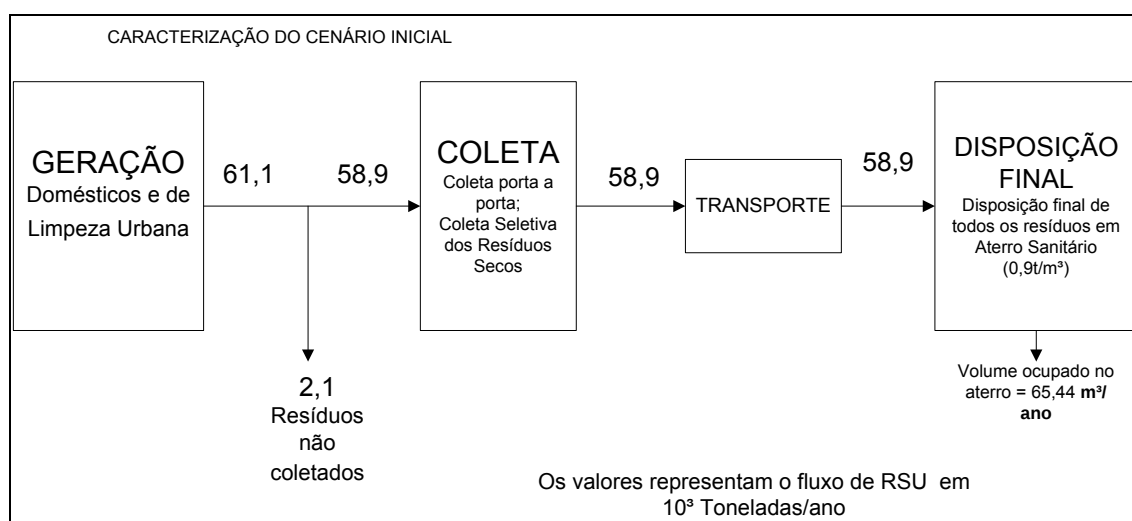


Figura 6 - Fluxograma do Cenário Inicial

3.3 Proposição de Cenários

A proposição de cenários tem por objetivo a visualização dos possíveis desdobramentos de determinadas ações estratégicas a partir de uma situação conhecida. Os cenários partem da mesma situação e diferenciam-se pelas hipóteses e premissas assumidas. É importante destacar que o estudo trata apenas de estimativas, e que serão tratadas de forma comparativa entre os cenários.

A primeira etapa da proposição de cenários foi estabelecer a evolução populacional, de geração e de coleta dos RSU ao longo dos vinte anos do plano. Para isso, foram utilizadas: a taxa de crescimento geométrico da população, a taxa de geração per capita e a cobertura da coleta. Assim, foram obtidos os seguintes resultados, resumidos nas Tabelas 1 e 2:

Tabela 1 - Estimativa de Crescimento Populacional

Estimativa de Crescimento Populacional		
	Taxa de crescimento geométrico:	1,05%
Ano	Habitantes	População Urbana (92,95%)
2012	200.000	185.900,00
2013	202.100	187.851,95
2014	204.222	189.824,40
2015	206.366	191.817,55
2016	208.533	193.831,64
2017	210.723	195.866,87
2018	212.935	197.923,47
2019	215.171	200.001,67
2020	217.431	202.101,68
2021	219.714	204.223,75
2022	222.021	206.368,10
2023	224.352	208.534,97
2024	226.707	210.724,58
2025	229.088	212.937,19
2026	231.493	215.173,03
2027	233.924	217.432,35
2028	236.380	219.715,39
2029	238.862	222.022,40
2030	241.370	224.353,64
2031	243.905	226.709,35
2032	246.466	229.089,80

Tabela 2 - Projeções de Geração e Coleta de RSU

Ano	População	Resíduos Gerados (ton/ano)	Cobertura da Coleta (%)	Resíduos Coletados (ton/ano)	RSU Orgânicos Coletados	RSU Recicláveis Coletados
2012	185.900	61.068,15	96,52	58.942,98	30.414,58	18.802,81
2013	187.852	61.709,37	97,49	60.157,50	31.041,27	19.190,24
2014	189.824	62.357,31	98,46	61.397,04	31.680,87	19.585,66
2015	191.818	63.012,07	99,44	62.662,13	32.333,66	19.989,22
2016	193.832	63.673,69	100	63.673,69	32.855,63	20.311,91
2017	195.867	64.342,27	100	64.342,27	33.200,61	20.525,18
2018	197.923	65.017,86	100	65.017,86	33.549,22	20.740,70
2019	200.002	65.700,55	100	65.700,55	33.901,48	20.958,47
2020	202.102	66.390,40	100	66.390,40	34.257,45	21.178,54
2021	204.224	67.087,50	100	67.087,50	34.617,15	21.400,91
2022	206.368	67.791,92	100	67.791,92	34.980,63	21.625,62
2023	208.535	68.503,74	100	68.503,74	35.347,93	21.852,69
2024	210.725	69.223,03	100	69.223,03	35.719,08	22.082,15
2025	212.937	69.949,87	100	69.949,87	36.094,13	22.314,01
2026	215.173	70.684,34	100	70.684,34	36.473,12	22.548,30
2027	217.432	71.426,53	100	71.426,53	36.856,09	22.785,06
2028	219.715	72.176,51	100	72.176,51	37.243,08	23.024,31
2029	222.022	72.934,36	100	72.934,36	37.634,13	23.266,06
2030	224.354	73.700,17	100	73.700,17	38.029,29	23.510,35
2031	226.709	74.474,02	100	74.474,02	38.428,59	23.757,21
2032	229.090	75.256,00	100	75.256,00	38.832,10	24.006,66

Em seguida, foram descritas as principais estratégias de gestão aplicadas no PGIRS; essas estratégias estão alinhadas com o proposto no Plano Nacional. As estratégias de gestão adotadas foram as seguintes:

Incentivos para a redução da geração de resíduos;

Segregação dos resíduos na fonte de geração por tipo, com o objetivo de separar a matéria orgânica dos resíduos recicláveis e outros tipos de resíduo;

Obrigatoriedade de dispor os resíduos orgânicos em vasilhame específico para isso. Tal estratégia encontra respaldo na PNRS, que permite ao Poder Público determinar de que maneira os resíduos devem ser disponibilizados para a realização da coleta;

Coleta seletiva dos materiais recicláveis;

Coleta regular dos resíduos orgânicos;

Estabelecimento de Pontos de Entrega voluntários para materiais recicláveis;

Tratamento dos resíduos orgânicos segregados em Usina de Compostagem;

Disposição final ambientalmente adequada dos resíduos coletados e não segregados;

Estabelecimento de uma taxa de cobrança pelo serviço de coleta e tratamento dos resíduos orgânicos, atrelada ao valor de venda do vasilhame em que deve ser disponibilizado para coleta;

Cada cenário descrito a seguir é uma possível evolução da aplicação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos, obedecendo às diretrizes da PNRS. Em primeiro lugar, foi proposto um cenário extremamente pessimista, em que apenas as obrigações legais de disposição final correta e coleta regular em toda a área urbana seriam cumpridas, mas sem qualquer outra ação para melhorar a gestão. Este cenário, chamado Cenário Zero, será útil para visualizar qual seria a evolução do Cenário Inicial caso nada seja feito.

O que irá realmente diferir um cenário de outro é a efetividade dessas estratégias. Propuseram-se aqui três cenários: um pessimista, com pouca efetividade, um intermediário e um otimista, com extrema eficácia das estratégias.

3.3.1 Estimativas de RSU por Destinação

Para refletir essas diferenças, em cada cenário foram propostas metas progressivas de Compostagem e Reciclagem. Em primeiro lugar, considerou-se a composição dos RSU, dividindo-os em três classes: orgânicos, recicláveis e rejeitos; a partir dessa composição, foram aplicadas as metas da seguinte forma: a meta de compostagem está aplicada somente à parcela orgânica do RSU, ou seja, somente os 51,6% de resíduos orgânicos; da mesma

maneira, a meta de reciclagem foi aplicada somente à parcela reciclável dos RSU, ou seja, aos 31,9%. Os rejeitos (16,5%), os resíduos orgânicos que não foram para a compostagem e os resíduos recicláveis que não foram para a reciclagem, são destinados ao Aterro Sanitário. A figura 7 exemplifica esse procedimento para o ano de 2015 do Cenário Um. A única variação entre os cenários está nas metas aplicadas, o que irá alterar o montante de RSU destinados para a Compostagem, para a Reciclagem e, conseqüentemente, para o Aterro Sanitário.

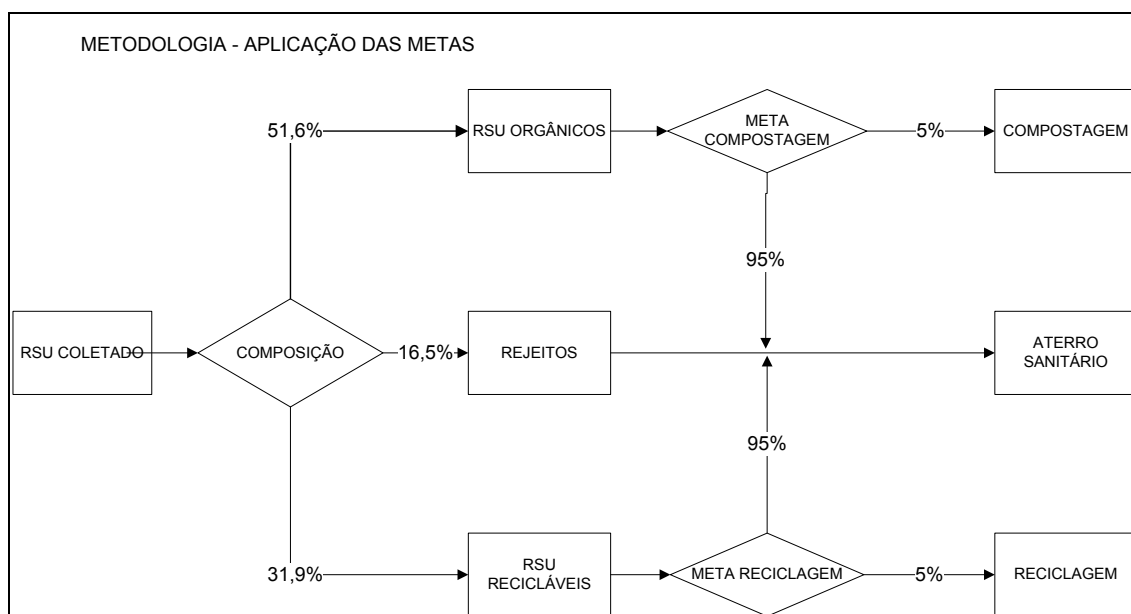


Figura 7 - Metodologia

A tabela 3 a seguir demonstra como foram calculados os montantes de resíduos para cada destinação.

Tabela 3 - Formulas de cálculo para cada etapa

Destinação	Fórmula de cálculo
Compostagem	Meta da Compostagem X RSU Orgânicos
Reciclagem	Meta da Reciclagem X RSU Recicláveis
Aterro Sanitário	Rejeitos + (RSU Orgânicos – Compostagem) + (RSU Recicláveis – Reciclagem)

A tabela 4 exemplifica, para o Cenário Um, as porcentagens que efetivamente vão para cada destinação, considerando a composição dos RSU e as metas por destinação, mostrando que todos os RSU coletados são contemplados nos cálculos.

Tabela 4 - RSU por Destinação - Cenário Um

Cenário Um - RSU por Destinação (%)				
Ano	RSU para Compostagem	RSU para Reciclagem	Rejeitos para Aterro Sanitário	Total
2013	1,03%	0,64%	98,33%	100,00%
2014	2,06%	1,28%	96,66%	100,00%
2015	2,58%	1,60%	95,83%	100,00%
2016	3,10%	1,91%	94,99%	100,00%
2017	3,61%	2,23%	94,16%	100,00%
2018	4,64%	2,87%	92,49%	100,00%
2019	5,16%	3,19%	91,65%	100,00%
2020	6,19%	3,83%	89,98%	100,00%
2021	6,71%	4,15%	89,15%	100,00%
2022	7,22%	4,47%	88,31%	100,00%
2023	7,74%	4,79%	87,48%	100,00%
2024	8,77%	5,42%	85,81%	100,00%
2025	9,29%	5,74%	84,97%	100,00%
2026	9,80%	6,06%	84,14%	100,00%
2027	10,32%	6,38%	83,30%	100,00%
2028	11,35%	7,02%	81,63%	100,00%
2029	11,87%	7,34%	80,80%	100,00%
2030	12,38%	7,66%	79,96%	100,00%
2031	12,90%	7,98%	79,13%	100,00%

As Tabelas 5 e 6 a seguir apresentam as metas propostas em cada cenário. Os anos de 2015, 2019, 2023, 2027 e 2031 aparecem com destaque no estudo; foram escolhidos esses anos por duas razões: são os anos constantes no Plano Nacional de Resíduos Sólidos para sua revisão e coincidem com a revisão dos anos plurianuais da União. O ano de 2013 também foi incluído por ser o primeiro ano de aplicação do plano. Ressaltamos que o Cenário Zero não apresenta essas metas, justamente por refletir a evolução do Cenário Inicial sem ações efetivas. No período entre os anos escolhidos, foi considerada uma progressão linear aproximada da meta, conforme apresentada nas tabelas seguintes.

Tabela 5 - Metas para Compostagem

Metas de Compostagem (%)			
Ano	Cenário Um	Cenário Dois	Cenário Três
2013	2	15	50
2014	4	20	50
2015	5	25	55
2016	6	27	55
2017	7	30	65
2018	9	32	65
2019	10	35	75
2020	12	37	75
2021	13	40	80
2022	14	42	80
2023	15	45	85
2024	17	45	85
2025	18	47	90
2026	19	47	90
2027	20	50	95
2028	22	50	95
2029	23	52	95
2030	24	52	95
2031	25	55	100

Tabela 6 - Metas para Reciclagem

Metas de Reciclagem (%)			
Ano	Cenário Um	Cenário Dois	Cenário Três
2013	2	20	20
2014	4	30	30
2015	5	30	40
2016	6	30	40
2017	7	37	45
2018	9	37	45
2019	10	37	50
2020	12	40	55
2021	13	40	60
2022	14	42	65
2023	15	42	70
2024	17	42	75
2025	18	42	80
2026	19	42	85
2027	20	45	90
2028	22	45	90
2029	23	45	95
2030	24	45	95
2031	25	50	100

As metas para o Cenário Dois coincidem com as metas do Plano Nacional de Resíduos Sólidos; as metas para o Cenário Um e o Cenário Três foram selecionadas para refletir um cenário pessimista e um otimista, respectivamente.

3.4 Estimativas de Custos

A estimativa de custo total do sistema de gestão foi subdividida em etapas correspondentes às etapas do ciclo dos RSU. Nos próximos itens, estão descritas em detalhes as estimativas da Coleta, Compostagem, Reciclagem e Disposição Final.

3.4.1 Custos da Coleta

O estudo considerou duas formas de coleta: coleta convencional, para os RSU orgânicos e os rejeitos; e coleta seletiva, para os RSU recicláveis. Essa distinção se faz necessária, uma vez que os dados apontam que a coleta seletiva ainda é mais cara que a coleta convencional, segundo o CEMPRE, sua última pesquisa demonstrou que o custo da coleta seletiva está 4,5 vezes maior que a coleta convencional.

O mesmo procedimento foi adotado para as duas coletas, a saber: foram obtidos dados do custo da coleta por tonelada de RSU e, a seguir, multiplicou-se esse custo por tonelada pelo total de resíduo coletado em cada categoria. Portanto, o estudo não levou em consideração ganhos de escala ou de eficiência ao longo do tempo para a coleta.

Os dados utilizados para estimar os custos da coleta foram apresentados no item “3.1 Levantamento de Dados” do presente estudo. O custo da coleta convencional foi estimado em R\$42,97/tonelada, ou seja, **US\$ 21,49/tonelada**, enquanto o custo da coleta seletiva, utilizando a média do CEMPRE, foi de R\$160,86/tonelada, ou seja, **US\$ 80,43/tonelada**.

3.4.2 Custo da Compostagem

Para estimar o custo da compostagem, foram utilizados os dados levantados em empresas do setor e na prefeitura de Rio Claro e apresentadas no trabalho de GONSALEZ, et.al., 2012. Os dados levantados eram referentes a uma usina que atenda a geração de 180 mil habitantes, população total de Rio Claro, tendo em vista uma coleta de 100% dos RSU e que todo o Resíduo Orgânico fosse destinado a compostagem.

O presente estudo adaptou o dimensionamento dos custos, refletindo as metas propostas pelos cenários. Para cada um dos cenários, os custos foram reformulados, redimensionado a usina para atender a geração daquele cenário; apenas o Cenário Três, ideal, destina 100% dos RSU

orgânicos à compostagem. Isso só foi possível porque o trabalho consultado trazia os custos de investimento e custos de operação de maneira detalhada.

A tabela 7 apresenta os custos levantados pela pesquisa, que considera uma coleta de 100% dos RSU, e que todos os RSU orgânicos são destinados para a Compostagem. Esses valores correspondem ao esperado apenas para o último período do Cenário Três, mas servem de base para o dimensionamento dos outros cenários.

Tabela 7 – Custos de Investimento da Compostagem levantados na prefeitura de Rio Claro; adaptado de FERRAZ, 2012

CUSTOS DA COMPOSTAGEM EM RIO CLARO - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Compra terreno	17.000,00	m²	500,00	8.500.000,00
Impermeabilização com asfalto	16.264,00	m²	16,00	260.224,00
Área coberta galpão	4.880,00	m²	300,00	1.464.000,00
Demais construções: Área beneficiamento; Área armazenamento; Portaria + banheiro + escritório	550,00	m²	300,00	165.000,00
•Canaletas drenagem	148	m²	230,00	34.040,00
Sub-total				10.258.264,00
Trator simples	1	unidade	40.000,00	40.000,00
Pá carregadeira	1	unidade	40.00,00	40.00,00
Peneira Rotativa 30mm	1	unidade	4.000,00	4.000,00
Triturador	1	unidade	30.000,00	30.000,00
Total				10.332.264,00

Tabela 8 - Custos Operacionais da Compostagem levantados na prefeitura de Rio Claro; adaptado de FERRAZ, 2012

CUSTOS DA COMPOSTAGEM EM RIO CLARO - CUSTO OPERACIONAL					
EQUIPAMENTOS					
ITEM	Utilização Mensal (25 dias - 8h/dia)	Consumo (L/h)	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Trator	200	13	2600	2,60	6.760,00
Pá Carregadeira	200	10	2000	2,60	5.200,00
Subtotal					11.960,00
FUNCIONÁRIOS					
CARGO	QUANTIDADE		SALÁRIO MENSAL (R\$)		Custo (R\$)
Administrador	1		3.200,00		3.200,00
Operador de máquina (trator,pá carregadeira)	1		770,00		770,00
Vigia/porteiro	1		1.150,00		1.150,00
Ensacador	1		700,00		700,00
Sub-total					17780
ESTRUTURA					
Água e Energia					Custo (R\$)
				Gastos mensais	1.020,00
TOTAL MENSAL					18.800,00
TOTAL ANUAL					225.600,00

Os itens a seguir detalham como foi construída essa estimativa de custo em cada cenário.

3.4.2.1 Custo da Compostagem para o Cenário Um

Em primeiro lugar, para o custo de investimento inicial, que representa a construção e instalação da usina, foi feita a proporção para o tratamento de uma quantidade menor de RSU orgânicos. Alguns itens tiveram suas quantidades mantidas, a saber: aquisição do terreno, trator simples, pá carregadeira, peneira rotativa e triturador; os outros itens, por estarem diretamente associados com a quantidade de RSU que será tratada, foram alterados proporcionalmente, para refletir o tratamento de uma quantidade bem menor de resíduos. Considerou-se ainda que a usina está sendo projetada para os próximos 20 anos, e depois de

sua instalação, a expansão se dará apenas em sua operação. Dessa maneira, os itens: área impermeabilizada, área coberta pelo galpão e demais construções, foram recalculados para atender a apenas 25% do representado pelos dados de Rio Claro; ou seja, considerou-se apenas 25% da área impermeabilizada, por exemplo, e então o custo foi recalculado, baseado no mesmo custo por metro quadrado.

A tabela 9 mostra os resultados para os custos de investimento.

Tabela 9 - Cenário Um - Custos de Investimento Inicial de Compostagem

CUSTOS COMPOSTAGEM - CENÁRIO UM - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Compra terreno	17.000	m²	500,00	8.500.000,00
Impermeabilização com asfalto	4.066	m²	16,00	65.056,00
Área coberta galpão	1.220	m²	300,00	366.000,00
Demais construções: Área beneficiamento; Área armazenamento; Portaria + banheiro + escritório	138	m²	300,00	41.250,00
•Canaletas drenagem	37	m²	230,00	8.510,00
Sub-total				8.980.816,00
Trator simples	1	unidade	40.000,00	40.000,00
Pá carregadeira	1	unidade	40,00,00	40,00,00
Peneira Rotativa 30mm	1	unidade	4.000,00	4.000,00
Triturador	1	unidade	30.000,00	30.000,00
Total				9.054.816,00

A seguir, os custos de investimento inicial foram diluídos em um período de 20 anos, para chegar a um custo anual de investimento. A tabela 10 mostra essa diluição.

Tabela 10 - Cenário Um - Diluição dos Custos de Investimento Inicial de Compostagem

Custo do Investimento Inicial Diluído em 20 anos	
754.568,00	R\$/ano
377.284,00	US\$/ano

Para estimar os custos operacionais, foi adotado o mesmo procedimento descrito acima. Os itens que não foram alterados são referentes ao corpo de funcionários e aos gastos com energia e água, que, no caso da compostagem, não chegam a variar tanto com relação à massa de resíduo processada. A tabela 11 demonstra esses custos:

Tabela 11 - Cenário Um - Custos Operacionais de Compostagem

CUSTOS COMPOSTAGEM - CENÁRIO UM - CUSTO OPERACIONAL					
EQUIPAMENTOS					
ITEM	Utilização Mensal (25 dias - 4h/dia)	Consumo (L/h)	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Trator	100	13	1300	2,6	3.380,00
Pá Carregadeira	100	10	1000	2,6	2.600,00
Sub-total					5.980,00
FUNCIONÁRIOS					
CARGO	QUANTIDADE		SALÁRIO MENSAL (R\$)		Custo (R\$)
Administrador	1		3.200,00		3.200,00
Operador de máquina (trator,pá carregadeira)	1		770,00		770,00
Vigia/porteiro	1		1.150,00		1.150,00
Ensacador	1		700,00		700,00
Sub-total					11.800,00

ESTRUTURA	
Água e Energia	Custo (R\$)
Gastos mensais	1.020,00
TOTAL MENSAL	12.820,00
TOTAL ANUAL	153.840,00

Os custos operacionais acima descritos refletem a operação do sistema em sua capacidade plena, ou seja, processando 25% dos RSU orgânicos coletados. Porém, as metas de compostagem são progressivas ao longo do período; então considerou-se que a operação se inicia com uma capacidade limitada e, nos anos escolhidos para revisão do plano, recebe uma expansão, que reflete em um aumento de custos. Portanto, foi considerado que o custo operacional anual é proporcional à meta final para aquele período e é constante para cada período de quatro anos, como mostrado na tabela 12. Ao final, chegando à meta de 25%, o sistema estará operando plenamente e gerando o custo previsto no orçamento anterior.

Tabela 12 - Cenário Um - Custos Operacionais de Compostagem por período

Compostagem - Cenário Um - Custos Operacionais por período			
Período	Meta Compostagem (%)	Custo Proporcional (R\$/Ano)	Custo em Dólar (US\$/ano)
2013 - 2014	5	30.768,00	15.384,00
2015 - 2018	10	61.536,00	30.768,00
2019 - 2022	15	92.304,00	46.152,00
2023 - 2026	20	123.072,00	61.536,00
2027 - 2031	25	153.840,00	76.920,00

Finalmente, para chegar a uma estimativa de custo anual do sistema para o Cenário Um, somou-se o custo de investimento anual, igual durante os 20 anos, e o custo operacional em cada período, obtendo-se os resultados apresentados na tabela 13:

Tabela 13 - Cenário Um - Custo Anual de Compostagem por período

Cenário Um - Custo Anual por período			
Período	Custo Investimento (US\$/ano)	Custo Operacional (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)
2013 - 2014	377.284,00	15.384,00	392.668,00
2015 - 2018		30.768,00	408.052,00

	377.284,00		
2019 - 2022	377.284,00	46.152,00	423.436,00
2023 - 2026	377.284,00	61.536,00	438.820,00
2027 - 2031	377.284,00	76.920,00	454.204,00

3.4.2.2 Custos da Compostagem para o Cenário Dois

Para o Cenário Dois, foram realizados os mesmos procedimentos explicados no Cenário Um; a diferença está na meta final do cenário, 55% de RSU orgânico composto. Dessa forma, os custos de investimento foram recalculados, conforme mostra a tabela 14:

Tabela 14 - Cenário Dois - Custos de Investimento Inicial de Compostagem

CUSTOS COMPOSTAGEM - CENÁRIO DOIS - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Compra terreno	17.000	m ²	500,00	8.500.000,00
Impermeabilização com asfalto	8.132	m ²	16,00	130.112,00
Área coberta galpão	2.440	m ²	300,00	732.000,00
Demais construções: Área beneficiamento; Área armazenamento; Portaria + banheiro + escritório	275	m ²	300,00	82.500,00
•Canaletas drenagem	74	m ²	230,00	17.020,00
Subtotal				9.461.632,00
Trator simples	1	unidade	40.000,00	40.000,00
Pá carregadeira	1	unidade	40.00,00	40.00,00
Peneira Rotativa 30mm	1	unidade	4.000,00	4.000,00

Triturador	1	unidade	30.000,00	30.000,00
Total				9.535.632,00

Da mesma forma que no Cenário Um, o custo do investimento inicial foi diluído em 20 anos, resultando no custo anual mostrado na tabela 15:

Tabela 15 - Cenário Dois – Diluição dos Custos de Investimento inicial de Compostagem

Custo do Investimento Inicial Diluído em 20 anos	
794.636,00	R\$/ano
397.318,00	US\$/ano

Os custos operacionais foram redimensionados, para atender a meta final de 55% dos RSU orgânicos destinados à Compostagem, conforme a tabela 16:

Tabela 16 - Cenário Dois - Custos Operacionais de Compostagem

CUSTO COMPOSTAGEM - CENÁRIO DOIS - CUSTO OPERACIONAL					
EQUIPAMENTOS					
ITEM	Utilização Mensal (25 dias - 6h/dia)	Consumo (L/h)	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Trator	150	13	1950	2,6	5.070,00
Pá Carregadeira	150	10	1500	2,6	3.900,00
Sub-total					8.970,00
FUNCIONÁRIOS					
CARGO	QUANTIDADE		SALÁRIO MENSAL (R\$)		Custo (R\$)
Administrador	1		3.200,00		3.200,00
Operador de máquina (trator,pá carregadeira)	1		770,00		770,00
Vigia/porteiro	1		1.150,00		

					1.150,00
Ensacador	1		700,00		700,00
Sub-total					14.790,00
ESTRUTURA					
Água e Energia					Custo (R\$)
				Gastos mensais	1.020,00
TOTAL MENSAL					15.810,00
TOTAL ANUAL					189.720,00

Os custos operacionais foram calculados em proporção a meta naquele período exatamente como foi feito no Cenário Um.

Tabela 17 - Cenário Dois - Custos Operacionais de Compostagem por período

Cenário Dois - Custos Operacionais por período			
Período	Meta Compostagem (%)	Custo Proporcional (R\$/Ano)	Custo em Dólar (US\$/ano)
2013 - 2015	25	86.236,36	43.118,18
2016 - 2019	35	120.730,91	60.365,45
2020 - 2023	45	155.225,45	77.612,73
2024 - 2027	50	172.472,73	86.236,36
2028 - 2031	55	189.720,00	94.860,00

A tabela 18 mostra o custo anual por período, com a soma do custo de investimento e o custo operacional:

Tabela 18 - Cenário Dois - Custo Anual de Compostagem por período

Cenário Dois - Custo Anual por período			
Período	Custo Investimento (US\$/ano)	Custo Operacional (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)
2013 - 2014	377.284,00	43.118,18	420.402,18
2015 - 2018	377.284,00	60.365,45	437.649,45
2019 - 2022	377.284,00	77.612,73	454.896,73
2023 - 2026	377.284,00	86.236,36	463.520,36
2027 - 2031	377.284,00	94.860,00	472.144,00

3.4.2.3 Custos da Compostagem para o Cenário Três

Para o Cenário Três, foram realizados os mesmos procedimentos explicados no Cenário Um; a diferença está na meta final do cenário, 100% de RSU orgânico composto. Assim, foram recalculados os custos de investimento conforme mostra a tabela 19:

Tabela 19 - Cenário Três - Custos de Investimento Inicial de Compostagem

CUSTOS COMPOSTAGEM - CENÁRIO TRÊS - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Compra terreno	17.000	m ²	500,00	8.500.000,00
Impermeabilização com asfalto	16.264	m ²	16,00	260.224,00
Área coberta galpão		m ²		1.464.000,00

	4.880		300,00	
Demais construções: Área beneficiamento; Área armazenamento; Portaria + banheiro + escritório	550	m²	300,00	165.000,00
•Canaletas drenagem	148	m²	230,00	34.040,00
Sub-total				10.423.264,00
Trator simples	1	unidade	40.000,00	40.000,00
Pá carregadeira	1	unidade	40.00,00	40.00,00
Peneira Rotativa 30mm	1	unidade	4.000,00	4.000,00
Triturador	1	unidade	30.000,00	30.000,00
Total				10.497.264,00

Da mesma forma que no Cenário Um, o custo do investimento inicial foi diluído em 20 anos, resultando no custo anual mostrado na tabela 20:

Tabela 20 - Cenário Três - Diluição dos Custos Iniciais de Compostagem

Custo do Investimento Inicial Diluído em 20 anos	
874.772,00	R\$/ano
437.386,00	US\$/ano

Os custos operacionais foram redimensionados, para atender a meta final de 100% dos RSU orgânicos destinados à Compostagem, conforme a tabela 21:

Tabela 21 - Cenário Três - Custos Operacionais de Compostagem

CUSTO OPERACIONAL					
EQUIPAMENTOS					
ITEM	Utilização Mensal (25 dias - 8h/dia)	Consumo (L/h)	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Trator	200	13	2600	2,6	6.760,00
Pá Carregadeira	200	10	2000	2,6	5.200,00
Sub-total					11.960,00
FUNCIONÁRIOS					
CARGO	QUANTIDADE		SALÁRIO MENSAL		Custo (R\$)

		(R\$)	
Administrador	1	3.200,00	3.200,00
Operador de máquina (trator,pá carregadeira)	1	770,00	770,00
Vigia/porteiro	1	1.150,00	1.150,00
Ensacador	1	700,00	700,00
Sub-total			17.780,00
ESTRUTURA			
Água e Energia			Custo (R\$)
			Gastos mensais
			1.020,00
TOTAL MENSAL			18.800,00
TOTAL ANUAL			225.600,00

Os custos operacionais foram calculados em proporção a meta naquele período exatamente como foi feito no Cenário Um, como é mostrado na tabela 22.

Tabela 22 - Cenário Três - Custos Operacionais de Compostagem por período

Cenário Três - Custos Operacionais por período			
Período	Meta Compostagem (%)	Custo Proporcional (R\$/Ano)	Custo em Dólar (US\$/ano)
2013 - 2014	55	124.080,00	62.040,00
2015 - 2018	75	169.200,00	84.600,00
2019 - 2022	85	191.760,00	95.880,00
2023 - 2026	95	214.320,00	107.160,00
2027 - 2031	100	225.600,00	112.800,00

A tabela 23 mostra o custo anual por período, com a soma do custo de investimento e o custo operacional:

Tabela 23 - Cenário Três - Custo anual de Compostagem por período

Cenário Três - Custo Anual por período			
Período	Custo Investimento (US\$/ano)	Custo Operacional (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)
2013 - 2014	377.284,00	62.040,00	439.324,00
2015 - 2018	377.284,00	84.600,00	461.884,00
2019 - 2022	377.284,00	95.880,00	473.164,00
2023 - 2026	377.284,00	107.160,00	484.444,00
2027 - 2031	377.284,00	112.800,00	490.084,00

3.4.3 Custo da Reciclagem

Para estimar o custo da Reciclagem, foram utilizados dados levantados na Prefeitura de Rio Claro, na Cooperativa de catadores que realiza esse serviço para esse município e em empresas do setor. O procedimento adotado foi semelhante ao realizado na Compostagem: os dados levantados na prefeitura pelo trabalho de GONSALEZ et.al., 2012, se referem a um sistema com capacidade de atender a geração de 188 mil habitantes; assim, os custos de investimento e de operação foram redimensionados, em cada cenário, para se adequarem á realidade proposta nas metas de reciclagem.

As tabelas 24 e 25 a seguir mostram os custos de investimento inicial e de operação levantados pelo trabalho:

Tabela 24 - Custo de Investimento Inicial para Reciclagem em Rio Claro, adaptado de FERRAZ, 2012

RECICLAGEM - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Barracão (aquisição e construção)	1.260	m ²	794,00	1.000.440,00
Balança	1	unidade	22.000,00	22.000,00
Prensa 1t	1	unidade	50.000,00	50.000,00
Prensa 2t	1	unidade	100.000,00	100.000,00
Esteira	3	unidade	30.000,00	90.000,00
Empilhadeira	1	unidade	15.000,00	15.000,00
Total				1.277.440,00

Tabela 25 - Custo Operacional de Reciclagem em Rio Claro, adaptado de FERRAZ, 2012

RECICLAGEM - CUSTO OPERACIONAL			
EQUIPAMENTOS - COMBUSTÍVEL			
ITEM	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Prensa 1t - consumo de óleo	400	2,5	1.000,00
Prensa 2t - consumo de óleo	600	2,5	1.500,00
Empilhadeira - consumo gasolina	480	2,6	1.248,00
Subtotal			3.748,00
FUNCIONÁRIOS			
CARGO	QUANTIDADE	SALÁRIO MENSAL (R\$)	Custo (R\$)
Cooperados	30	700,00	21.000,00
Condutor de Empilhadeira	1	900,00	900,00
ESTRUTURA			
Água e Energia			Custo (R\$)
Gastos mensais			9.000,00
TOTAL MENSAL			34.648,00
TOTAL ANUAL			415.776,00

Os itens a seguir detalham como foram realizados os cálculos para cada um dos cenários.

3.4.3.1 Custo da Reciclagem para o Cenário Um

O custo de investimento inicial, que representa os custos com a infraestrutura da usina de reciclagem, foi redimensionado para refletir a realidade da meta final de apenas 25% dos RSU recicláveis destinados efetivamente à Reciclagem. A tabela 26 apresenta em detalhes esses custos.

Tabela 26 - Cenário Um - Custos de Investimento Inicial de Reciclagem

CUSTOS RECICLAGEM - CENÁRIO UM - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Barracão	1.260	m²	794,00	1.000.440,00
Balança	1	unidade	22.000,00	22.000,00
Prensa 1t	-	unidade	50.000,00	-
Prensa 2t	1	unidade	100.000,00	100.000,00
Esteira	1	unidade	30.000,00	30.000,00
Empilhadeira	1	unidade	15.000,00	15.000,00
Total				1.167.440,00

De maneira semelhante ao realizado para a Compostagem, o Investimento Inicial foi diluído num período de 20 anos, chegando ao resultado mostrado pela tabela 27:

Tabela 27 - Cenário Um - Diluição dos Custos de Investimento Inicial para Reciclagem

Custo do Investimento Inicial Diluído em 20 anos	
1.167.440,00	R\$/ano
583.720,00	US\$/ano

Os custos operacionais também foram redimensionados, conforme a tabela 28:

Tabela 28 - Cenário Um - Custos Operacionais de Reciclagem

CUSTOS RECICLAGEM - CENÁRIO UM - CUSTO OPERACIONAL			
EQUIPAMENTOS - COMBUSTÍVEL			
ITEM	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Prensa 1t - consumo de óleo	0	2,5	-
Prensa 2t - consumo de óleo	600	2,5	1.500,00
Empilhadeira - consumo gasolina	480	2,6	1.248,00
Subtotal			2.748,00
FUNCIONÁRIOS			
CARGO	QUANTIDADE	SALÁRIO MENSAL (R\$)	Custo (R\$)
Cooperados	15	700,00	10.500,00
Condutor de Empilhadeira	1	900,00	900,00
ESTRUTURA			
Água e Energia (esteira é a maior consumidora de energia na usina)			Custo (R\$)
Gastos mensais			1.600,00
TOTAL MENSAL			15.748,00
TOTAL ANUAL			188.976,00

A seguir, o custo operacional foi recalculado com base nas metas progressivas do cenário, de maneira semelhante ao que foi realizado para a Compostagem. A tabela 29 apresenta os custos operacionais anuais resultantes em cada período ao longo dos 20 anos do plano.

Tabela 29 - Cenário Um - Custos Operacionais de Reciclagem por período

Reciclagem - Cenário Um - Custos Operacionais por período			
Período	Meta Reciclagem (%)	Custo Proporcional (R\$/Ano)	Custo em Dólar (US\$/ano)
2013 – 2014	5	37.795,20	18.897,60
2015 – 2018	10	75.590,40	37.795,20
2019 – 2022	15	113.385,60	56.692,80
2023 – 2026	20	151.180,80	75.590,40
2027 – 2031	25	188.976,00	94.488,00

Somando o custo anual de investimento com os custos operacionais em cada período, obtemos o custo anual da reciclagem para aquele período, conforme a tabela 30:

Tabela 30 - Cenário Um - Custo Anual de Reciclagem por período

Reciclagem - Cenário Um - Custo Anual por período			
Período	Custo Investimento (US\$/ano)	Custo Operacional (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)
2013 – 2014	583.720,00	18.897,60	602.617,60
2015 – 2018	583.720,00	37.795,20	621.515,20
2019 – 2022	583.720,00	56.692,80	640.412,80
2023 – 2026	583.720,00	75.590,40	659.310,40
2027 – 2031	583.720,00	94.488,00	678.208,00

3.4.3.2 Custo da Reciclagem para o Cenário Dois

Os mesmos procedimentos realizados no cenário Um foram adotados para o Cenário Dois. Assim, temos o seguinte custo de investimento inicial, redimensionado para uma meta final de 50% dos RSU recicláveis, mostrado na tabela 31:

Tabela 31 - Cenário Dois - Custos de Investimento Inicial de Reciclagem

CUSTOS RECICLAGEM - CENÁRIO DOIS - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Barracão	1.260	m²	794,00	1.000.440,00
Balança	1	unidade	22.000,00	22.000,00
Prensa 1t	1	unidade	50.000,00	50.000,00
Prensa 2t	1	unidade	100.000,00	100.000,00
Esteira	2	unidade	30.000,00	60.000,00
Empilhadeira	1	unidade	15.000,00	15.000,00
Total				1.247.440,00

Esse custo de investimento inicial, diluído em 20 anos, resulta no apresentado na tabela 32:

Tabela 32 - Cenário Dois - Diluição dos Custos de Investimento Inicial de Reciclagem

Custo do Investimento Inicial Diluído em 20 anos	
1.247.440,00	R\$/ano
623.720,00	US\$/ano

O custo operacional foi redimensionado, pensando na meta final de 50% dos RSU recicláveis encaminhados para a Reciclagem; o novo custo é mostrado na tabela 33:

Tabela 33 - Cenário Dois - Custo Operacional de Reciclagem

CUSTOS RECICLAGEM - CENÁRIO DOIS - CUSTO OPERACIONAL			
EQUIPAMENTOS - COMBUSTÍVEL			
ITEM	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Prensa 1t - consumo de óleo	400	2,5	1.000,00
Prensa 2t - consumo de óleo	600	2,5	1.500,00
Empilhadeira - consumo gasolina	480	2,6	1.248,00
Subtotal			3.748,00
FUNCIONÁRIOS			
CARGO	QUANTIDADE	SALÁRIO MENSAL (R\$)	Custo (R\$)
Cooperados	20	700,00	14.000,00
Condutor de Empilhadeira	1	900,00	900,00
ESTRUTURA			
Água e Energia			Custo (R\$)
Gastos mensais			6.000,00
TOTAL MENSAL			24.648,00
TOTAL ANUAL			295.776,00

Para cada período do Cenário Dois, o custo operacional foi recalculado, conforme as metas progressivas. O custo resultante em cada período é mostrado na tabela 34:

Tabela 34 - Cenário Dois - Custo Operacional de Reciclagem por período

Reciclagem - Cenário Dois - Custos Operacionais por período			
Período	Meta Reciclagem (%)	Custo Proporcional (R\$/Ano)	Custo em Dólar (US\$/ano)
2013 - 2014	30	161.332,36	80.666,18
2015 - 2018	37	198.976,58	99.488,29
2019 - 2022	42	225.865,31	112.932,65
2023 - 2026	50	268.887,27	134.443,64
2027 - 2031	55	295.776,00	147.888,00

Somando o custo operacional em cada período com o custo de investimento inicial anual, temos o custo anual do sistema de gestão para cada período do cenário, mostrado na tabela 35:

Tabela 35 - Cenário Dois - Custo Anual de Reciclagem por período

Reciclagem - Cenário Dois - Custo Anual por período			
Período	Custo Investimento (US\$/ano)	Custo Operacional (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)
2013 - 2014	583.720,00	80.666,18	664.386,18
2015 - 2018	583.720,00	99.488,29	683.208,29
2019 - 2022	583.720,00	112.932,65	696.652,65
2023 - 2026	583.720,00	134.443,64	718.163,64
2027 - 2031	583.720,00	147.888,00	731.608,00

3.4.3.3 Custo da Reciclagem para o Cenário Três

Os mesmos procedimentos realizados no cenário Um foram adotados para o Cenário Três. Assim, temos o seguinte custo de investimento inicial, redimensionado para uma meta final de 100% dos RSU recicláveis, mostrado na tabela:

Tabela 36 - Cenário Três - Custo de Investimento Inicial de Reciclagem

CUSTOS RECICLAGEM - CENÁRIO TRÊS - INVESTIMENTO INICIAL				
ITEM	VALOR	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$/unidade)	CUSTO (R\$)
Barracão (aquisição e construção)	1.260	m²	794,00	1.000.440,00
Balança	1	unidade	22.000,00	22.000,00
Prensa 1t	2	unidade	50.000,00	100.000,00
Prensa 2t	1	unidade	100.000,00	100.000,00
Esteira	3	unidade	30.000,00	90.000,00
Empilhadeira	1	unidade	15.000,00	15.000,00
Total				1.327.440,00

Esse custo de investimento inicial, diluído em 20 anos, resulta no apresentado na tabela 37:

Tabela 37 - Cenário Três - Diluição do Custo de Investimento Inicial de Reciclagem

Custo do Investimento Inicial Diluído em 20 anos	
1.327.440,00	R\$/ano
663.720,00	US\$/ano

O custo operacional foi redimensionado, pensando na meta final de 50% dos RSU recicláveis encaminhados para a Reciclagem; o novo custo é mostrado na tabela38:

Tabela 38 - Cenário Três - Custo Operacional de Reciclagem

CUSTOS RECICLAGEM - CENÁRIO TRÊS - CUSTO OPERACIONAL			
EQUIPAMENTOS - COMBUSTÍVEL			
ITEM	Consumo Mensal (L)	Custo Unitário (R\$/L)	Custo (R\$)
Prensa 1t - consumo de óleo	800	2,5	2.000,00
Prensa 2t - consumo de óleo	600	2,5	1.500,00
Empilhadeira - consumo gasolina	480	2,6	1.248,00
Subtotal			4.748,00
FUNCIONÁRIOS			
CARGO	QUANTIDADE	SALÁRIO MENSAL (R\$)	Custo (R\$)
Cooperados	30	700,00	21.000,00
Condutor de Empilhadeira	1	900,00	900,00
ESTRUTURA			
Água e Energia			Custo (R\$)
Gastos mensais			9.000,00
TOTAL MENSAL			35.648,00
TOTAL ANUAL			427.776,00

Para cada período do Cenário Três, o custo operacional foi recalculado, conforme as metas progressivas. O custo resultante em cada período é mostrado na tabela 39:

Tabela 39 - Cenário Três - Custo Operacional de Reciclagem por período

Reciclagem - Cenário Três - Custos Operacionais por período			
Período	Meta Reciclagem (%)	Custo Proporcional (R\$/Ano)	Custo em Dólar (US\$/ano)
2013 - 2014	40	171.110,40	85.555,20
2015 - 2018	50	213.888,00	106.944,00
2019 - 2022	70	299.443,20	149.721,60
2023 - 2026	90	384.998,40	192.499,20
2027 - 2031	100	427.776,00	213.888,00

Somando o custo operacional em cada período com o custo de investimento inicial anual, temos o custo anual do sistema de gestão para cada período do cenário, mostrado na tabela 40:

Tabela 40 - Cenário Três - Custo Anual de Reciclagem por período

Reciclagem - Cenário Três - Custo Anual por período			
Período	Custo Investimento (US\$/ano)	Custo Operacional (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)
2013 - 2014	583.720,00	85.555,20	669.275,20
2015 - 2018	583.720,00	106.944,00	690.664,00
2019 - 2022	583.720,00	149.721,60	733.441,60
2023 - 2026	583.720,00	192.499,20	776.219,20
2027 - 2031	583.720,00	213.888,00	797.608,00

3.4.4 Custo da Disposição Final

O custo da Disposição Final em Aterro Sanitário foi levantado em pesquisas e prefeituras. Algumas pesquisas, como a realizada pela FGV, 2009, mostraram um valor médio de **R\$ 18,58/tonelada** para um aterro de pequeno porte. Porém, os dados levantados em prefeituras e aterros sanitários mostram um preço médio bem maior, de **R\$ 30,00/tonelada**. O presente estudo preferiu utilizar o maior entre esses valores, convertendo-o para dólar e chegando a um custo de **US\$ 15,00/tonelada** disposta. A tendência é que este custo seja crescente ao longo dos anos, devido à escassez de terras para disposição final.

4. RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados dos cenários propostos na etapa anterior.

4.1 Evolução dos Cenários Propostos

4.1.1 Cenário Zero

Este cenário reflete a evolução do setor de RSU caso não seja aplicado nenhum plano de gestão. Uma vez que os planos são obrigatórios e o país tem metas nacionais relacionadas a gestão dos resíduos, este cenário é muito improvável e extremamente pessimista. Porém, considerou-se aqui que seria útil para a posterior comparação com os outros cenários, permitindo visualizar as melhorias obtidas com a aplicação do plano.

Partindo-se da evolução populacional e de geração dos RSU apresentadas anteriormente, seguiu-se a aplicação das equações para estimar: quantidade de resíduo gerada anualmente, parcelas orgânica reciclável destes resíduos; parcela dos recicláveis que é formalmente destinada à reciclagem, parcela que é destinada ao aterro, custo da disposição final anual e volume ocupado no aterro; finalizando com o volume ocupado pelo total de resíduos gerados ao longo de todo o período do plano.

Tabela 41 - Resultados do Cenário Zero

CENÁRIO ZERO					
Ano	Resíduos Gerados (ton/ano)	Resíduos Coletados (ton/ano)	Resíduo disposto em aterro (ton/ano)	Volume disposto (m³/ano)	Volume acumulado (m³)
2012	61.068,15	58.942,98	58.942,98	64.575,31	65.492,20
2015	63.012,07	62.662,13	62.662,13	68.649,84	270.177,39
2019	65.700,55	65.700,55	65.700,55	71.978,60	557.660,02
2023	68.503,74	68.503,74	68.503,74	75.049,65	857.408,42
2027	71.426,53	71.426,53	71.426,53	78.251,73	1.169.945,93
2031	74.474,02	74.474,02	74.474,02	81.590,43	1.495.818,22

A figura 8 mostra a evolução do volume acumulado de RSU disposto em aterro sanitário.

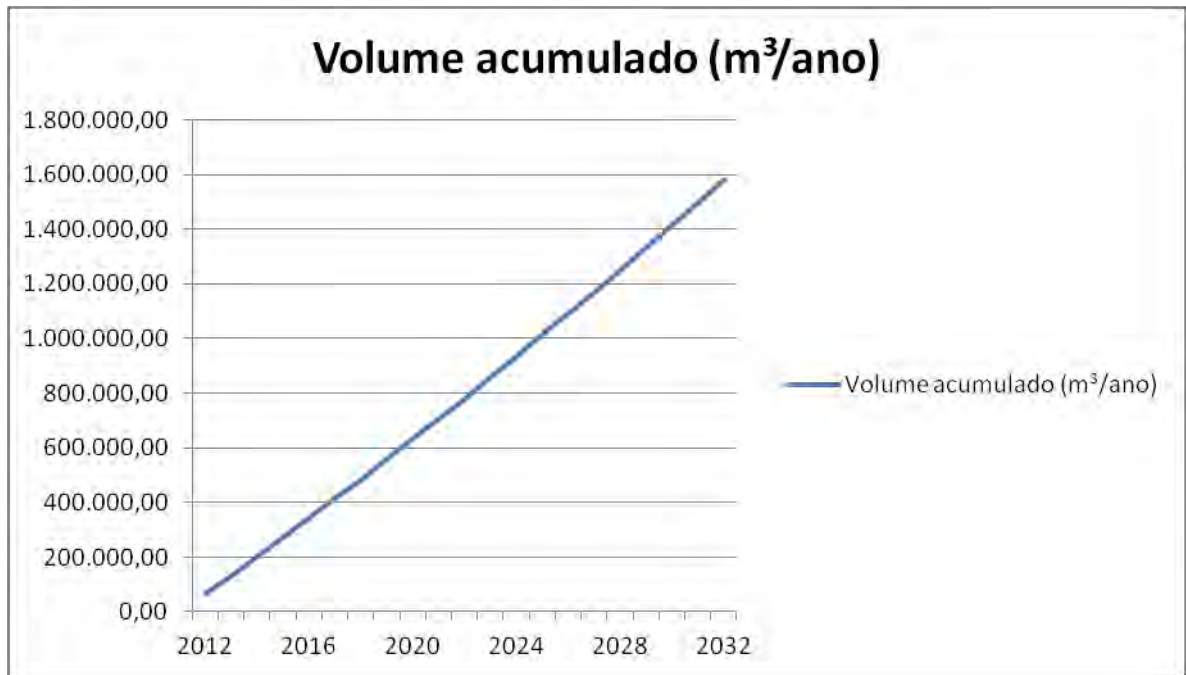


Figura 8 - Cenário Zero - Volume ocupado em aterro

A seguir, apresentamos dois fluxogramas: um para 2013 e um para 2031, respectivamente o primeiro, o décimo e o último ano de aplicação do plano. O fluxograma mostra o fluxo de resíduos através de cada etapa do ciclo, em toneladas por ano, para facilitar a visualização do cenário e sua evolução.

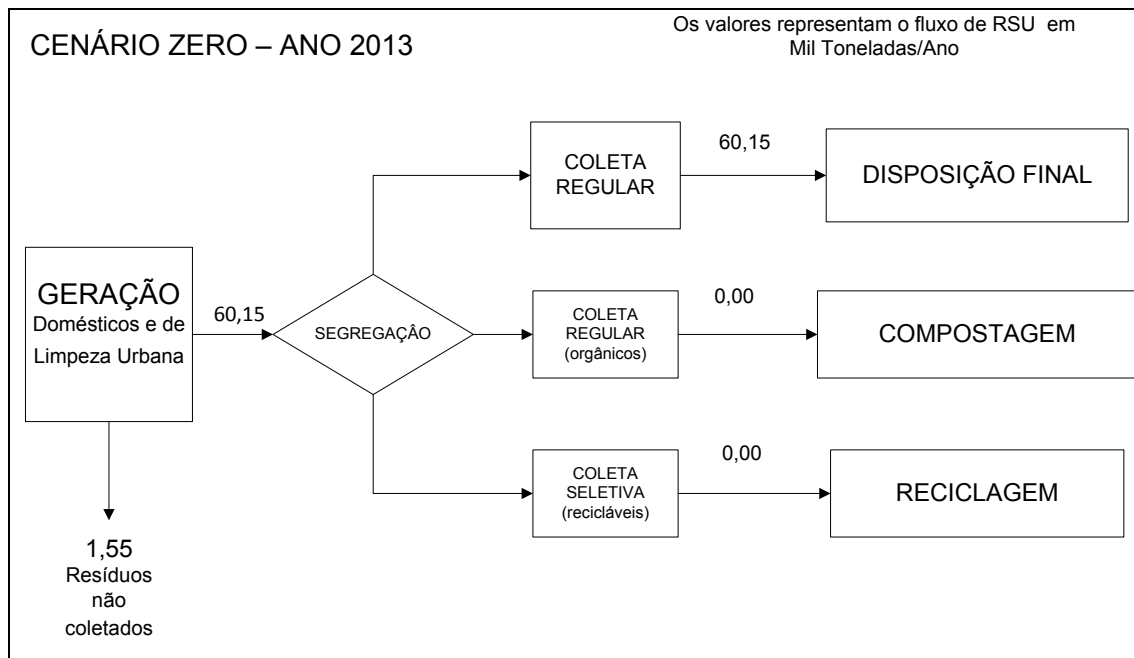


Figura 9 - Fluxograma Cenário Zero, Ano 2013

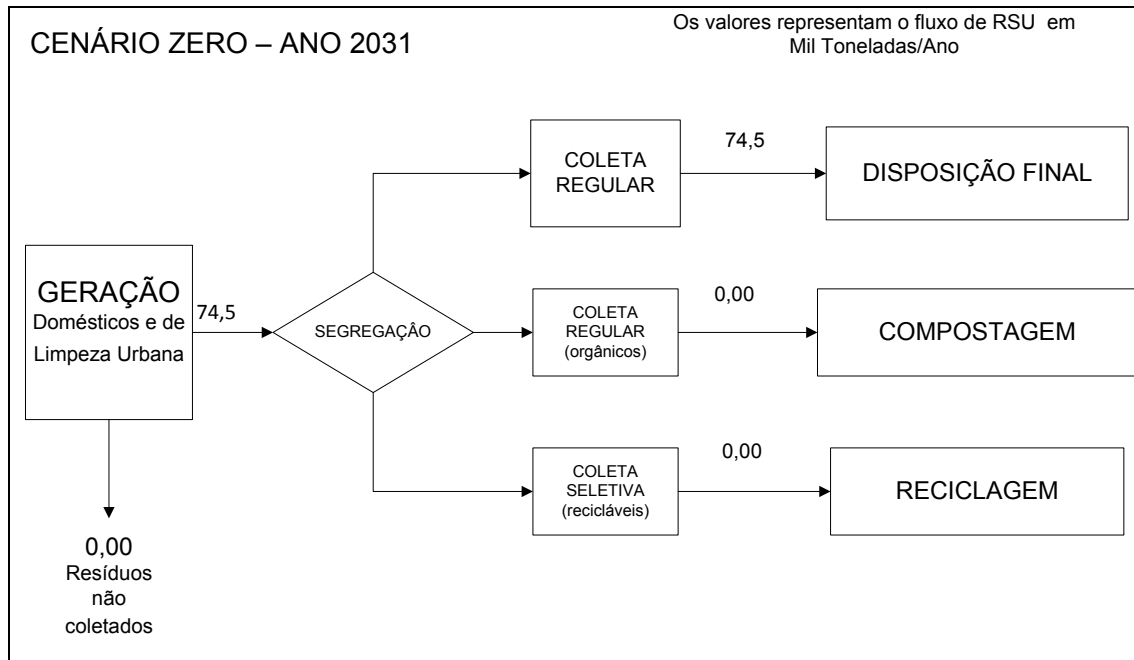


Figura 10 - Fluxograma Cenário Zero, Ano 2031

4.1.2 Cenário Um

O Cenário Um reflete uma projeção mais pessimista, na qual as ações propostas no Plano tenham pouco efeito. Há diversas possibilidades: pouca participação popular, má gestão, cenário econômico desfavorável, entre outras.

Além das colunas já apresentadas na tabela do Cenário Zero, acrescenta-se aqui a evolução da segregação da matéria orgânica e dos materiais recicláveis. Como se pode ver, as metas pretendidas nesse cenário são reduzidas, em comparação com o apresentado no Plano Nacional.

Tabela 42 - Resultados do Cenário Um

CENÁRIO UM									
Ano	Resíduos Coletados (ton/ano)	Resíduos Orgânicos - 51,6% (ton/ano)	Parcela orgânica segregada (%)	Resíduos destinados a compostagem (ton/ano)	Resíduos Secos – 31,9% (ton/ano)	Parcela recicla da (%)	Resíduo reciclado (ton/ano)	Resíduo disposto em aterro (ton/ano)	Volume disposto acumulado em aterro (m³)
2012	58.942,98	30.414,58	0	0	18.802,81	0	0	58.942,98	65.492,20
2015	62.662,13	32.333,66	5	1.616,68	19.989,22	5	999,46	60.045,99	227.882,17
2019	65.700,55	33.901,48	10	3.390,15	20.958,47	10	2.095,85	60.214,55	447.253,53
2023	68.503,74	35.347,93	15	5.302,19	21.852,69	15	3.277,90	59.923,64	665.464,66
2027	71.426,53	36.856,09	20	7.371,22	22.785,06	20	4.557,01	59.498,30	882.416,79
2031	74.474,02	38.428,59	25	9.607,15	23.757,21	25	5.939,30	58.927,57	1.097.605,24

O gráfico da figura 11 mostra a evolução do Cenário Um ao longo do tempo, evidenciando a quantidade de RSU coletado e o quanto é destinado para compostagem e reciclagem.

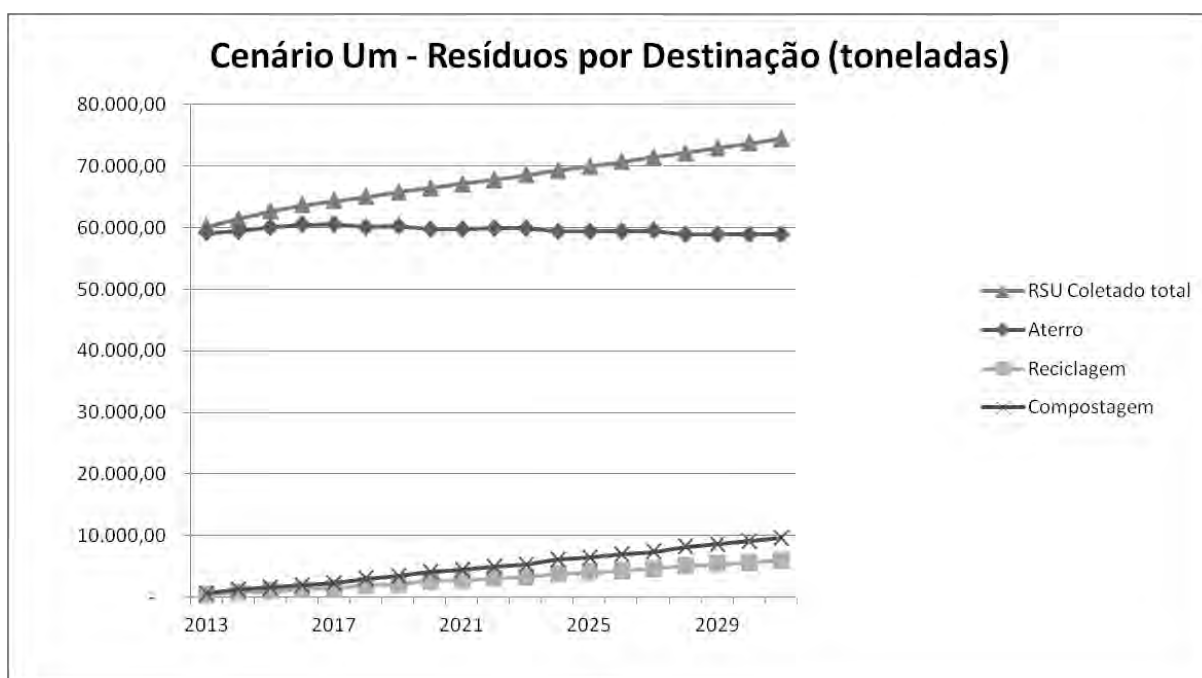


Figura 11 - Cenário Um – Evolução dos Resíduos por Destinação (toneladas)

A figura 12 mostra a evolução do volume de resíduos dispostos no aterro sanitário ao longo do período do plano.

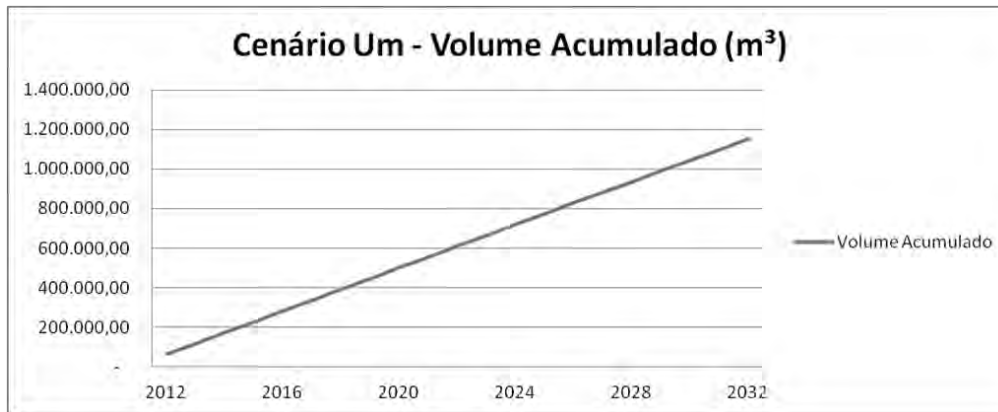


Figura 12 - Cenário Um - Volume Acumulado em Aterro Sanitário (m³)

Também se elaborou fluxogramas para este cenário, para o primeiro e o último ano do plano, de maneira similar ao feito para o cenário zero. Porém, aqui se acrescentaram as etapas de segregação, coleta seletiva e a destinação de reciclagem e compostagem.

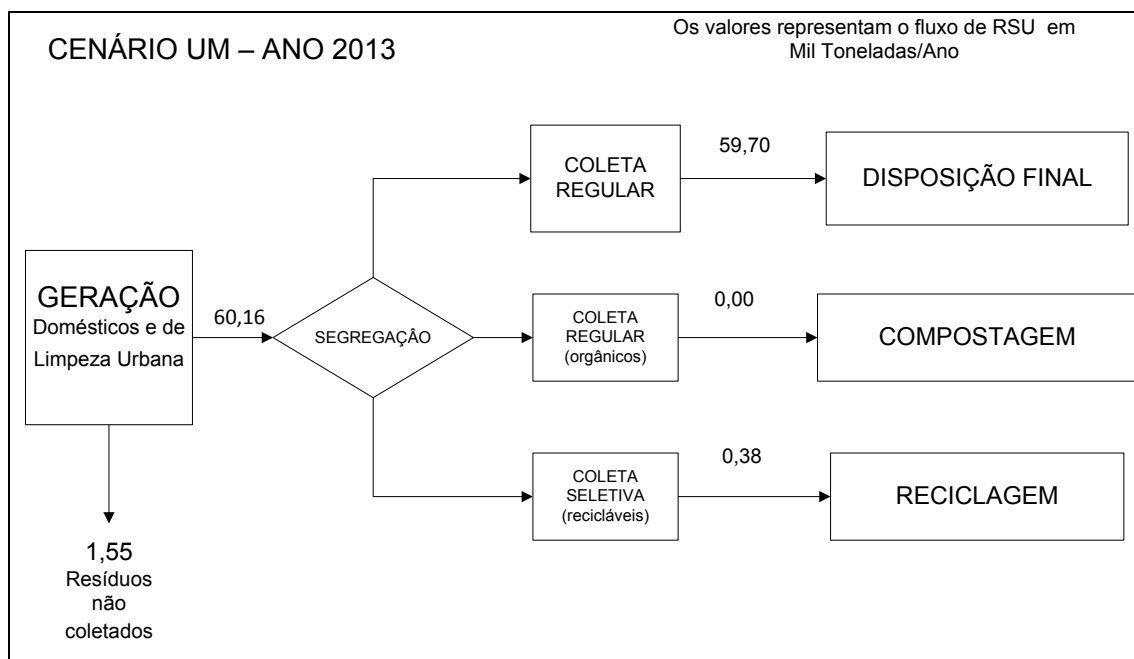


Figura 13 - Fluxograma Cenário Um, Ano 2013

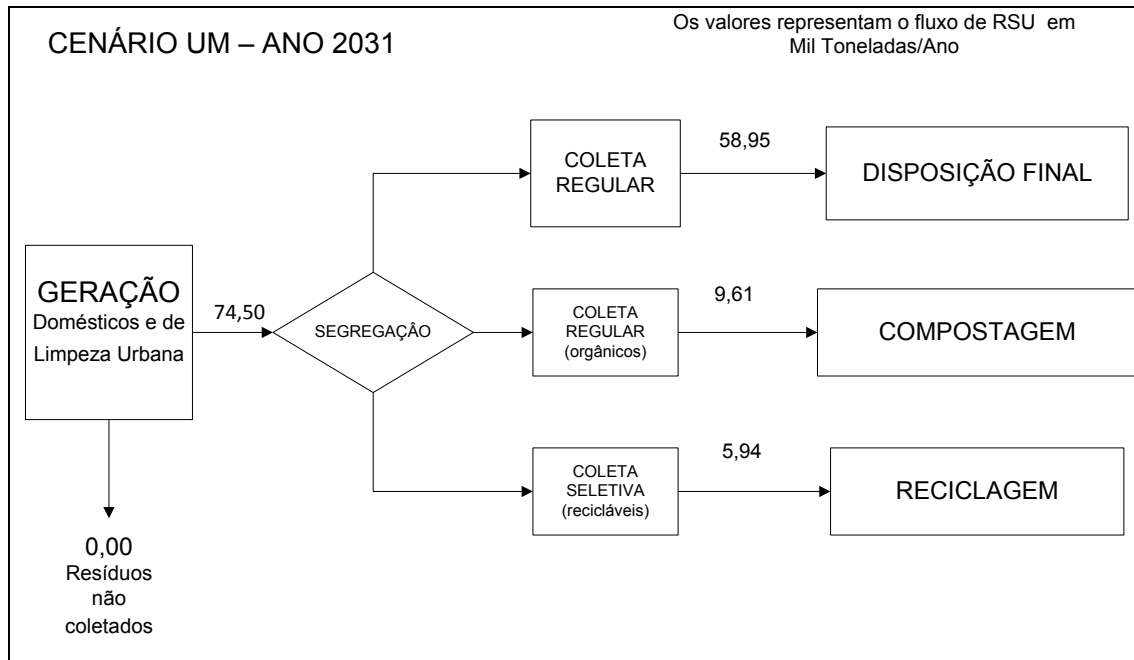


Figura 14 - Fluxograma Cenário Um, Ano 2031

4.1.3 Cenário Dois

O cenário dois é, dentre todos os cenários, o mais provável. Ele segue as metas propostas no Plano Nacional, tanto para a compostagem quanto para a reciclagem, e admite uma boa participação popular.

Segue-se a apresentação de sua evolução da mesma maneira que foi apresentado o Cenário Um. Primeiro a tabela com os valores para os anos de revisão do plano, seguida do gráfico que demonstra sua evolução e dos dois fluxogramas para os primeiro e último anos.

Tabela 43 - Resultados do Cenário Dois

CENÁRIO DOIS									
Ano	Resíduos Coletados (ton/ano)	Resíduos Orgânicos - (ton/ano)	Parcela orgânica segregada (%)	Resíduos destinados a compostagem (ton/ano)	Resíduos Secos - (ton/ano)	Parcela reciclada (%)	Resíduo reciclado (ton/ano)	Resíduo disposto em aterro (ton/ano)	Volume acumulado disposto em aterro (m³)
2012	58.942,98	30.414,58	0	0	18.802,81	0	0,00	58.942,98	65.492,20
2015	62.662,13	32.333,66	25	8.083,41	19.989,22	30	5.996,77	48.581,95	231.233,47
2019	65.700,55	33.901,48	35	11.865,52	20.958,47	37	7.754,64	46.080,39	440.328,26
2023	68.503,74	35.347,93	45	15.906,57	21.852,69	42	9.178,13	43.419,04	637.395,30
2027	71.426,53	36.856,09	50	18.428,04	22.785,06	45	10.253,28	42.745,20	831.068,16
2031	74.474,02	38.428,59	55	21.135,73	23.757,21	50	11.878,61	41.459,69	1.020.950,25

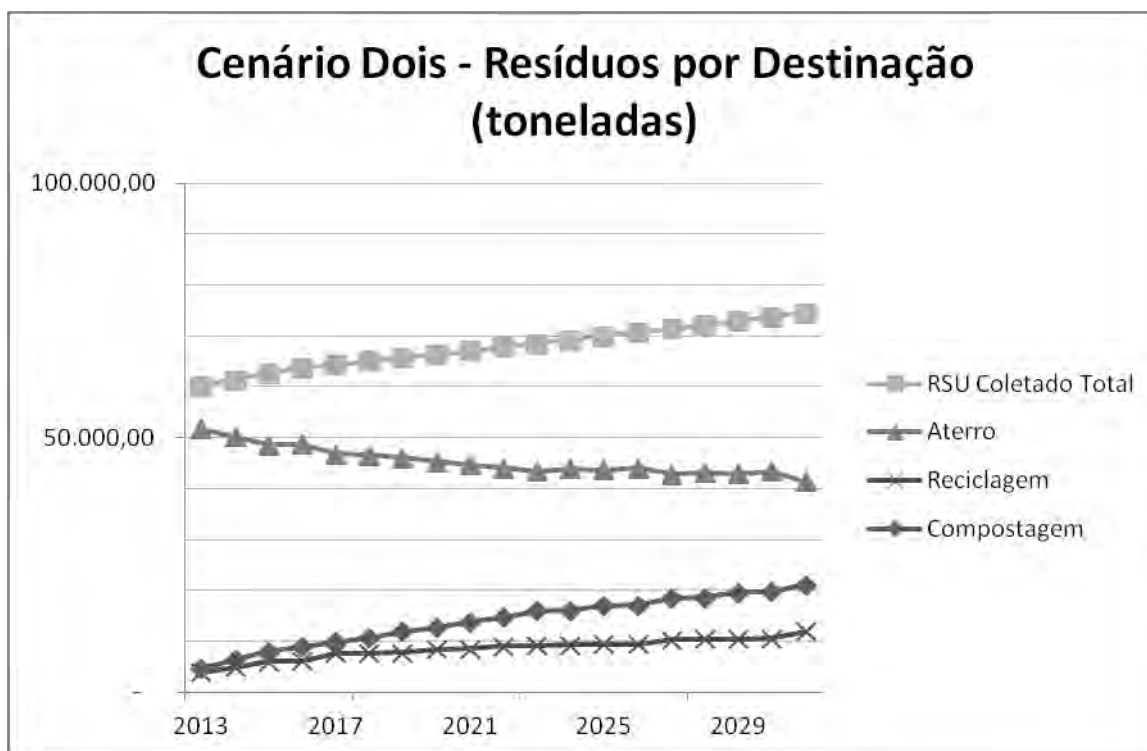


Figura 15 - Cenário Dois - Evolução dos Resíduos por Destinação (toneladas)

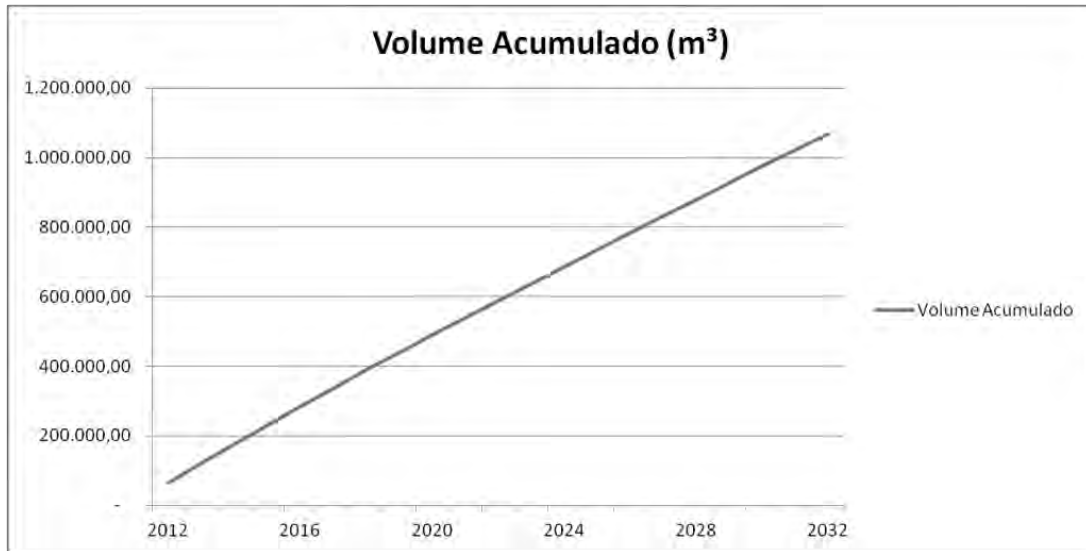


Figura 16 - Cenário Dois - Volume Acumulado em Aterro Sanitário (m³)

A seguir estão os fluxogramas do primeiro e último ano, respectivamente.

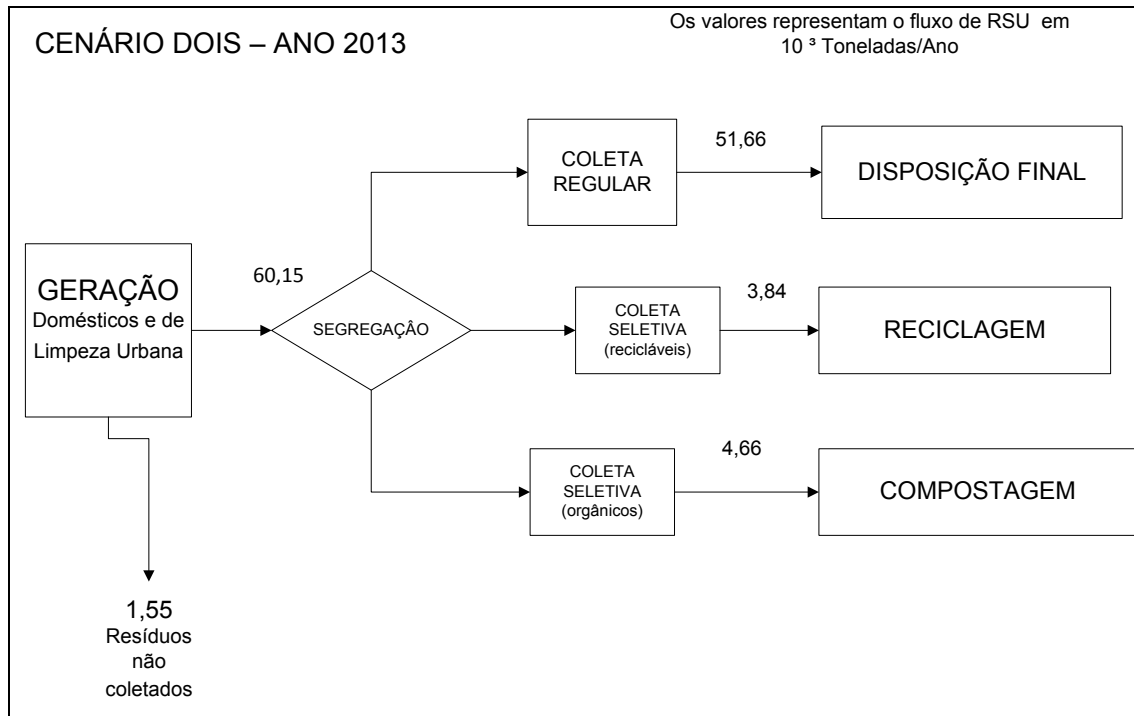


Figura 17 - Fluxograma Cenário Dois, Ano 2013

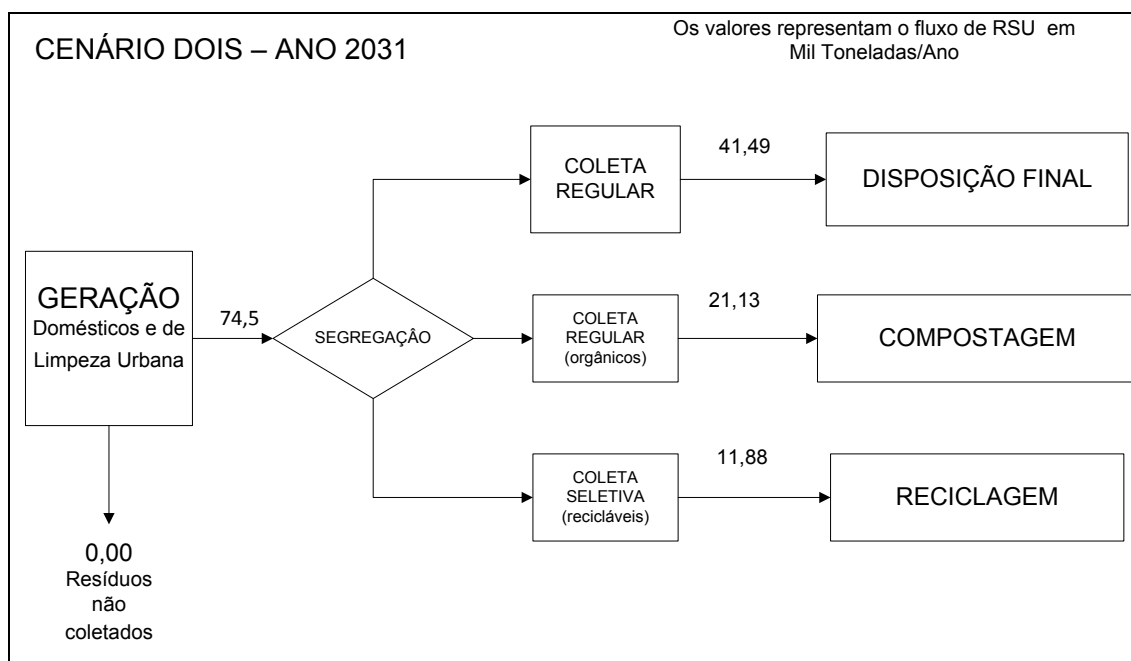


Figura 18 - Fluxograma Cenário Dois, Ano 2031

4.1.4 Cenário Três

O Cenário Três é considerado a situação ideal. A implantação do PGRIS é efetiva e conta com participação popular plena, o município consegue atingir as metas de destinação para os resíduos segregados, tanto para os resíduos orgânicos quanto para os resíduos recicláveis. Ao final dos 20 anos do plano, apenas os rejeitos são destinados ao aterro sanitário.

A Tabela 44 descreve os resultados dos anos de revisão do plano.

Tabela 44 - Resultados do Cenário Três

CENÁRIO TRÊS									
Ano	Resíduos Coletados (ton/ano)	Resíduos Orgânicos - 51,6% (ton/ano)	Parcela orgânica segregada (%)	Resíduos destinados a compostagem (ton/ano)	Resíduos Secos - 31,9% (ton/ano)	Parcela reciclada (%)	Resíduo reciclado (ton/ano)	Resíduo disposto em aterro (ton/ano)	Volume acumulado disposto em aterro (m³)
2012	58.942,98	30.414,58	0	0	18.802,81	0	0	58.942,98	65.492,20
2015	62.662,13	32.333,66	55	17.783,51	19.989,22	40	7.995,69	36.882,93	40.981,03
2019	65.700,55	33.901,48	75	25.426,11	20.958,47	50	10.479,24	29.795,20	33.105,78
2023	68.503,74	35.347,93	85	30.045,74	21.852,69	70	15.296,88	23.161,11	25.734,57
2027	71.426,53	36.856,09	95	35.013,28	22.785,06	90	20.506,56	15.906,69	17.674,10
2031	74.474,02	38.428,59	100	38.428,59	23.757,21	100	23.757,21	12.288,21	13.653,57

O gráfico a seguir mostra a evolução da geração de resíduos ao longo dos 20 anos, segregada por tipo de destinação.

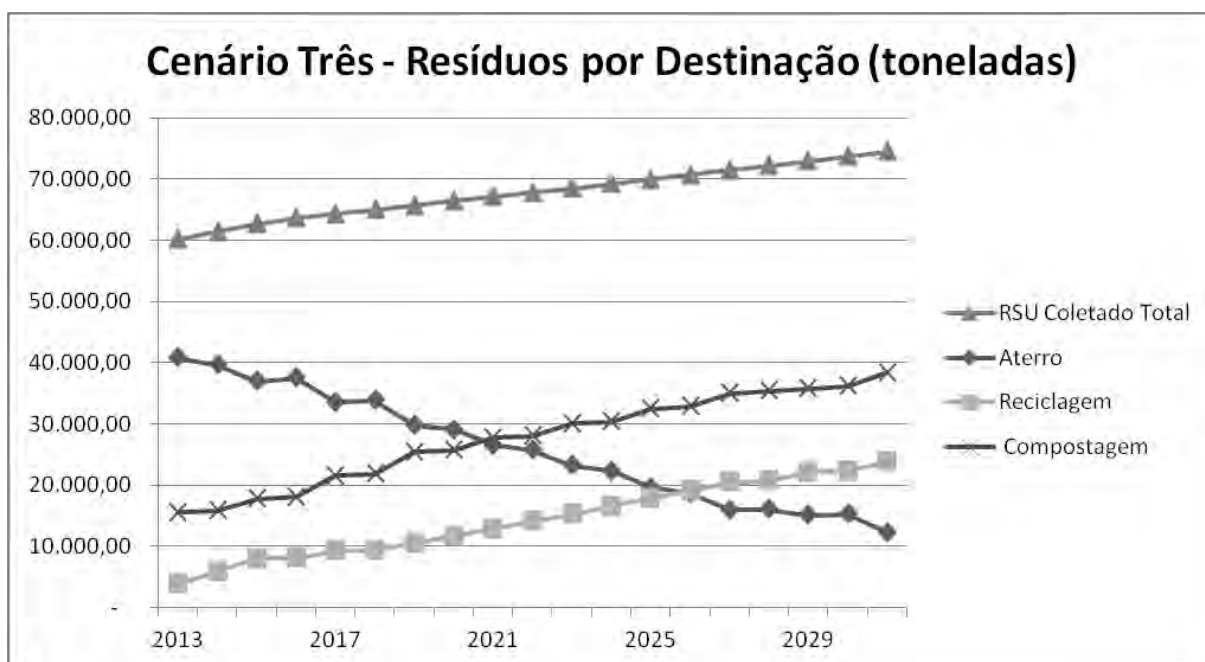


Figura 19 - Cenário Três - Evolução dos Resíduos por Destinação (toneladas)

A figura 20 mostra a evolução do volume de resíduos dispostos no aterro sanitário ao longo do período do plano.

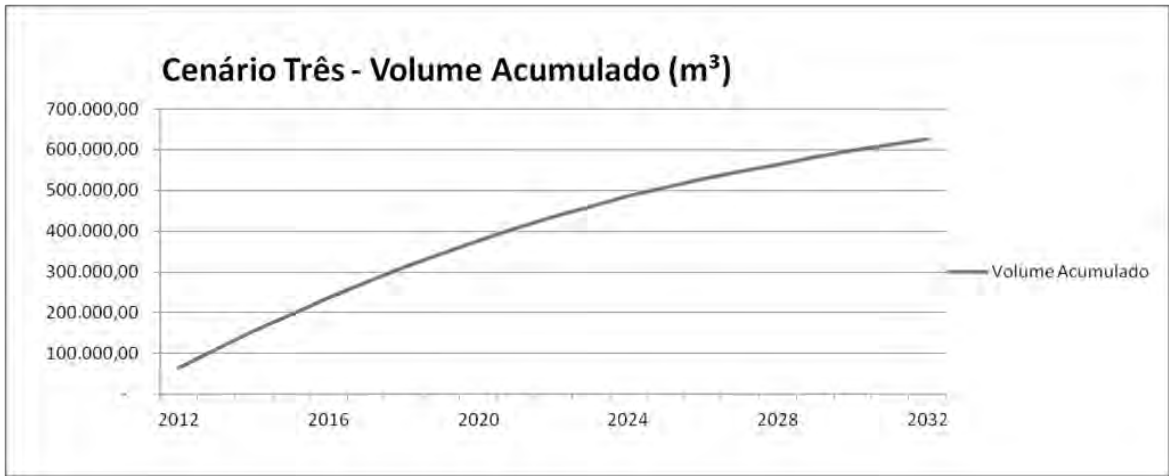


Figura 20 - Cenário Três - Volume Acumulado em Aterro Sanitário (m³)

As figuras a seguir mostram os fluxogramas referentes ao Cenário Três.

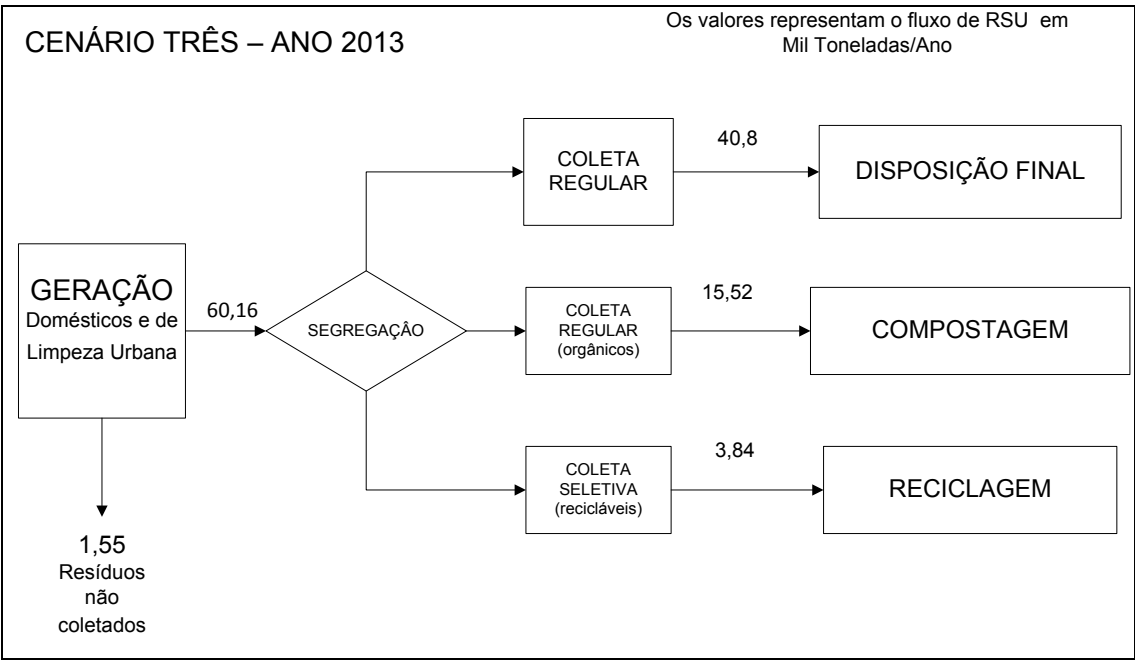


Figura 21 - Fluxograma Cenário Três, Ano 2013

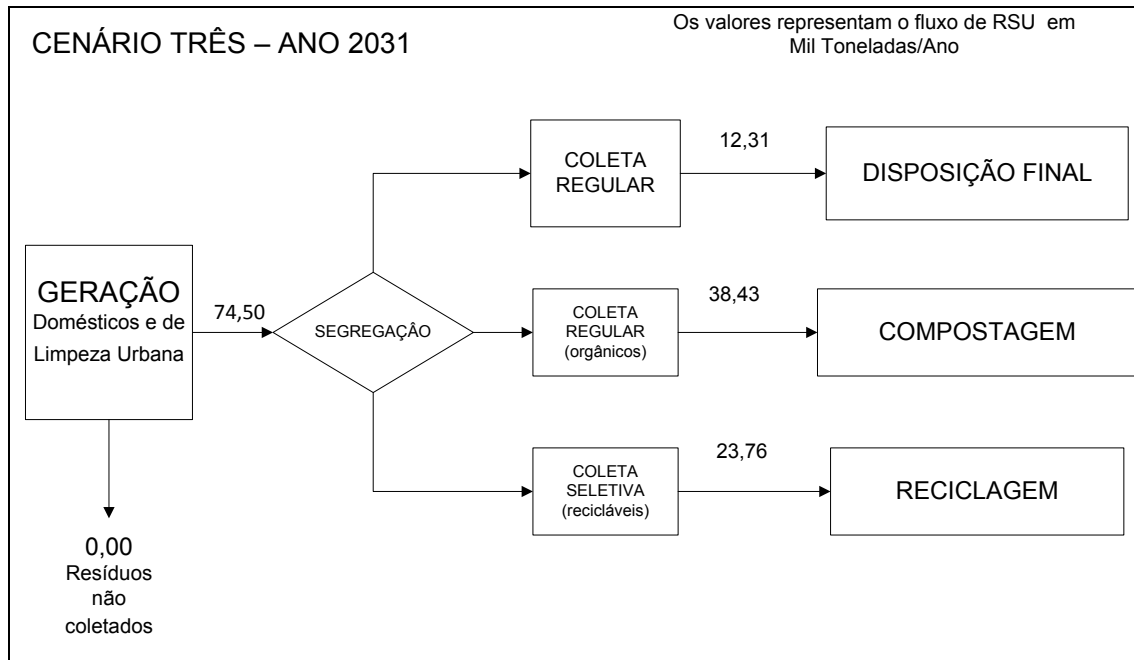


Figura 22 - Fluxograma Cenário Três, Ano 2031

4.2 Resultados dos custos estimados

4.2.1 Estimativas de custos para o Cenário Zero

O Cenário Zero se caracteriza por não ter segregação nem tratamento específico para cada tipo de RSU; portanto, diferente do que foi feito com os outros cenários, preferiu-se aqui colocar os resultados num único item.

Na coleta foi considerada apenas a coleta convencional; e para todos os RSU coletados, a destinação foi a Disposição Final em aterro sanitário. A tabela a seguir resume os resultados obtidos para os custos do Cenário Zero:

Tabela 45 - Cenário Zero - Resultados dos Custos

RESULTADOS - CUSTOS - CENÁRIO ZERO						
Ano	Resíduo Coletado (ton/ano)	Custo da Coleta Convencional (US\$/ano)	Custo da Disposição Final (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)	Custo por RSU coletado (US\$/ton.ano)	Custo per Capita (US\$/hab.ano)
2013	60.157,50	2.585.168,23	902.362,48	3.487.530,71	57,97	18,57
2014	61.397,04	2.638.435,62	920.955,66	3.559.391,28	57,97	18,75
2015	62.662,13	2.692.800,59	939.931,95	3.632.732,54	57,97	18,94
2016	63.673,69	2.736.270,81	955.105,39	3.691.376,19	57,97	19,04
2017	64.342,27	2.765.001,65	965.133,99	3.730.135,64	57,97	19,04
2018	65.017,86	2.794.034,17	975.267,90	3.769.302,07	57,97	19,04
2019	65.700,55	2.823.371,53	985.508,21	3.808.879,74	57,97	19,04
2020	66.390,40	2.853.016,93	995.856,05	3.848.872,98	57,97	19,04
2021	67.087,50	2.882.973,61	1.006.312,54	3.889.286,14	57,97	19,04
2022	67.791,92	2.913.244,83	1.016.878,82	3.930.123,65	57,97	19,04
2023	68.503,74	2.943.833,90	1.027.556,05	3.971.389,95	57,97	19,04
2024	69.223,03	2.974.744,16	1.038.345,38	4.013.089,54	57,97	19,04
2025	69.949,87	3.005.978,97	1.049.248,01	4.055.226,98	57,97	19,04
2026	70.684,34	3.037.541,75	1.060.265,12	4.097.806,86	57,97	19,04
2027	71.426,53	3.069.435,94	1.071.397,90	4.140.833,84	57,97	19,04
2028	72.176,51	3.101.665,01	1.082.647,58	4.184.312,59	57,97	19,04
2029	72.934,36	3.134.232,50	1.094.015,38	4.228.247,87	57,97	19,04
2030	73.700,17	3.167.141,94	1.105.502,54	4.272.644,48	57,97	19,04
2031	74.474,02	3.200.396,93	1.117.110,31	4.317.507,24	57,97	19,04

O gráfico mostrado na figura 23 mostra a evolução dos custos por etapa e do custo total ao longo do plano:

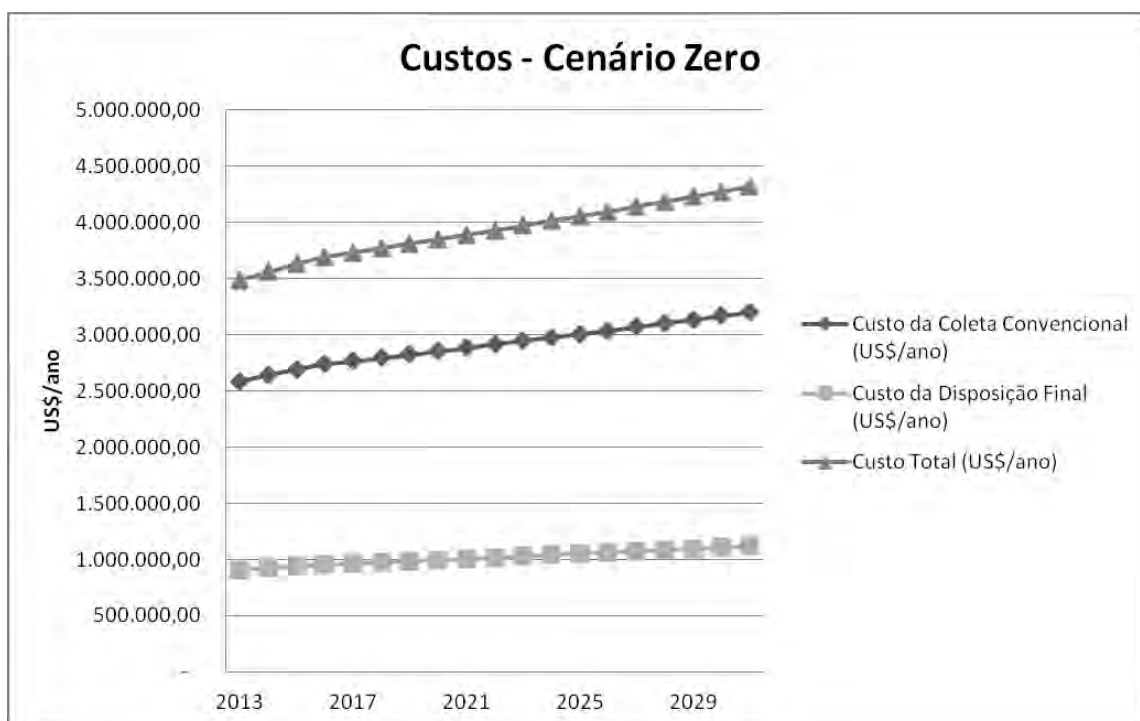


Figura 23 - Cenário Zero - Evolução dos Custos

O gráfico da figura 24 mostra a evolução dos custos por tonelada de RSU coletado e por habitante:

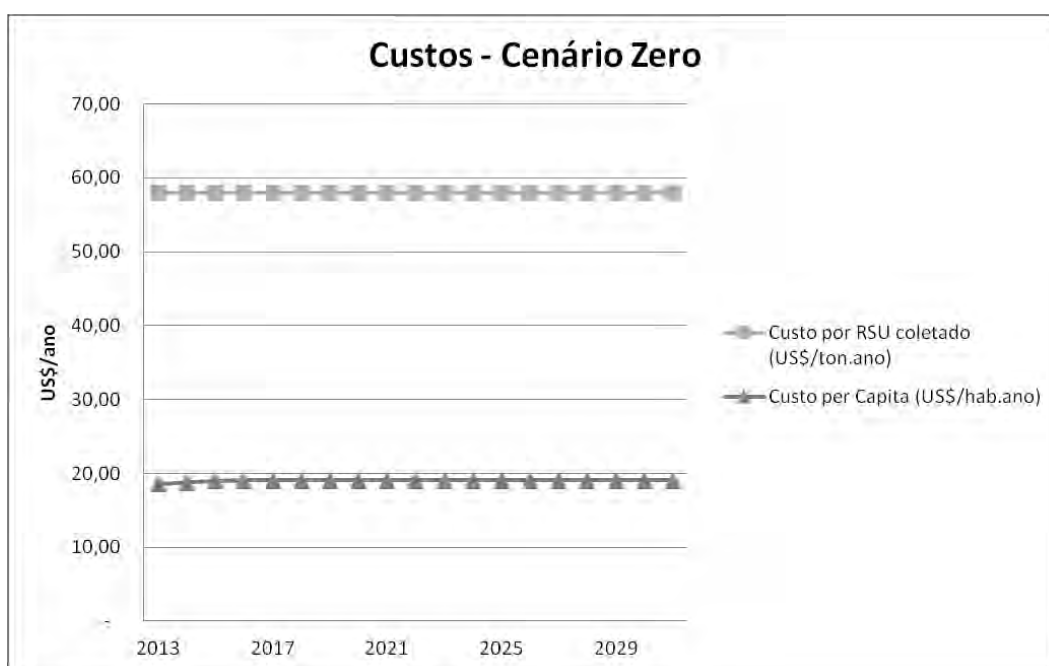


Figura 24 - Cenário Zero - Custos por tonelada de RSU e per capita

Como o Cenário Zero não inclui nem a Compostagem e nem a Reciclagem, não foram consideradas essas etapas nos cálculos e não há receita esperada da venda de composto ou de material reciclado.

4.2.2 Estimativas de custos para o Cenário Um

Os custos do Cenário Um foram estimados utilizando os métodos expostos no item 3.METODOLOGIA. Apresenta-se aqui apenas a tabela 46 com os custos de cada etapa, o custo total, e os custos por tonelada e per capita.

A figura 25 mostra a evolução desses custos ao longo do período:

Tabela 46 - Cenário Um – Resultados dos Custos

RESULTADOS - CUSTOS - CENÁRIO UM								
Ano	Custo da Coleta Convencional (US\$/ano)	Custo da Coleta Seletiva (US\$/ano)	Custo da Compostagem (US\$/ano)	Custo da Reciclagem (US\$/ano)	Custo da Disposição Final (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)	Custo per Capita (US\$/hab.ano)	Custo por RSU (US\$/ton.ano)
2013	2.568.674,86	61.737,75	392.668,00	602.617,60	887.293,02	4.512.991,23	24,02	75,02
2014	2.604.769,19	126.019,71	392.668,00	602.617,60	890.195,74	4.616.270,24	24,32	75,19
2015	2.649.850,42	160.770,44	408.052,00	621.515,20	900.689,79	4.740.877,85	24,72	75,66
2016	2.683.898,58	196.038,93	408.052,00	621.515,20	907.254,61	4.816.759,32	24,85	75,65
2017	2.703.259,16	231.113,56	408.052,00	621.515,20	908.721,91	4.872.661,83	24,88	75,73
2018	2.713.817,45	300.266,04	408.052,00	621.515,20	901.976,52	4.945.627,20	24,99	76,07
2019	2.733.305,98	337.132,04	423.436,00	640.412,80	903.218,28	5.037.505,09	25,19	76,67
2020	2.743.803,44	408.806,31	423.436,00	640.412,80	896.071,27	5.112.529,82	25,30	77,01
2021	2.763.416,69	447.523,67	423.436,00	640.412,80	897.077,31	5.171.866,47	25,32	77,09
2022	2.783.139,32	487.009,03	423.436,00	640.412,80	898.005,68	5.232.002,83	25,35	77,18
2023	2.802.971,45	527.274,24	438.820,00	659.310,40	898.854,65	5.327.230,74	25,55	77,77
2024	2.813.423,78	603.852,03	438.820,00	659.310,40	890.952,26	5.406.358,47	25,66	78,10
2025	2.833.375,66	646.086,15	438.820,00	659.310,40	891.546,04	5.469.138,25	25,68	78,19
2026	2.853.436,34	689.140,62	438.820,00	659.310,40	892.054,05	5.532.761,42	25,71	78,27
2027	2.873.605,92	733.027,99	454.204,00	678.208,00	892.474,45	5.631.520,37	25,90	78,84
2028	2.883.990,16	814.797,27	454.204,00	678.208,00	883.765,22	5.714.964,65	26,01	79,18
2029	2.904.273,86	860.777,76	454.204,00	678.208,00	883.909,72	5.781.373,34	26,04	79,27
2030	2.924.665,55	907.634,01	454.204,00	678.208,00	883.959,83	5.848.671,39	26,07	79,36
2031	2.945.165,27	955.379,34	454.204,00	678.208,00	883.913,54	5.916.870,15	26,10	79,45

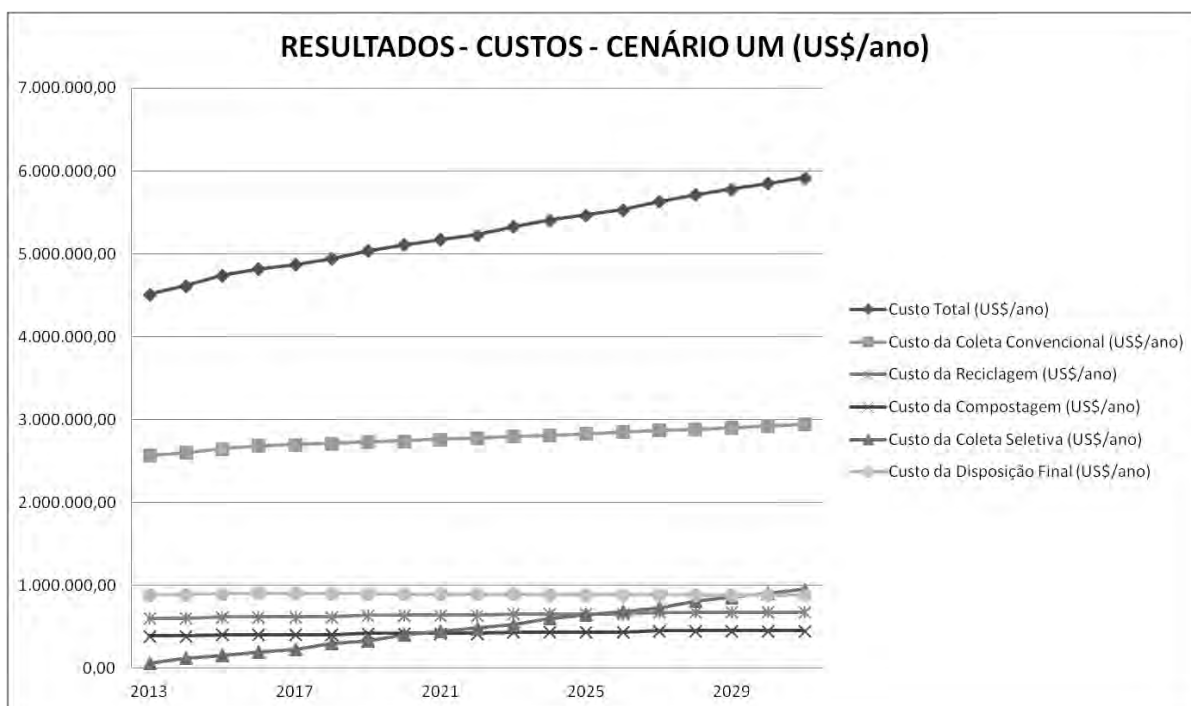


Figura 25 - Cenário Um - Evolução dos Custos

Enquanto a figura 26 mostra a evolução dos custos por habitante e por tonelada de RSU coletado:



Figura 26 - Cenário Um - Evolução dos Custos por tonelada de RSU e per capita

4.2.3 Estimativas de custos para o Cenário Dois

Os custos do Cenário Dois foram estimados utilizando os métodos expostos no item 3.METODOLOGIA. Apresenta-se aqui apenas a tabela 47 com os custos de cada etapa, o custo total, e os custos por tonelada e per capita.

A tabela apresenta o custo para cada etapa, o custo total, o custo per capita e o custo por tonelada de RSU ao ano, para o Cenário Dois:

Tabela 47 - Cenário Dois - Resultados dos Custos

RESULTADOS - CUSTOS - CENÁRIO DOIS								
Ano	Custo da Coleta Convencional (US\$/ano)	Custo da Coleta Seletiva (US\$/ano)	Custo da Compostagem (US\$/ano)	Custo da Reciclagem (US\$/ano)	Custo da Disposição Final (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)	Custo per Capita (US\$/hab.ano)	Custo por RSU (US\$/ton.ano)
2013	2.420.234,50	617.377,50	420.402,18	664.386,18	774.948,90	4.897.349,26	26,07	81,41
2014	2.428.020,38	787.623,20	420.402,18	664.386,18	752.466,82	5.052.898,77	26,62	82,30
2015	2.435.099,57	964.622,62	437.649,45	683.208,29	728.729,24	5.249.309,17	27,37	83,77
2016	2.474.409,69	980.194,64	437.649,45	683.208,29	730.636,52	5.306.098,60	27,37	83,33
2017	2.438.648,51	1.221.600,24	437.649,45	683.208,29	701.816,49	5.482.922,98	27,99	85,21
2018	2.464.254,32	1.234.427,05	437.649,45	683.208,29	699.120,79	5.518.659,90	27,88	84,88
2019	2.490.128,99	1.247.388,53	454.896,73	696.652,65	691.205,89	5.580.272,79	27,90	84,93
2020	2.488.971,97	1.362.687,69	454.896,73	696.652,65	678.655,98	5.681.865,02	28,11	85,58
2021	2.515.106,17	1.376.995,91	454.896,73	696.652,65	670.204,15	5.713.855,61	27,98	85,17
2022	2.522.928,29	1.461.027,08	454.896,73	696.652,65	660.259,42	5.795.764,17	28,08	85,49
2023	2.549.419,03	1.476.367,87	463.520,36	718.163,64	651.285,57	5.858.756,47	28,09	85,52
2024	2.576.187,93	1.491.869,73	463.520,36	718.163,64	658.124,07	5.907.865,73	28,04	85,35
2025	2.603.237,91	1.507.534,36	463.520,36	718.163,64	654.206,14	5.946.662,40	27,93	85,01
2026	2.630.571,91	1.523.363,47	463.520,36	718.163,64	661.075,30	5.996.694,68	27,87	84,84
2027	2.628.818,41	1.649.312,99	472.144,00	731.608,00	641.178,07	6.123.061,47	28,16	85,73
2028	2.656.421,00	1.666.630,77	472.144,00	731.608,00	647.910,44	6.174.714,22	28,10	85,55
2029	2.684.313,42	1.684.130,40	472.144,00	731.608,00	643.423,26	6.215.619,08	28,00	85,22
2030	2.712.498,71	1.701.813,77	472.144,00	731.608,00	650.179,21	6.268.243,69	27,94	85,05
2031	2.689.933,62	1.910.758,68	472.144,00	731.608,00	621.895,31	6.426.339,61	28,35	86,29

As figuras 27 e 28 mostram a evolução dos custos totais e dos custos por tonelada e per capita para o Cenário Dois.

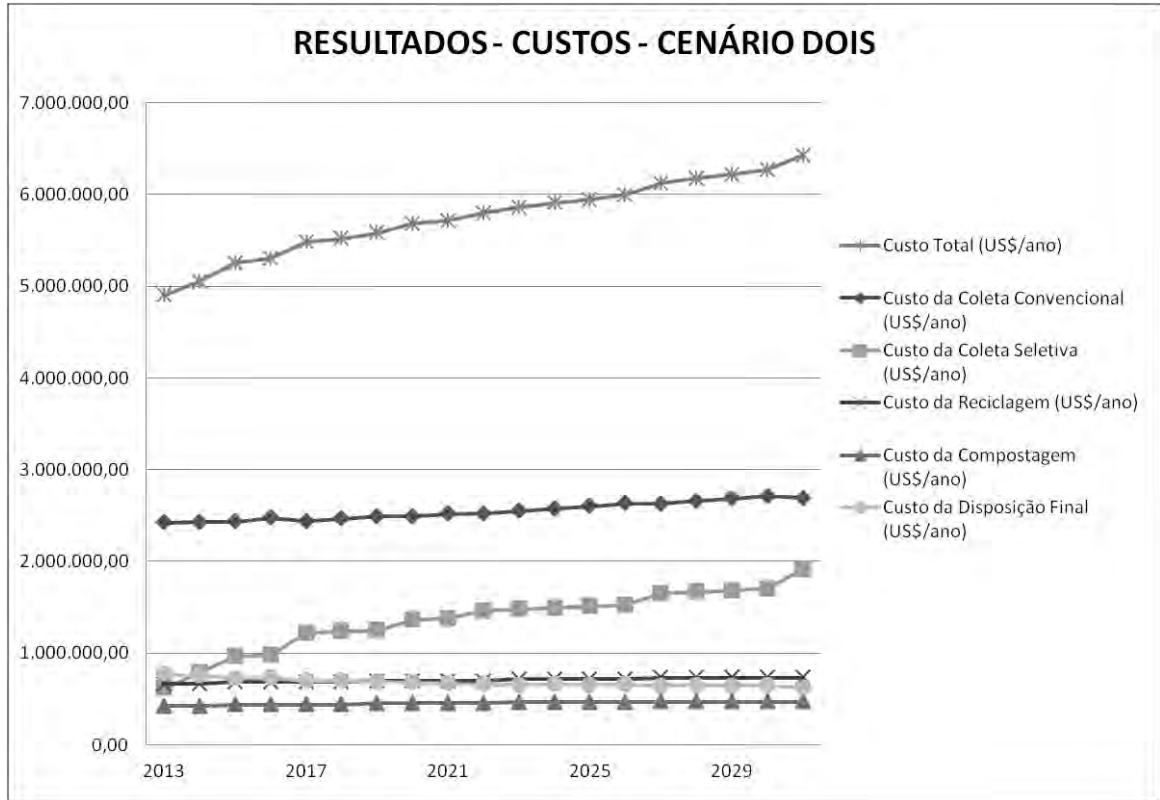


Figura 27 - Cenário Dois - Evolução dos Custos

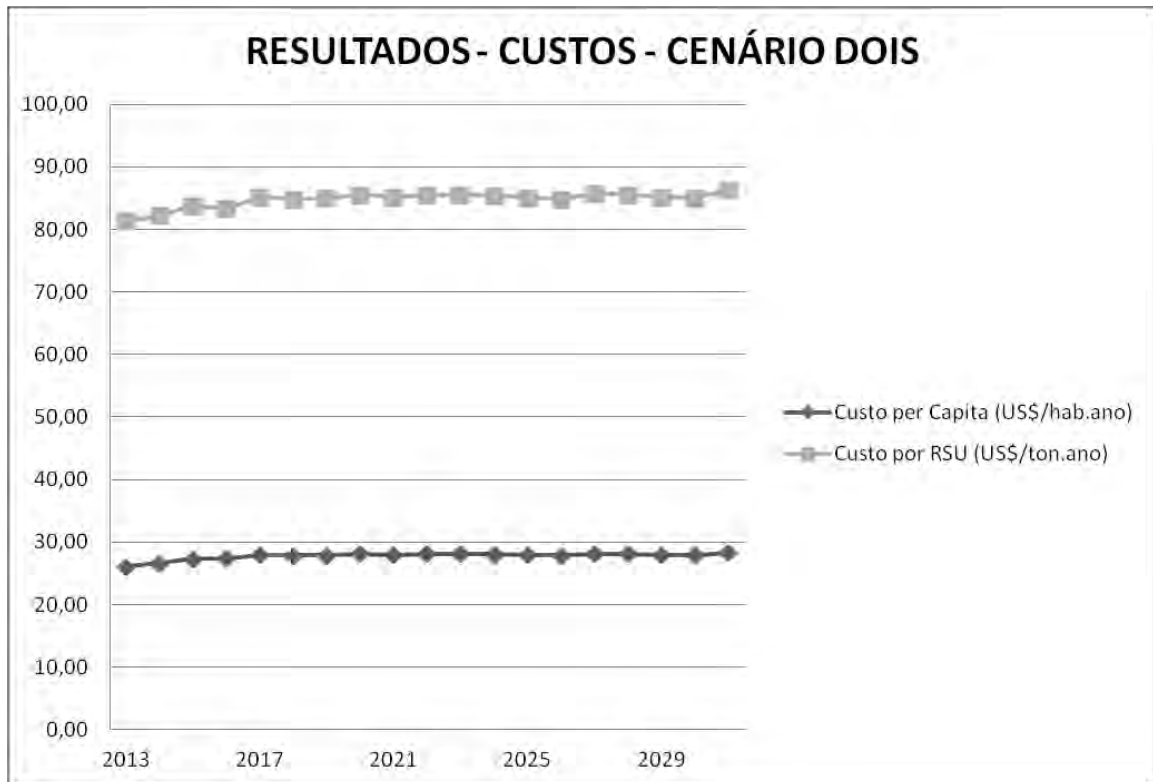


Figura 28 - Cenário Dois - Evolução dos Custos por tonelada de RSU e per Capita

4.2.4 Estimativas de custos para o Cenário Três

Os custos do Cenário Três foram estimados utilizando os métodos expostos no item 3.METODOLOGIA. Apresenta-se aqui apenas a tabela 48 com os custos de cada etapa, o custo total, e os custos por tonelada e per capita.

A tabela apresenta o custo para cada etapa, o custo total, o custo per capita e o custo por tonelada de RSU ao ano, para o Cenário Três:

RESULTADOS - CUSTOS - CENÁRIO TRÊS								
Ano	Custo da Coleta Convencional (US\$/ano)	Custo da Coleta Seletiva (US\$/ano)	Custo da Compostagem (US\$/ano)	Custo da Reciclagem (US\$/ano)	Custo da Disposição Final (US\$/ano)	Custo Total (US\$/ano)	Custo per Capita (US\$/h ab.ano)	Custo por RSU (US\$/ton.ano)
2013	2.420.234,50	617.377,50	439.324,00	669.275,20	611.982,23	4.088.918,23	21,77	67,97
2014	2.385.937,34	945.147,84	439.324,00	669.275,20	595.213,64	4.365.622,82	23,00	71,10
2015	2.349.199,24	1.286.163,49	461.884,00	690.664,00	553.243,94	4.650.490,67	24,24	74,22
2016	2.387.122,65	1.306.926,19	461.884,00	690.664,00	562.175,03	4.718.107,87	24,34	74,10
2017	2.368.085,66	1.485.730,03	461.884,00	690.664,00	502.883,07	4.818.582,76	24,60	74,89
2018	2.392.950,56	1.501.330,19	461.884,00	690.664,00	508.163,34	4.864.328,09	24,58	74,82
2019	2.373.043,77	1.685.660,18	473.164,00	733.441,60	446.927,97	4.978.795,92	24,89	75,78
2020	2.352.455,11	1.873.695,57	473.164,00	733.441,60	435.736,81	5.135.051,49	25,41	77,35
2021	2.331.172,46	2.065.493,86	473.164,00	733.441,60	398.298,50	5.268.128,82	25,80	78,53
2022	2.309.183,51	2.261.113,34	473.164,00	733.441,60	386.261,42	5.429.722,27	26,31	80,09
2023	2.286.475,79	2.460.613,11	484.444,00	776.219,20	347.416,70	5.578.949,60	26,75	81,44
2024	2.263.036,62	2.664.053,09	484.444,00	776.219,20	334.502,97	5.746.036,67	27,27	83,01
2025	2.238.853,14	2.871.494,02	484.444,00	776.219,20	294.209,14	5.889.000,30	27,66	84,19
2026	2.213.912,30	3.082.997,50	484.444,00	776.219,20	280.387,11	6.061.740,92	28,17	85,76
2027	2.188.200,88	3.298.625,97	490.084,00	797.608,00	238.600,31	6.215.511,17	28,59	87,02
2028	2.211.176,99	3.333.261,55	490.084,00	797.608,00	241.105,62	6.275.628,15	28,56	86,95
2029	2.184.403,34	3.555.386,39	490.084,00	797.608,00	226.187,68	6.456.061,41	29,08	88,52
2030	2.207.339,57	3.592.717,95	490.084,00	797.608,00	228.562,65	6.518.704,17	29,06	88,45
2031	2.179.470,31	3.821.517,36	490.084,00	797.608,00	184.323,20	6.675.394,87	29,44	89,63

As figuras 29 e 30 mostram a evolução dos custos totais e dos custos por tonelada e per capita para o Cenário Três.

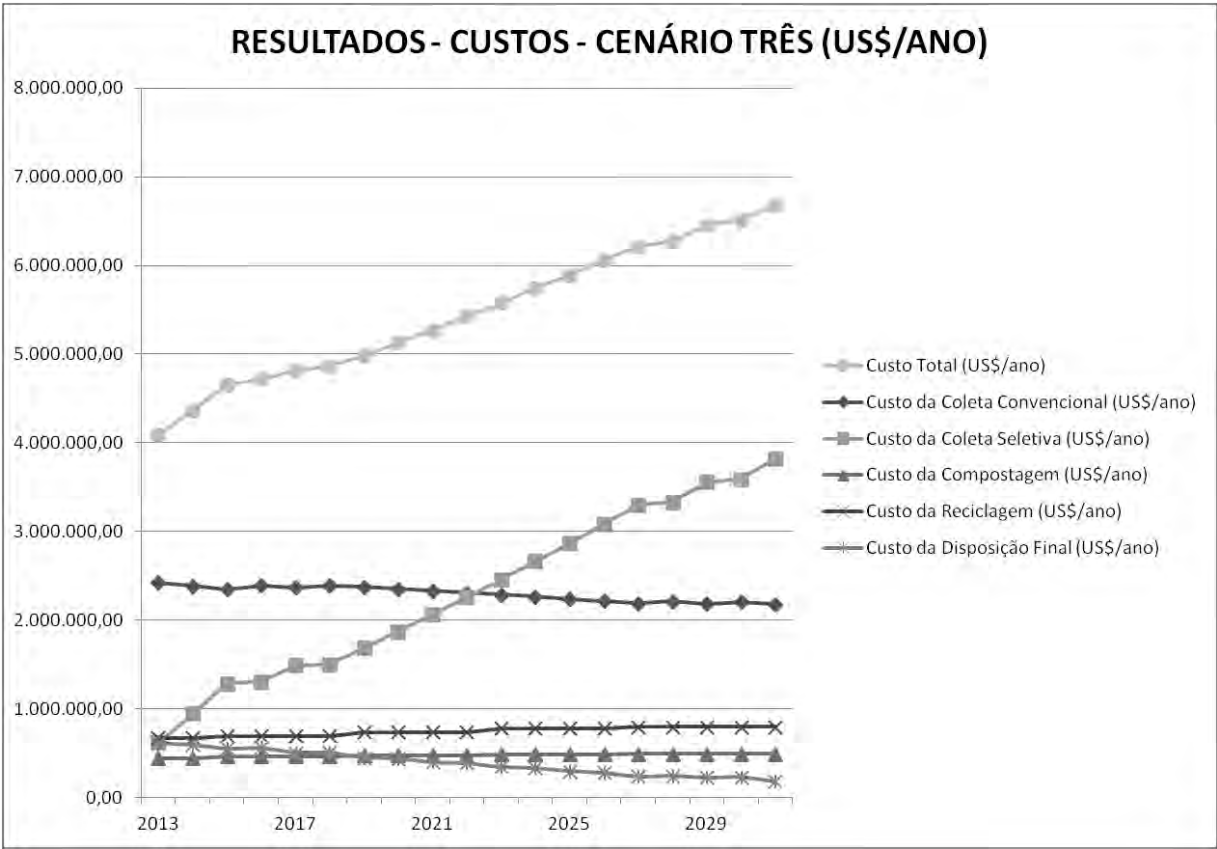


Figura 29 - Cenário Três - Evolução dos Custos



Figura 30 - Cenário Três - Evolução dos Custos por tonelada de RSU e per capita

5. AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA

Os próximos parágrafos destinam-se a comparar os resultados obtidos no item anterior. Pretende-se assim, avaliar as vantagens e desvantagens trazidas em cada cenário.

Os cenários foram comparados nos seguintes aspectos: volume acumulado no aterro ao longo do horizonte do plano; resíduos coletados classificados por destinação, para o primeiro, o décimo e o último ano em cada cenário; e os custos, totais e relativos a cada etapa, para o primeiro, décimo e último ano em cada cenário.

Os itens a seguir apresentam a avaliação em cada um desses aspectos.

5.1 Volume acumulado no aterro

Comparando-se a evolução em cada um dos cenários no tocante a disposição final dos RSU, obteve-se a seguinte tabela 48, resumida aos principais anos do plano:

Tabela 48 - Volume Acumulado em Aterro - Comparação dos Cenários

Volume acumulado no aterro (m³)				
Ano	Cenário Zero	Cenário Um	Cenário Dois	Cenário Três
2013	65.492,20	65.492,20	65.492,20	65.492,20
2015	266.394,91	227.589,68	231.233,47	195.602,66
2019	549.852,78	446.961,04	440.328,26	345.243,36
2023	845.404,70	665.172,17	637.395,30	461.370,28
2027	1.153.566,69	882.124,30	831.068,16	546.385,06
2031	1.474.876,76	1.097.312,75	1.020.950,25	611.583,51
2032	1.557.323,89	1.150.904,43	1.067.500,27	625.380,45

Para tornar mais fácil a visualização dos dados, elaborou-se o seguinte gráfico comparando os quatro cenários, apresentado na figura 31:

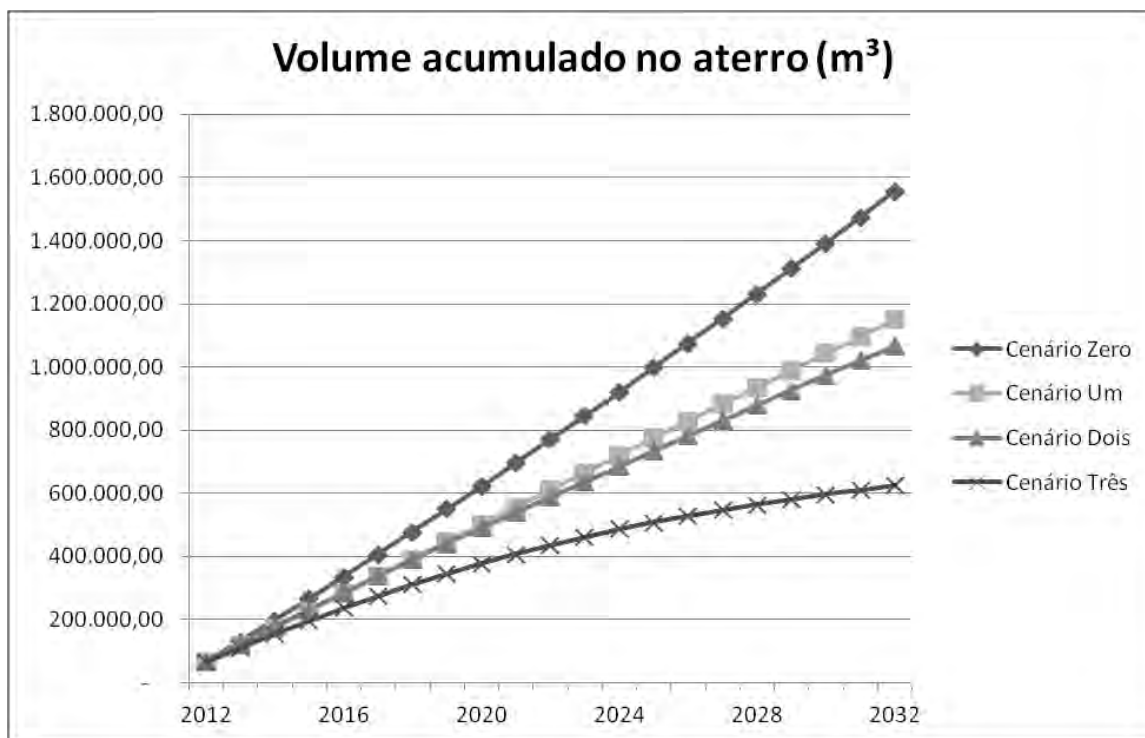


Figura 31 - Volume Acumulado - Comparação dos Cenários

Percebe-se claramente a diferença entre o Cenário Zero e o Cenário Um, o mais pessimista em relação a segregação. Há uma diferença de aproximadamente 400 mil metros cúbicos. Se compararmos com o Cenário Dois, a diferença aumenta para quase 490 mil metros cúbicos. No Cenário Três, o ideal, deixa-se de ocupar 930 mil metros cúbicos ao longo do horizonte do plano.

No estudo para a viabilidade de aterro da FGV, o valor estimado para a saturação do aterro sanitário de pequeno porte é de, aproximadamente, 970 mil metros cúbicos. Isso significa que, no Cenário Zero, seria necessário um aterro de médio porte, ou a criação de um novo aterro a partir de 2023. No Cenário Um, o aterro só ficaria saturado em 2027, no Cenário Dois apenas em 2028 e no Cenário Três ele não ficaria saturado, aumentando consideravelmente sua vida útil.

Também é importante lembrar que os principais impactos ambientais da disposição final dos resíduos, além da ocupação de áreas que poderiam ter outro uso, são a geração de chorume e de gás metano, que são diretamente proporcionais ao volume disposto no aterro. É visível que mesmo o Cenário Um apresenta um impacto ambiental significativamente menor que o Cenário Zero.

5.2 Resíduos Coletados – classificados por Destinação

A seguir, apresenta-se a evolução da segregação dos RSU em cada um dos planos. Foram avaliados apenas três anos de cada cenário, a saber, 2013, ano inicial; 2023, décimo ano e 2032, último ano. Para cada um, foram feitos gráficos que comparam a segregação em cada cenário; com o valor absoluto e a proporção de cada destinação em cada ano.

Ano 2013

Para o ano de 2013, foi obtida a seguinte tabela:

Tabela 49 - RSU por Parcelas Segregadas - 2013

RSU por Parcelas Segregadas 2013				
	Cenário Zero	Cenário Um	Cenário Dois	Cenário Três
Compostagem	0,00	0,00	4.656,190	15.520,635
Reciclagem	0,00	383,805	3.838,048	3.838,048
Aterro	59.315,293	59.773,694	51.663,260	40.798,815

A partir dessa tabela, foi elaborado o gráfico da figura 32, que apresenta a diferença de segregação para cada cenário em 2013.

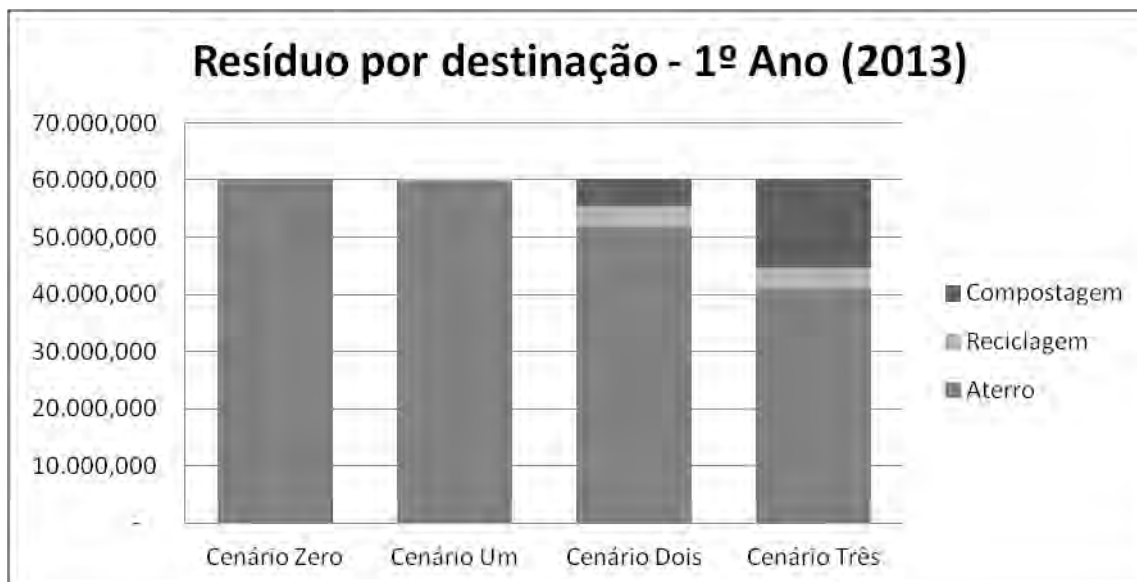


Figura 32 - Resíduo por Destinação - 2013

Ano 2031

Para o ano de 2031, foi realizado o mesmo procedimento e obtidos os seguintes resultados, apresentados na figura 33:



Figura 33 - Resíduo por destinação - 2031

5.3 Avaliação dos Custos

Para a avaliação dos custos, comparou-se a evolução dos custos totais e custos per capita para cada cenário. Essa comparação é demonstrada nos gráficos das figuras 34 e 35.

Pelos gráficos, pode-se ver como a gestão correta dos RSU aumenta significativamente os custos do sistema de gestão. O cenário três, mais otimista, apresenta um aumento de quase 55% no custo total em relação ao cenário Zero.

Porém, entre os cenários, apesar das metas de compostagem e reciclagem serem bastante diferentes (o Cenário Um apresenta meta final de 25%, enquanto o Cenário Dois apresenta meta de 55% e o Cenário Três, meta de 100%), os custos não acompanham o mesmo aumento. Do Cenário Um para o Cenário Dois há um aumento de apenas 9%, enquanto que do Cenário Dois para o Cenário Três, esse aumento é de apenas 4%.

É importante ressaltar que não foram considerados ganhos de eficiência ao longo do período, nem tampouco a receita advinda da venda de composto e dos recicláveis.

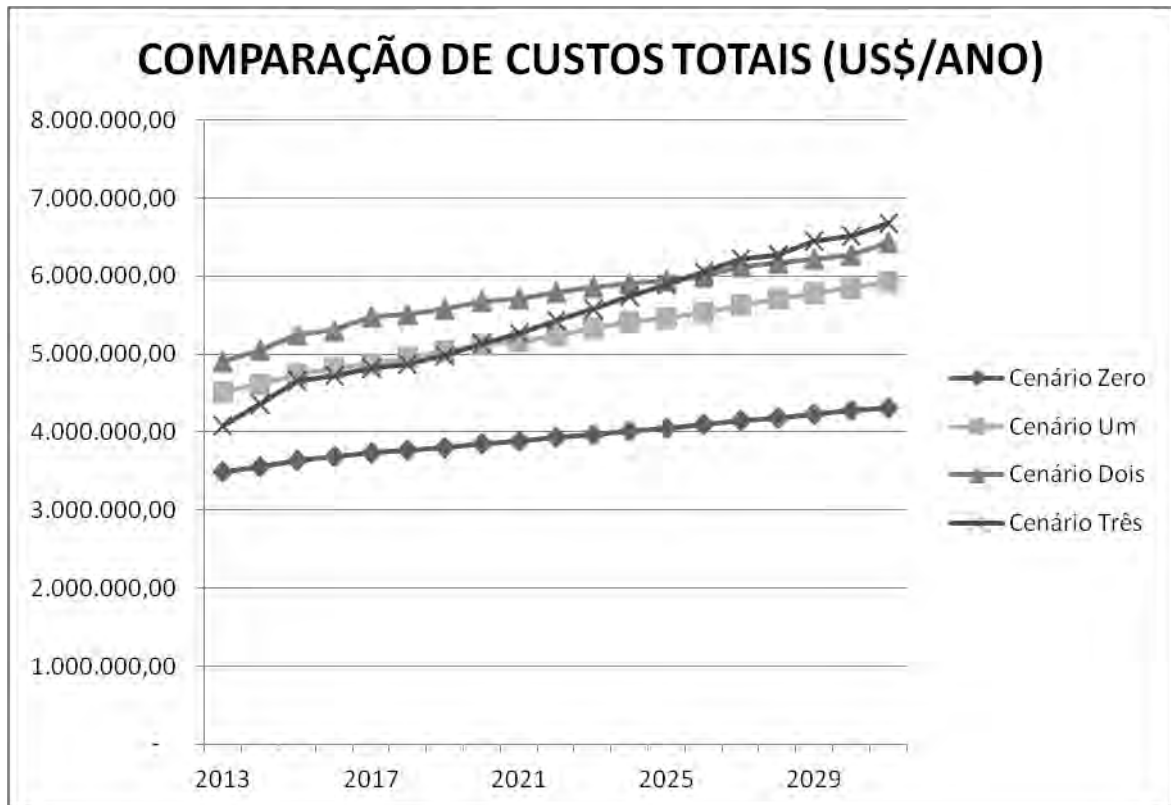


Figura 34 - Comparação de Custos Totais



Figura 35 - Comparação de Custos per Capita

6. Considerações Finais

O presente trabalho finalmente conclui que a implantação do PGRIS conforme as diretrizes da PNRS pode trazer melhorias significativas para a qualidade ambiental dos municípios. Essa melhoria da qualidade significa, porém, um aumento dos custos com a gestão dos RSU.

Os resultados do trabalho mostram que a destinação adequada de cada tipo de resíduo irá reduzir drasticamente o volume ocupado em Aterros Sanitários. No caso dos RSU orgânicos, isso significa uma menor produção de metano e chorume, principais produtos da decomposição da matéria orgânica nos aterros. Essa redução de RSU dispostos pode refletir também no aumento da vida útil do aterro, evitando assim a expansão para outras áreas que poderiam ter usos mais nobres.

Comparando-se os cenários, podemos ver que o Cenário Um, mais pessimista, irá reduzir a disposição em 35%, comparando-o com o Cenário Zero. Enquanto que os Cenários Dois e Três apresentam, respectivamente, reduções de 46% e 149% em relação ao Cenário Zero. Ou seja, é possível duplicar a vida útil dos aterros somente com a destinação adequada para cada tipo de RSU.

Esses benefícios a longo prazo cobram seu preço; os resultados mostram também um aumento significativo nos custos totais e no custo per capita do sistema de gestão. A coleta indiferenciada e a disposição final em aterro ainda são alternativas mais baratas como formas de gestão. Comparando-se os cenários, percebe-se que o Cenário Um traz um aumento de 37% com relação ao Cenário Zero; para os cenários Dois e Três, esse aumento é, respectivamente, de 49% e 55%. Cabe lembrar que, nessa análise, a possível receita advinda da venda de composto e de recicláveis não foi considerada.

Durante o trabalho, diversas premissas foram consideradas para a evolução dos cenários: a evolução populacional foi estimada por uma evolução geométrica; na etapa de coleta não foram considerados ganhos de eficiência e escala; não foi considerada a variação dos custos com disposição final ao longo dos anos. Porém, essas simplificações só foram adotadas por se tratar de uma análise comparativa entre cenários que adotam as mesmas premissas.

O trabalho encontrou diversos obstáculos para sua realização, sendo a principal a falta de informações mais detalhadas principalmente em relação ao aspecto econômico do setor. As estimativas de custos só foram possíveis graças à coleta de dados diretamente na prefeitura, já que não há uma base de dados acessível e confiável que organize essas informações.

Acrescenta-se aqui a sugestão de aprofundar o presente estudo e expandir para outros tipos de resíduos. Será interessante desenvolver uma avaliação para planos específicos de um dado município; e mesmo aumentar o escopo do estudo para abranger os resíduos de outras categorias. Também é recomendado que seja feito um estudo sobre a venda do composto orgânico e dos recicláveis, considerando variáveis de mercado e possibilidade de incentivo público para esses produtos.

7. Referências Bibliográficas

- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2003**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2003. 64p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2004**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2004. 85p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2005**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2005. 157p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2007**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2007. 183p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2008**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2008. 196p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2009**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2009. 210p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2010**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2010. 202p.
- ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2011**; disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm; acessado em 25 de setembro de 2012. [S.l]. 2011. 186p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 10.004: RESÍDUOS SÓLIDOS - CLASSIFICAÇÃO**, SEGUNDA EDIÇÃO. RIO DE JANEIRO, 2004. 71p.

BARROS, F. J. R.; **SISTEMA ALTERNATIVO DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE, VISANDO INCREMENTAR A RECICLAGEM DE INERTES E FACILITAR A COMPOSTAGEM DA FRAÇÃO ORGÂNICA: CASO DE IBIPORÁ PR**. 2011. 133p. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E SANEAMENTO) – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, LONDRINA, 2011.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – VERSÃO PÓS AUDIÊNCIAS E CONSULTA PÚBLICA PARA CONSELHOS NACIONAIS**. DISPONÍVEL EM: <

http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf>, acessado em ago. 2012; Brasília, 2012.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente; **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais**; disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf, acessado em 25 de setembro de 2012; Brasília, 2012.

BRASIL. **LEI Nº 12.305**, DE 2 DE AGOSTO DE 2010, DIÁRIO OFICIAL [DA] REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, BRASÍLIA, 3 AGO. DE 2010.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY, **CASE STUDIES ON WASTE MINIMISATION PRACTICES IN EUROPE**. DISPONÍVEL EM: < http://ambiente.confartigianato.it/OSSERVATORIO/repository/normativa/4313_rapaea_02_c_omp.pdf>, acessado em ago. 2012, Copenhagen, 2002.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Biodegradable municipal waste management in Europe – Part 1: Strategies and instruments**. Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/topic_report_2001_15. Acessado em agosto de 2012. Copenhagen, 2001.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Biodegradable municipal waste management in Europe – Part 2: Strategies and instruments - Appendices**. Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/topic_report_2001_15. Acessado em agosto de 2012. Copenhagen, 2001.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Biodegradable municipal waste management in Europe – Part 3: Technology and Market Issues**. Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/topic_report_2001_15. Acessado em agosto de 2012. Copenhagen, 2001.

FERNANDES, F. e SILVA, S. M. C. P. ; Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos.

FERRAZ, A. et al; **Viabilidade Econômica da Coleta Seletiva e da Compostagem no Município de Rio Claro**; trabalho apresentado na UNESP – Rio Claro, no curso de Engenharia Ambiental, para a disciplina de Poluição Ambiental; 2012.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, **ESTUDO SOBRE OS ASPECTOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS – RELATÓRIO FINAL.** DISPONÍVEL EM: <

[HTTP://WWW.ABETRE.ORG.BR/BIBLIOTECA/PUBLICACOES/PUBLICACOES-ABETRE/FGV%20-%20ATERROS%20SANITARIOS%20-%20ESTUDO.PDF](http://www.abetre.org.br/biblioteca/publicacoes/publicacoes-abetre/FGV%20-%20ATERROS%20SANITARIOS%20-%20ESTUDO.PDF)> , ACESSADO EM AGO. 2012; SÃO PAULO, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Censo Demográfico 2010 – Sinopse do Censo e Resultados Preliminares do Universo.** Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000402.pdf> >, acessado em ago.2012; Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMIACA APLICADA, **DIAGNÓSTICO DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS E SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – RELATÓRIO DE PESQUISA;** DISPONÍVEL EM: http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120814_relatorio_instrumentos_economicos.pdf; ACESSADO EM AGOSTO DE 2012; BRASÍLIA, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMIACA APLICADA. **PESQUISA SOBRE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS URBANOS PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – RELATÓRIO DE PESQUISA;** DISPONÍVEL EM: http://www.portalodm.com.br/biblioteca/publicacoes/relatorios/100514_relatsau_2010-05-19.zip ; ACESSADO EM AGOSTO DE 2012; BRASÍLIA, 2010.

JACOBI, Pedro Roberto e BESEN, Gina Rizpah; **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade.** Estud. av. [online]. 2011, vol.25, n.71, pp. 135-158

LEITE, M. F.; **A TAXA DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES – UMA ANÁLISE CRÍTICA;** 2006. 106p. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL) – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO CARLOS, 2006.

LOPES, A. A.; **Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13).** 2007. 394p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – São Carlos, 2007.

- LOPES, L.; **GESTÃO E GERENCIAMENTO INTEGRADOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – ALTERNATIVAS PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS**; 2006. 113p. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM GEOGRAFIA) – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, 2006.
- MASSUKADO, L. M.; **SISTEMA DE APOIO À DECISÃO: AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMICILIARES**; 2004. 272p. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA URBANA) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, SÃO CARLOS, 2004.
- OLIVEIRA, I. S. D. ; MONTAÑO, M.; SOUZA, M. P.; **AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA**, 1ª EDIÇÃO. SÃO CARLOS: SUPREMA, 2009, 220 p.
- SANCHEZ, L. E., **AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONCEITOS E MÉTODOS**, 1ª EDIÇÃO. SÃO PAULO: OFICINA DE TEXTOS, 2008, 495p.
- SÃO PAULO, **LEI ESTADUAL Nº 12.300**, DE 16 DE MARÇO DE 2006, DIÁRIO OFICIAL [DO] ESTADO, SÃO PAULO, 17 MAR. DE 2006.
- SCHALCH, V. et al; **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**; 2002, São Carlos, 97p. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos.
- SILVA, C. A.; ANDREOLI, C. V.; **COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA A DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NA CEASA CURITIBA/PR**. ENGENHARIA AMBIENTAL – ESPÍRITO SANTO DO PINHAL, v. 7 N. 2, p. 027-040, ABR/JUN. 2010.
- UNIÃO EUROPEIA, **Directiva 1999/31/CE**, de 26 de Abril de 1999, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Luxemburgo, 1999.
- UNIÃO EUROPEIA, **Directiva 2008/98/CE**, de 19 de Novembro de 2008, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Estrasburgo, 2008.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **MUNICIPAL SOLID WASTE GENERATION, RECYCLING, AND DISPOSAL IN THE UNITED STATES: FACTS AND FIGURE FOR 2010**. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.EPA.GOV/OSW/NONHAZ/MUNICIPAL/MSW99.HTM](http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/msw99.htm)>, ACESSADO EM AGO. 2012; WASHINGTON, 2011.