

Daniel Rodrigo Issamu Miyashiro  
João Augusto Schwarzwald Sprovieri  
Marcus Vinícius Aires Gomes de Souza

*Concepção de um Sistema de Coleta e Tratamento de Resíduos  
Compostáveis para o Bairro do Jabaquara em São Paulo*

Projeto de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo, no  
âmbito do Curso de Engenharia Ambiental

Orientador:  
Ronan Cleber Contrera

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

São Paulo

Novembro/2011

# *Agradecimentos*

Ao professor Ronan Cleber Contrera, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

Aos membros da banca, Gabriel Souto e Gustavo Henrique Ribeiro Silva, pela leitura, atenção e contribuição dispensados a este trabalho de formatura.

Ao Departamento de Limpeza Urbana, LimpUrb, do município de São Paulo, em nome de Adílson Sirabello, Elder Aparecido de Lima e Herbert Henk Junior, pela atenção concedida e fornecimento de dados importantes para a estruturação deste trabalho de formatura.

À Fundação Parque Zoológico de São Paulo, em nome de Carlos Augusto Magalhães Batista e Kátia Rancura, pelas informações concedidas com relação ao Zoológico e o Zoo Safari.

À ESTRE Ambiental S/A, em especial ao engenheiro ambiental Bruno Tyaki de Araújo Caldas, pelas informações sobre os aterros consultados.

Ao arquiteto Francisco de Andrea Vianna, pelas diversas informações sobre a coleta de resíduos e pela intermediação com profissionais e empresas, que auxiliaram na elaboração deste projeto.

À Ecourbis Ambiental S/A, em nome de Maysa Fernandes Santaella, pelos dados das análises gravimétricas dos resíduos domiciliares da subprefeitura do Jabaquara.

À OrganoSolví, em nome de Ivan Danilo Curvelo Rodrigues, que forneceu dados sobre a tecnologia de leiras revolvidas aceleradas com biotecnologia e aspectos mercadológicos da compostagem no Brasil.

Aos profissionais que contribuíram para a elaboração do orçamento e do catálogo de equipamentos: Leandro Della Croche, Antonio Almeida Nogueira e Juraci Florencio de Souza.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

# *Sumário*

## **Lista de Figuras**

## **Lista de Tabelas**

<b>1</b>	<b>Introdução e Justificativa</b>	p. 15
1.1	Apresentação . . . . .	p. 15
1.1.1	Aterros Sanitários . . . . .	p. 16
1.1.2	Reciclagem . . . . .	p. 16
1.1.3	Tratamentos . . . . .	p. 16
1.1.3.1	Incineração com Reaproveitamento Energético . . . . .	p. 16
1.1.3.2	Compostagem . . . . .	p. 17
1.2	Objetivo . . . . .	p. 17
1.2.1	Justificativa . . . . .	p. 17
<b>2</b>	<b>Caracterização da Área Objeto de Estudo</b>	p. 18
2.1	O Bairro do Jabaquara . . . . .	p. 18
2.1.1	Histórico . . . . .	p. 18
2.1.2	Localização . . . . .	p. 19
2.1.3	População . . . . .	p. 19
2.1.4	Resíduos Sólidos na cidade de São Paulo e no Jabaquara . . . . .	p. 20
2.1.4.1	Coleta Domiciliar . . . . .	p. 22
2.1.4.2	Dados da Estação de Transbordo Vergueiro . . . . .	p. 24
2.1.4.3	Dados da Estação de Transbordo Santo Amaro . . . . .	p. 25

2.1.4.4	Coleta Seletiva . . . . .	p. 25
2.1.4.5	Poda e Capina . . . . .	p. 26
<b>3</b>	<b>Estudos Prévios</b> . . . . .	<b>p. 27</b>
3.1	Compostagem de Resíduos Orgânicos . . . . .	p. 27
3.1.1	Vantagens da Compostagem . . . . .	p. 27
3.1.2	Desvantagens da Compostagem . . . . .	p. 28
3.1.3	Fases da Compostagem . . . . .	p. 28
3.1.4	Parâmetros do Processo . . . . .	p. 29
3.1.4.1	Umidade . . . . .	p. 29
3.1.4.2	Aeração . . . . .	p. 30
3.1.4.3	Temperatura . . . . .	p. 30
3.1.4.4	Relação Carbono-Nitrogênio . . . . .	p. 30
3.1.4.5	Granulometria . . . . .	p. 31
3.1.4.6	pH . . . . .	p. 31
3.2	Usina de Compostagem . . . . .	p. 31
3.2.1	Sistemas de Compostagem . . . . .	p. 32
3.2.1.1	Sistemas de Leiras Revolvidas ( <i>Windrow</i> ) . . . . .	p. 32
3.2.1.2	Sistema de Leiras Estáticas Aeradas ( <i>Static Pile</i> ) . . . . .	p. 33
3.2.1.3	Sistemas Fechados, Acelerados ou Reatores Biológicos ( <i>in-vessel</i> ) . . . . .	p. 33
3.2.1.4	Sistemas de Leiras Revolvidas Aceleradas com Biotec- nologia . . . . .	p. 34
3.2.2	Beneficiamento do Composto . . . . .	p. 35
3.2.3	Armazenamento do Composto . . . . .	p. 37
3.2.4	Análise do Composto . . . . .	p. 37
3.3	Legislação e Licenciamento Ambiental . . . . .	p. 38

3.4	Aspectos Mercadológicos da Usina de Compostagem . . . . .	p. 39
3.4.1	Recepção e Tratamento de Resíduos Compostáveis . . . . .	p. 39
3.4.2	Fertilizantes Orgânicos e Minerais . . . . .	p. 40
3.4.3	Valoração do Composto Produzido pela Usina . . . . .	p. 40
3.4.4	Aplicações do Composto . . . . .	p. 41
3.4.5	Qualidade do Composto . . . . .	p. 42
3.4.6	Potenciais Clientes . . . . .	p. 42
3.5	Geradores . . . . .	p. 43
3.5.1	Metodologia . . . . .	p. 43
3.5.2	Outros Geradores . . . . .	p. 45
<b>4</b>	<b>Análise dos Dados</b>	<b>p. 46</b>
4.1	Premissas e Condições . . . . .	p. 46
4.2	Divisão do Projeto . . . . .	p. 47
4.2.1	Primeira Etapa . . . . .	p. 47
4.2.2	Segunda Etapa . . . . .	p. 47
4.2.3	Terceira Etapa . . . . .	p. 47
4.3	Estimativa Populacional . . . . .	p. 47
4.4	Estimativa da Geração de Resíduos Compostáveis no Jabaquara . . . . .	p. 48
4.4.1	Coleta de Dados e Estimativas dos Grandes Geradores . . . . .	p. 51
4.4.1.1	Escolas, Restaurantes e Supermercados . . . . .	p. 51
4.4.1.1.1	Escolas . . . . .	p. 52
4.4.1.1.2	Restaurantes . . . . .	p. 52
4.4.1.1.3	Supermercados . . . . .	p. 54
4.4.1.2	Feiras Livres . . . . .	p. 55
4.4.1.3	Consolidação da Estimativa de Geração de Resíduos pelos Grandes Geradores . . . . .	p. 56

4.4.2	Estimativa de Geração de Resíduos pelos Prédios Residenciais . . .	p. 56
4.4.3	Estimativa de Geração de Resíduos pelo Bairro do Jabaquara . . .	p. 59
4.4.4	Estimativa da quantidade de resíduos a serem tratados pela usina, por etapa de projeto . . . . .	p. 61
4.4.4.1	Estimativa do tratamento na Primeira Etapa . . . . .	p. 61
4.4.4.2	Estimativa do tratamento na Segunda Etapa . . . . .	p. 61
4.4.4.3	Estimativa do tratamento na Terceira Etapa . . . . .	p. 61
4.5	Compostagem . . . . .	p. 63
4.5.1	Usina de Compostagem . . . . .	p. 63
4.5.1.1	Área para Instalação da Usina de Compostagem . . . . .	p. 63
4.5.1.2	Áreas com Potencial . . . . .	p. 63
4.6	Compostos Produzidos pela Usina e Precificação . . . . .	p. 65
<b>5</b>	<b>Definição das Soluções do Projeto</b>	<b>p. 67</b>
5.1	Sistema de Coleta . . . . .	p. 67
5.1.1	Alternativas do Tipo de Coleta . . . . .	p. 67
5.1.2	Critérios de Avaliação . . . . .	p. 67
5.2	Áreas para Implantação da Usina de Compostagem . . . . .	p. 68
5.2.1	Alternativas de Avaliação . . . . .	p. 68
5.2.2	Critérios de Avaliação . . . . .	p. 68
5.3	Definição de Equipamentos . . . . .	p. 70
5.3.1	Compactadores de lixo . . . . .	p. 70
5.3.1.1	Critérios de Avaliação . . . . .	p. 70
5.3.2	Chassis para compactadores de lixo . . . . .	p. 71
5.3.2.1	Critérios de Avaliação . . . . .	p. 72
5.3.3	Outros Equipamentos . . . . .	p. 73
5.3.3.1	Critérios de Avaliação . . . . .	p. 73

5.4	Tecnologia de Compostagem . . . . .	p. 76
5.4.1	Alternativas de Compostagem . . . . .	p. 76
5.4.2	Critérios de Avaliação . . . . .	p. 76
<b>6</b>	<b>Soluções Escolhidas para a Concepção do Sistema de Coleta e Tratamento de Resíduos Compostáveis do Bairro do Jabaquara</b>	<b>p. 79</b>
6.1	Sistema de Coleta de Resíduos Compostáveis . . . . .	p. 79
6.1.1	Primeira Etapa . . . . .	p. 79
6.1.2	Segunda Etapa . . . . .	p. 80
6.1.3	Terceira Etapa . . . . .	p. 80
6.2	Estudos Econômicos do Projeto . . . . .	p. 80
6.2.1	Cenário 1 . . . . .	p. 83
6.2.2	Cenário 2 . . . . .	p. 84
6.2.3	Cenário 3 . . . . .	p. 85
6.2.4	Cenário 4 . . . . .	p. 86
6.2.5	Cenário 5 . . . . .	p. 87
6.2.6	Análise . . . . .	p. 88
6.3	Concepção da Usina de Compostagem . . . . .	p. 88
6.3.1	Instalações da Usina . . . . .	p. 89
6.3.2	1º Setor – Recepção . . . . .	p. 89
6.3.3	2º Setor – Triagem . . . . .	p. 90
6.3.4	3º Setor – Pré-processamento . . . . .	p. 91
6.3.5	4º Setor – Compostagem . . . . .	p. 92
6.3.6	5º Setor – Beneficiamento e Armazenamento . . . . .	p. 93
6.3.7	6º Setor – Expedição . . . . .	p. 94
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>p. 96</b>

<b>Referências Bibliográficas</b>	p. 97
<b>Apêndice A – Anexos</b>	p. 100
A.1 Zoológico e Zoo Safari . . . . .	p. 100
A.2 Informações sobre os Aterros Sanitários . . . . .	p. 101
A.2.1 Central de Tratamento de Resíduos Leste – CTL . . . . .	p. 101
A.2.2 Aterro Sanitário CDR Pedreira . . . . .	p. 102
A.2.3 Aterro Sanitário CTR Caieiras . . . . .	p. 104
A.3 Legislação . . . . .	p. 105
A.3.1 Decreto nº 4.954, de 2004 . . . . .	p. 106
A.3.2 Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009 (D.O.U. 28/07/2009) . . . . .	p. 108
A.3.3 Instrução Normativa SDA/MAPA 35/2006 (D.O.U. 12/07/2006) . . . . .	p. 114
A.3.4 Instrução Normativa SDA/MAPA 27/2006 (D.O.U. 09/06/2006) . . . . .	p. 116
A.3.5 Resolução SMA 51, de 25 de junho de 1997 . . . . .	p. 118
A.3.6 DECRETO N. 47.397-02, DE 4 DE DEZEMBRO DE 2002 . . . . .	p. 119
A.4 PNRS - Versão Preliminar . . . . .	p. 119
<b>Apêndice B – Imagens e Ilustrações</b>	p. 122
B.1 Pontos Levantados . . . . .	p. 122
B.2 Sistemas de Compostagem . . . . .	p. 127
<b>Apêndice C – Catálogo de Equipamentos da Alternativa Escolhida</b>	p. 129
C.0.1 Compactador . . . . .	p. 129
C.0.2 Chassis . . . . .	p. 129
C.0.3 Pá-carregadeira . . . . .	p. 130
C.0.4 Escavadeira . . . . .	p. 130
C.0.5 Trator de Pneus - 150 CV . . . . .	p. 130
C.0.6 Trator de Pneus - 60 CV . . . . .	p. 131



C.0.7	Compostador . . . . .	p. 131
C.0.8	Caçambão . . . . .	p. 131
C.0.9	Chassis para Caçambão . . . . .	p. 132
C.0.10	Picador de Árvores . . . . .	p. 132

**Apêndice D – Estudo Econômico e Croqui** . . . . . p. 133

D.1	Fluxo de Caixa . . . . .	p. 133
D.2	Esboço da Usina de Compostagem . . . . .	p. 140

# *Lista de Figuras*

2.1	Mapa do município do São Paulo e suas regiões. . . . .	p. 19
2.2	Comparativo de fotos de satélite da região de Vila Mascote. . . . .	p. 20
2.3	Relação entre casas e apartamentos no bairro do Jabaquara. . . . .	p. 20
2.4	Origem dos Resíduos Sólidos gerados na cidade de São Paulo. . . . .	p. 21
2.5	Média da densidade aparente dos Resíduos Domiciliares. . . . .	p. 21
2.6	Setores de coleta domiciliar bairro do Jabaquara. . . . .	p. 23
2.7	Vista aérea das Estações de Transbordo Vergueiro e Santo Amaro. . . . .	p. 25
2.8	Setores de coleta seletiva bairro do Jabaquara. . . . .	p. 26
3.1	Esquema simplificado do processo de compostagem. . . . .	p. 27
3.2	Exemplo genérico da evolução da temperatura de uma leira de compostagem. . . . .	p. 29
3.3	Fluxograma típico de um processo de compostagem. . . . .	p. 32
3.4	Aplicação de solução contendo microorganismos na leira de compostagem. . . . .	p. 35
3.5	Resultados das diferentes adubações do solo. . . . .	p. 35
3.6	Resultados das diferentes adubações do solo. . . . .	p. 36
3.7	Pontos levantados no mapa do Google Earth da região do Jabaquara. . . . .	p. 44
4.1	Projeção Populacional do Jabaquara. . . . .	p. 49
4.2	Levantamento dos grandes geradores - prédios residenciais. . . . .	p. 58
4.3	Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis no Jabaquara . . . . .	p. 62
4.4	Áreas selecionadas para a implantação da usina de compostagem. . . . .	p. 65
6.1	Fluxograma do funcionamento do setor de Recepção. . . . .	p. 89
6.2	Fluxograma do funcionamento do setor de Triagem. . . . .	p. 91

6.3	Fluxograma do funcionamento do setor de Pré-processamento. . . . .	p. 92
6.4	Fluxograma do funcionamento do setor de Compostagem. . . . .	p. 93
6.5	Fluxograma do funcionamento do setor de Beneficiamento e Armazena- mento. . . . .	p. 94
6.6	Fluxograma do funcionamento do setor de Expedição. . . . .	p. 95
A.1	Vista aérea da Cava Leste do Aterro CTL. . . . .	p. 102
A.2	Vista geral do sistema de captação e queima de biogás do Aterro CTL. .	p. 103
A.3	Vista aérea do aterro CDR Pedreira. . . . .	p. 104
A.4	Vista aérea do aterro CTR Caieiras. . . . .	p. 106
A.5	Especificação Granulométrica . . . . .	p. 110
A.6	Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Simples . . . . .	p. 112
A.7	Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos . . . . .	p. 112
A.8	Restrições de Uso que Deverão Constar da Embalagem . . . . .	p. 113
A.9	Aditivos autorizados para uso em fertilizantes orgânicos organominerais .	p. 114
A.10	Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional. . . . .	p. 121
B.1	Mapas com os pontos levantados. . . . .	p. 123
B.2	Mapas com os pontos levantados. . . . .	p. 124
B.3	Mapas com os pontos levantados. . . . .	p. 125
B.4	Mapas com os pontos levantados. . . . .	p. 126
B.5	Sistema de leiras revolvidas por equipamento auto propelido. . . . .	p. 127
B.6	Sistema de leiras estáticas aeradas. . . . .	p. 127
B.7	Sistema fechado de fluxo horizontal. . . . .	p. 128

# *Lista de Tabelas*

2.1	Dados populacionais do distrito do Jabaquara. . . . .	p. 20
2.2	Proporção em massa das frações dos Resíduos Domiciliares do Jabaquara.	p. 22
2.3	Análise gravimétrica dos resíduos do Jabaquara - 2010. . . . .	p. 23
2.4	Análise gravimétrica dos resíduos do Jabaquara - 2011. . . . .	p. 24
3.1	Valor contratual médio para disposição em aterro sanitário . . . . .	p. 39
3.2	Preço do composto obtido nas usinas de compostagem do Estado de São Paulo (2005). . . . .	p. 41
3.3	Principais parâmetros para composto maturado. . . . .	p. 42
4.1	Projeção Populacional do Jabaquara. . . . .	p. 48
4.2	Composição gravimétrica média dos resíduos do Jabaquara. Fonte: EcoUrbis (2011) - adaptado . . . . .	p. 50
4.3	Geração de resíduos conforme o tipo de gerador. . . . .	p. 51
4.4	Geração de resíduos das escolas. . . . .	p. 52
4.5	Geração dos resíduos dos restaurantes. . . . .	p. 53
4.6	Geração dos resíduos dos restaurantes. . . . .	p. 54
4.7	Geração de resíduos dos supermercados. . . . .	p. 55
4.8	Geração de resíduos das feiras livres. . . . .	p. 55
4.9	Estimativa de Geração de Resíduos - Grandes Geradores. . . . .	p. 56
4.10	Estimativa de geração de resíduos para prédios residenciais. . . . .	p. 59
4.11	Estimativa de geração de resíduos dos condomínios residenciais. . . . .	p. 59
4.12	Estimativa da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares Compostáveis no Jabaquara. . . . .	p. 60

4.13	Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis - Primeira etapa. . . . .	p. 61
4.14	Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis - Segunda Etapa. . . . .	p. 62
4.15	Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis - Terceira etapa. . . . .	p. 62
5.1	Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de coleta dos resíduos compostáveis. . . . .	p. 68
5.2	Matriz de auxílio à decisão, considerando a área do pátio de compostagem. . . . .	p. 69
5.3	Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos compactadores de lixo. . . . .	p. 71
5.4	Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de compactador do veículo de coleta dos resíduos compostáveis. . . . .	p. 71
5.5	Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos chassis para compactadores. . . . .	p. 72
5.6	Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de chassis. . . . .	p. 72
5.7	Explicação dos atributos dados à matriz de decisão das pás-carregadeiras. . . . .	p. 74
5.8	Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos tratores de pneus. . . . .	p. 74
5.9	Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos compostadores. . . . .	p. 74
5.10	Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de pá-carregadeira. . . . .	p. 74
5.11	Matriz de auxílio à decisão, considerando o trator de pneus. . . . .	p. 75
5.12	Matriz de auxílio à decisão, considerando os compostadores das empresas M e N. . . . .	p. 75
5.13	Matriz de auxílio à decisão, considerando os compostadores da empresa O. . . . .	p. 75
5.14	Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de compostagem. . . . .	p. 77
6.1	Premissas relativas às despesas do projeto. . . . .	p. 81
6.2	Premissas relativas às receitas do projeto. . . . .	p. 82
6.3	Despesas relativas ao cenário 1. . . . .	p. 83

6.4	Receitas relativas ao cenário 1. . . . .	p. 83
6.5	Despesas relativas ao cenário 2. . . . .	p. 84
6.6	Receitas relativas ao cenário 2. . . . .	p. 84
6.7	Despesas relativas ao cenário 3. . . . .	p. 85
6.8	Receitas relativas ao cenário 3. . . . .	p. 85
6.9	Despesas relativas ao cenário 4. . . . .	p. 86
6.10	Receitas relativas ao cenário 4. . . . .	p. 86
6.11	Despesas relativas ao cenário 5. . . . .	p. 87
6.12	Receitas relativas ao cenário 5. . . . .	p. 87
A.1	Dados sobre os resíduos do Zoológico e do Zoo Safari. . . . .	p. 100
A.2	Composição do Lixo Recebido pela Central de Tratamento de Resíduos Leste – CTL. . . . .	p. 102
A.3	Composição do Lixo Recebido pelo Aterro Sanitário CDR Pedreira. . . . .	p. 104
A.4	Composição do Lixo Recebido pelo Aterro Sanitário CTR Caieiras. . . . .	p. 105
C.1	Especificações C (19,2 m <sup>3</sup> ). . . . .	p. 129
C.2	Especificações do chassis F. . . . .	p. 129
C.3	Especificações da Pá-carregadeira G 3,2m <sup>3</sup> . . . . .	p. 130
C.4	Especificações da Escavadeira P. . . . .	p. 130
C.5	Especificações do Trator de pneus Q. . . . .	p. 130
C.6	Especificações do Trator de pneus R. . . . .	p. 131
C.7	Especificações do compostador N 2. . . . .	p. 131
C.8	Especificações do Caçambão S - 35 m <sup>3</sup> . . . . .	p. 131
C.9	Especificações do chassis para caçambão T. . . . .	p. 132
C.10	Especificações do picador de árvores U. . . . .	p. 132

# *1 Introdução e Justificativa*

## **1.1 Apresentação**

A geração de resíduos decorrentes de atividades humanas é um fenômeno inevitável. Em todo e qualquer processo não há 100% de eficiência e, assim, resíduos sempre serão produzidos. Apesar disso, há diversas formas de reaproveitamento desses resíduos, seja via reciclagem, reutilização em outras etapas do processo produtivo ou até mesmo seu uso como insumo de outras atividades.

Os resíduos sólidos urbanos gerados têm sua composição e quantidade completamente dependentes do tipo de população que os produz. No caso do município de São Paulo, por exemplo, a geração chega a ser de cerca de 15,5 mil toneladas por dia (fonte: Limpurb, 2011) de diversos tipos de lixo, desde restos de alimentos até entulhos de construção civil. Além disso, há a questão da destinação adequada do lixo, que é uma parte crucial do ciclo de vida de cada produto utilizado pelo ser humano e que muitas das vezes não é a mais otimizada possível. Por exemplo, no caso dos recicláveis (também na cidade de São Paulo), o volume corretamente destinado não passa da marca de 1% do total de lixo produzido pela cidade.

Devemos considerar que o resíduo descartado, sem tratamento e/ou com disposição final inadequada, representa um grave dano ao meio ambiente, pois pode levar à poluição do solo, água e ar, apresentando riscos à saúde pública. A correta disposição final e/ou tratamento podem ser realizadas de diversas formas, tais como:

- Aterros sanitários;
- Reciclagem;
- Incineração com aproveitamento energético; e
- Compostagem.

### 1.1.1 Aterros Sanitários

A NBR 8419 da ABNT define: “*Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos: Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.*”

O aterro sanitário é uma forma de disposição que é fundamentada em técnicas sanitárias diversas: impermeabilização do solo, coleta e tratamento dos gases gerados, compactação das camadas de lixo, coleta e tratamento do chorume. Possui também procedimentos técnico-operacionais que visam evitar e/ou diminuir os aspectos negativos da disposição final do lixo, como: proliferação de vetores, exalação de mau cheiro, contaminação de lençóis freáticos e corpos hídricos próximos, impacto visual etc.

Porém, mesmo com todos esses pontos positivos, há também desvantagens, tais como sua limitação quanto à quantidade de lixo suportada, a disposição de resíduos que poderiam ser reaproveitados ocasionando um aumento na extração de recursos naturais. Com o grande crescimento das cidades, áreas disponíveis para a implantação de aterros sanitários se tornam escassas, provocando um aumento no custo do transporte de resíduos. Para que se extraia o potencial máximo dessa alternativa, deve-se realizar um bom estudo e planejamento, associando esta opção com o reaproveitamento dos resíduos.

### 1.1.2 Reciclagem

A reciclagem visa o reaproveitamento de produtos ou rejeitos provenientes de processos industriais. É um processo no qual os resíduos que seriam descartados voltam à cadeia produtiva.

### 1.1.3 Tratamentos

#### 1.1.3.1 Incineração com Reaproveitamento Energético

Trata-se da incineração dos resíduos (em especial os perigosos), com o reaproveitamento e transformação da energia gerada pela queima. Neste processo o volume do lixo é reduzido drasticamente, o que ajuda a prolongar a vida útil de aterros sanitários. Porém, vale observar que neste tipo de tratamento é importante um bom controle da emissão dos



gases produzidos no processo, para que ele não torne o resíduo em outro potencialmente mais poluente que o original.

### **1.1.3.2 Compostagem**

A compostagem é uma forma de tratamento biológico da parte orgânica do lixo, que reduz o seu volume e o converte em um composto que pode ser utilizado na agricultura, recondicionando o solo. Mais detalhes sobre esta modalidade podem ser vistos no capítulo 3, seção 3.1(página 27).

## **1.2 Objetivo**

O presente trabalho de formatura teve como objetivo realizar um estudo de desenvolvimento de um processo de compostagem de RSU para atender ao bairro do Jabaquara.

### **1.2.1 Justificativa**

A motivação para a escolha deste tema foi devido à grande quantidade de lixo orgânico gerado diariamente na cidade e, especialmente a sua destinação e/ou tratamento não-ideais, ocasionando um desperdício de recursos.

Além disso, o Decreto N° 7.404, de 23 de Dezembro de 2010 que regulamenta Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010, também auxiliou nessa escolha. Trata-se da lei que institui, dentre outros aspectos relativos à Política Nacional de Resíduos Sólidos, o seguinte: “(Art.36) V - *implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;*”. Em fase preliminar, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos ainda prevê reduções da ordem de 70% até 2015 (cenário favorável) com relação a esse tipo de resíduo.

Desta forma, como uma simulação das mudanças que ocorrerão em diversas cidades, o grupo escolheu, juntamente com a ajuda de seu orientador, projetar um sistema de coleta e tratamento de resíduos compostáveis para a subprefeitura do Jabaquara.

## *2 Caracterização da Área Objeto de Estudo*

### **2.1 O Bairro do Jabaquara**

O bairro escolhido para a execução do trabalho foi o do Jabaquara, localizado em distrito de mesmo nome, na cidade de São Paulo. Os principais fatores que influenciaram na escolha desse bairro foram: o fato de a subprefeitura do Jabaquara ser a menor da capital, com com cerca de 14 km<sup>2</sup> de área [2] e possuir apenas um distrito de mesmo nome, o que homogeneiza o levantamento de dados, pois geralmente os dados da subprefeitura são mais facilmente obtidos do que os dados distritais; além disso, outros fatores foram sua localização, acessibilidade e familiaridade pelos integrantes do grupo.

#### **2.1.1 Histórico**

Há controversas sobre a origem do nome do bairro. Segundo o site da prefeitura, a denominação Jabaquara vem do tupi-guarani *YAB-A-QUAR-A*, que significa “rocha e buraco” e também “mata dos negros fujões”, pois nos tempos da escravidão a área era uma mata deserta que servia de abrigo aos escravos fugidos.

A região era frequentada apenas por viajantes que ali passavam durante seus percursos, e, por volta do século XVII começaram a aparecer os primeiros estabelecimentos agrícolas e comerciais. No final do século XIX, quase três séculos depois, a região finalmente se popularizou após a instalação de um logradouro público pela prefeitura, o Parque do Jabaquara, que era usado para passeios e piqueniques. [3]

Atualmente a região possui desde favelas (98 delas) até áreas de altíssimo padrão, como a Vila Mascote, onde um apartamento pode passar da cifra de um milhão de dólares. [4]



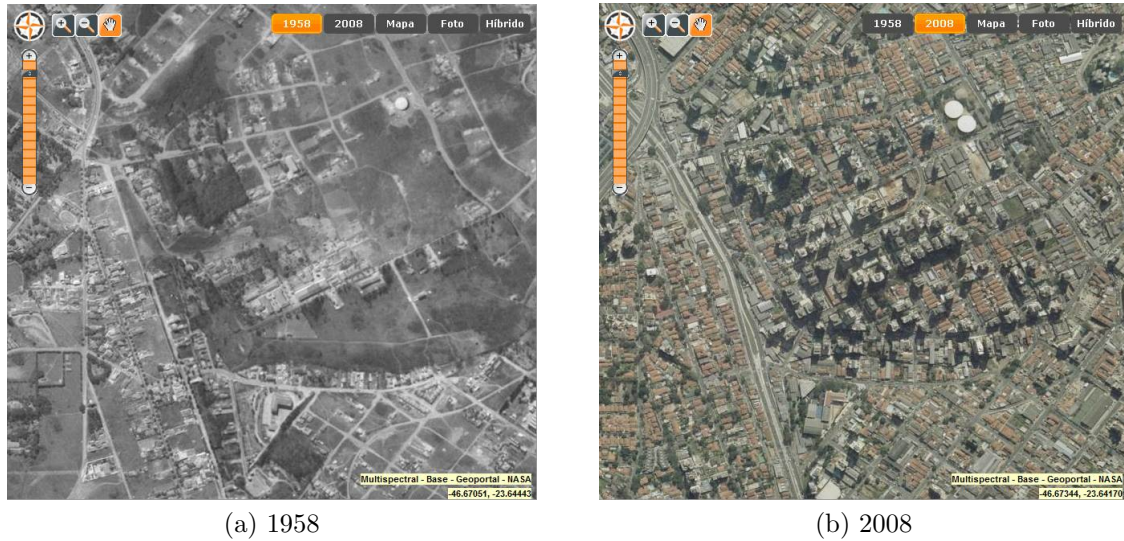


Figura 2.2: Comparativo de fotos de satélite da região de Vila Mascote. Nota-se uma acentuada verticalização da região. [7]

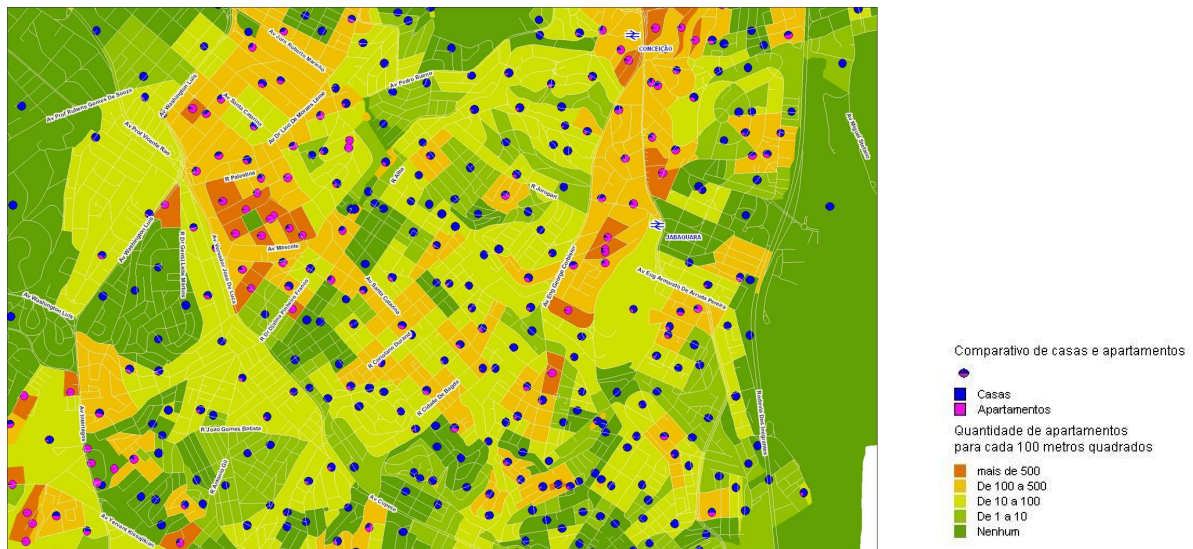


Figura 2.3: Relação entre casas e apartamentos no bairro do Jabaquara, demonstrando um alto grau de verticalização em certas regiões do local. [7]

Tabela 2.1: Dados populacionais do distrito do Jabaquara. [21]

População-1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
26.854	72.546	141.762	196.151	214.350	214.095	221.780

### 2.1.4 Resíduos Sólidos na cidade de São Paulo e no Jabaquara

Atualmente, a cidade de São Paulo gera aproximadamente 15.500 toneladas de resíduos sólidos diariamente. As figuras 2.4 e 2.5 apresentam, respectivamente, a origem e a densidade média aparente desses resíduos.

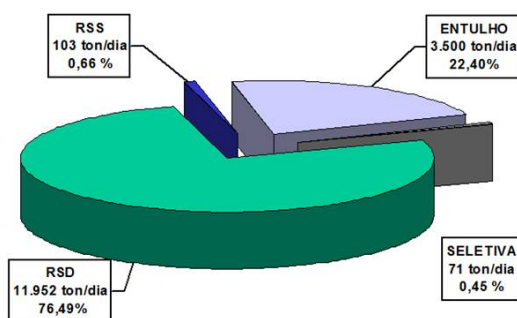


Figura 2.4: Origem dos Resíduos Sólidos gerados na cidade de São Paulo. (fonte: Limpurb, 2011)

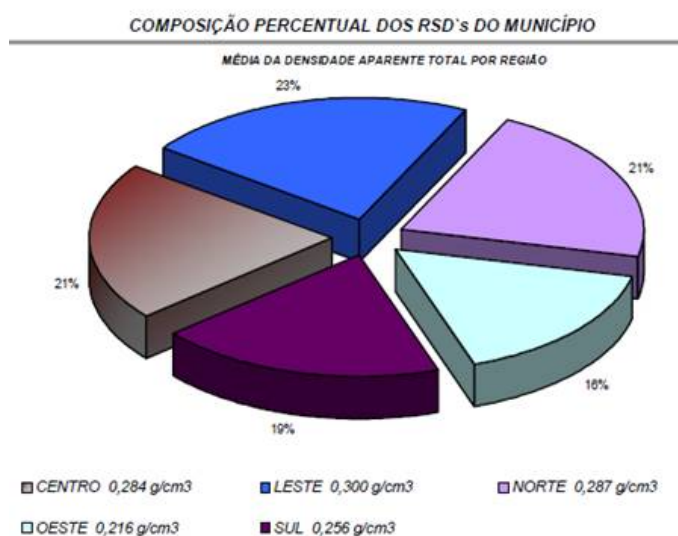


Figura 2.5: Média da densidade aparente dos Resíduos Domiciliares. (fonte: Prefeitura do Município de São Paulo – Limpurb, 2003)

Os resíduos compostáveis são basicamente constituídos por matéria orgânica, que em 2003 representava aproximadamente 57,5% dos resíduos domiciliares gerados, conforme a tabela 2.2.

A empresa concessionária responsável pela coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos domiciliares gerados no bairro do Jabaquara é a EcoUrbis Ambiental S.A.. Segundo a Limpurb, em Janeiro de 2011 foram coletados 6.610,37 toneladas de resíduos domiciliares, aproximadamente 213,24 toneladas diárias ou 0,96 kg/hab.dia. Atualmente, os RSDs são coletados de porta em porta. Parte destes resíduos passam pela Estação de Transbordo Vergueiro e seguem para o aterro CDR Pedreira, onde são dispostos. O restante passa pela Estação de Transbordo Santo Amaro e são dispostos no Aterro Caieiras.

Tabela 2.2: Densidade aparente dos Resíduos Domiciliares do município de São Paulo. (fonte: Prefeitura do Município de São Paulo – Limpurb, 2003)

Porcentagem Média em Peso (%)									
Ano	1927	1957	1969	1976	1991	1996	1998	2000	2003
Matéria Orgânica	82,5	76,0	52,2	62,7	60,6	55,7	49,5	48,2	57,5
Papel, Papelão e Jornal	13,4	16,7	29,2	21,4	13,9	16,6	18,8	16,4	11,1
Embalagem Longa Vida	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,3
Plásticos, PET e Isopor	-	-	1,9	5,0	11,5	14,3	22,9	16,8	16,8
Metais Ferrosos	1,7	2,2	7,8	3,9	2,8	2,1	2,0	2,6	1,5
Alumínio	-	-	-	0,1	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7
Panos, Couro e Borracha	1,5	2,7	3,8	2,9	4,4	5,7	3,0	-	4,1
Pilhas e Baterias	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Vidro	0,9	1,4	2,6	1,7	1,7	2,3	1,5	1,3	1,8
Terra e Pedra	-	-	-	0,7	0,8	-	0,2	1,6	0,7
Madeira	-	-	2,4	1,6	0,7	-	1,3	2,0	1,6
Diversos	-	0,1	-	-	1,7	2,6	-	9,3	1,0

#### 2.1.4.1 Coleta Domiciliar

Na capital, a coleta domiciliar de resíduos normalmente realizada é a coleta regular, na qual os coletores recolhem os sacos ou sacolas com resíduos na porta de cada residência e os alocam dentro de caminhões compactadores.

A empresa concessionária EcoUrbis divulga [8] que a coleta domiciliar é feita com o auxílio de um motorista e três coletores e que são coletados os seguintes resíduos:

- Resíduos sólidos residenciais orgânicos e não orgânicos, o chamado “lixo doméstico”;
- Resíduos sólidos não residenciais (comerciais e industriais) caracterizados como comuns (classe II-A) até 200 litros/dia;
- Entulhos, terra e sobra de materiais de construção (inertes classe II-B) até 50 kg diários devidamente acondicionados;
- Restos de móveis, de colchões, de utensílios, de mudanças e outros similares até 200 litros, desde que corretamente acondicionados.

Para efetuar essa tarefa, a empresa divide o bairro do Jabaquara em 18 setores, de acordo com o esquema apresentado pela figura 2.6.

Os resíduos domiciliares gerados no bairro do Jabaquara são encaminhados para a Estação de Transbordo Vergueiro, assim como para a Estação de Transbordo Santo Amaro. Ambas estações estão apresentadas na figura 2.7.

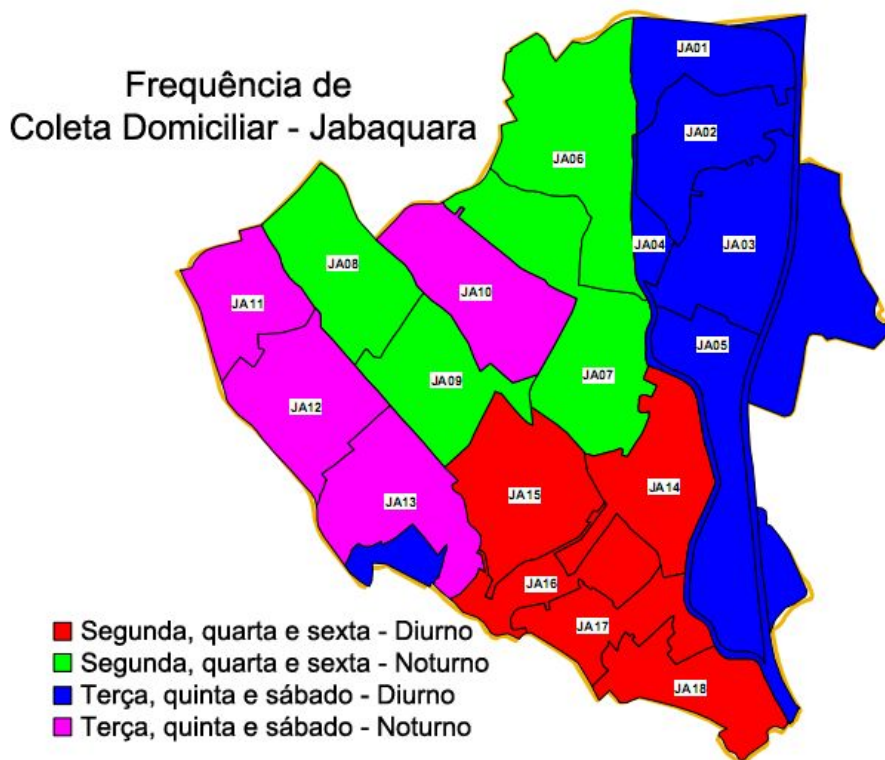


Figura 2.6: Setores de coleta domiciliar do bairro do Jabaquara. (fonte: Limpurb, 2011)

As tabelas 2.3 e 2.4 apresentam as últimas análises gravimétricas dos resíduos do bairro do Jabaquara, feitas pela Ecurbis. Um estudo dessas análises foi feita na tabela 4.2.

Tabela 2.3: Análise gravimétrica dos resíduos do Jabaquara. Fonte: Ecurbis, 2010.

Média	12/01/2010		19/04/2010		17/08/2010	
	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%
<b>Peso total da amostra</b>	459,4	100%	519,4	100%	527,6	100%
<i>Matéria Orgânica</i>	276,4	60,20%	298,2	57,40%	343,4	65,10%
<i>Papel, Papelão e Jornal</i>	56,6	12,30%	52,8	10,20%	57,6	10,90%
<i>Embalagem longa vida</i>	1,8	0,40%	4	0,80%	4,6	0,90%
<i>Embalagem Pet</i>	0,8	0,20%	2,4	0,50%	1,6	0,30%
<i>Isopor</i>	1,6	0,30%	1,8	0,30%	2,4	0,50%
<i>Plástico mole</i>	39,8	8,70%	29,8	5,70%	35,8	6,80%
<i>Plástico duro</i>	25,4	5,50%	24,2	4,70%	28,2	5,30%
<i>Metais Ferrosos</i>	2,2	0,50%	7,6	1,50%	4,2	0,80%
<i>Pilhas e baterias</i>	0	0%	0,1	0%	0	0%
<i>Vidros</i>	3,8	0,80%	8,6	1,70%	15,6	3%
<i>Terra e Pedra</i>	20	4,40%	24,8	4,80%	16,6	3,10%
<i>Madeira</i>	5,2	1,10%	3,4	0,70%	2,4	0,50%
<i>Trapos e panos</i>	14	3%	28	5,40%	3	0,60%
<i>Diversos</i>	5,6	1,20%	24,6	4,70%	1,8	0,30%
<i>Alumínio</i>	0,8	0,20%	2,6	0,50%	2	0,40%
<i>Borracha</i>	0	0%	2,8	0,50%	0	0%
<i>Espuma</i>	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Fraldas e Modes</i>	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Sub-total</b>	454,0	98,80%	515,7	99,40%	519,2	98,50%
<b>Perdas no Processo</b>	5,448	1,20%	3,0942	0,60%	7,788	1,50%

Tabela 2.4: Análise gravimétrica dos resíduos do Jabaquara. Fonte: Ecourbis, 2011.

Média	31/01/2011		25/04/2011	
	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%
<b>Peso total da amostra</b>	429,4	100%	423,2	100%
<i>Matéria Orgânica</i>	238,2	55,50%	195,6	46,20%
<i>Papel, Papelão e Jornal</i>	38,6	9%	39,5	9,30%
<i>Embalagem longa vida</i>	3,6	0,80%	6	1,40%
<i>Embalagem Pet</i>	4,8	1,10%	5	1,20%
<i>Isopor</i>	1	0,20%	1,6	0,40%
<i>Plástico mole</i>	38,8	9%	59,8	14,10%
<i>Plástico duro</i>	37,6	8,80%	45,4	10,70%
<i>Metais Ferrosos</i>	1,8	0,40%	6,2	1,50%
<i>Pilhas e baterias</i>	0	0%	0	0%
<i>Vidros</i>	3	0,70%	10	2,40%
<i>Terra e Pedra</i>	8,4	2%	14,4	3,40%
<i>Madeira</i>	10,4	2,40%	2,2	0,50%
<i>Trapos e panos</i>	6,6	1,50%	4,6	1,10%
<i>Diversos</i>	13,2	3,10%	7	1,70%
<i>Alumínio</i>	1,4	0,30%	3	0,70%
<i>Borracha</i>	0	0%	1,4	0,30%
<i>Espuma</i>	0	0%	0	0%
<i>Fraldas e Modes</i>	18,4	4,30%	20,2	4,80%
<b>Sub-total</b>	425,8	99,10%	421,9	99,70%
<b>Perdas no Processo</b>	3,8322	0,90%	1,2657	0,30%

#### 2.1.4.2 Dados da Estação de Transbordo Vergueiro

- Administração e operação: concessionária EcoUrbis, conforme contrato 026/SSO – 04;
- Endereço: Rua Maestro João Batista Julião, 13 – Ipiranga.
- Capacidade de operação: 2.500 toneladas diárias de resíduos sólidos domiciliares.
- Descrição do funcionamento:
  1. Os caminhões coletores de resíduos sólidos domiciliares são pesados, em balanças de 30 ou 60 toneladas, e registrados.
  2. Os resíduos são descarregados no fosso de recepção.
  3. As carretas são carregadas com resíduos por pólipos de carga (garra) operada por um funcionário.
  4. Após carregadas, as carretas são cobertas por lona.
  5. A carreta é pesada e segue para o Aterro Sanitário (CDR – Pedreira).



### 2.1.4.3 Dados da Estação de Transbordo Santo Amaro

- Administração e operação: concessionária EcoUrbis, conforme contrato 026/SSO – 04;
- Avenida Miguel Yunes, 343 – Vila Sabará.
- Capacidade de operação: 3.000 toneladas diárias de resíduos sólidos domiciliares.
- Descrição do funcionamento:
  1. Os caminhões coletores de resíduos sólidos domiciliares são pesados, em balanças de 30 ou 60 toneladas, e registrados.
  2. Os resíduos são descarregados no fosso de recepção.
  3. O operador, através de pás-carregadeiras, carrega a carreta com resíduos domiciliares.
  4. Após carregadas, as carretas são cobertas por lona.
  5. A carreta é pesada e segue para o Aterro Sanitário (Caieiras).



(a) Transbordo Vergueiro



(b) Transbordo Santo Amaro

Figura 2.7: Vista aérea das Estações de Transbordo Vergueiro e Santo Amaro. [8]

### 2.1.4.4 Coleta Seletiva

Dá-se o nome de coleta seletiva de resíduos sólidos, à coleta de materiais com potencial de reciclagem (vidro, papel, metal e plástico). Em São Paulo, a coleta seletiva é realizada por cooperativas e empresas concessionárias e representa menos de 1% do volume de resíduos coletados. Os recicláveis não precisam ser separados por tipo, são deixados na porta das residências ou em Pontos de Entrega Voluntária (PEV).

São utilizados os seguintes equipamentos na coleta seletiva da cidade de São Paulo: gaiolas, compactadores, *muncks* ou *vucs*. Após a coleta, os resíduos recicláveis são encaminhados para centrais de triagem (cooperativas), onde são separados, prensados e armazenados. Posteriormente, essas cooperativas vendem este material para usinas de reciclagem ou empresas que utilizam esses materiais no seu processo de produção.

No bairro do Jabaquara, além das cooperativas, a empresa concessionária EcoÚrbis coleta os resíduos recicláveis porta a porta, uma vez por semana, em cada um dos seus nove setores de coleta seletiva. A esquematização desses setores está apresentada na figura 2.8.



Figura 2.8: Setores de coleta seletiva do bairro do Jabaquara. (fonte: Limpurb, 2011)

Segundo a Limpurb, a quantidade de resíduos coletados através da coleta seletiva, no mês de Janeiro de 2011, foi de 103,51 toneladas. A coleta seletiva é realizada no bairro do Jabaquara desde Outubro de 2004.

#### 2.1.4.5 Poda e Capina

De acordo com a Limpurb, são coletados, em média, 29 toneladas mensais de resíduos de poda e capina de áreas verdes na região da subprefeitura do Jabaquara.

## 3 Estudos Prévios

### 3.1 Compostagem de Resíduos Orgânicos

Os resíduos orgânicos utilizados na compostagem são classificados, de acordo com a NBR 10004:2004, como Classe II-a, ou seja, resíduos não perigosos que apresentam propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

A compostagem pode ser definida como um processo controlado de decomposição bio-oxidativa da matéria orgânica por micro-organismos autóctones, num ambiente úmido e aeróbio, com a liberação de dióxido de carbono, água, calor, nutrientes e matéria orgânica estabilizada, definida como composto. Um esquema simplificado do processo de compostagem está representado na figura 3.1.

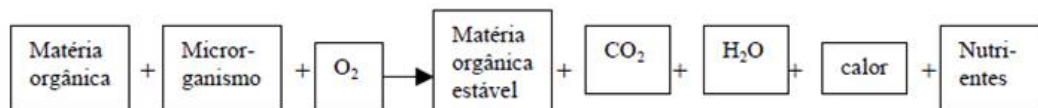


Figura 3.1: Esquema simplificado do processo de compostagem. [10]

Os principais micro-organismos degradantes da matéria orgânica são: as bactérias, os fungos e os actinomicetos. Estes micro-organismos são classificados de acordo com a temperatura ótima de desenvolvimento, são eles: os mesófilos (15°C – 45°C, com temperatura ótima entre 25 a 40°C) e termófilos (25°C – 85°C, com temperatura ótima entre 50 a 55°C).<sup>1</sup>

#### 3.1.1 Vantagens da Compostagem

- Aumento da vida útil do aterro sanitário;
- Possível redução dos custos de transporte de resíduos até os aterros;

<sup>1</sup>Fonte: Institute for solid wastes of American Public Works Association, 1970.

- Reaproveitamento de resíduos;
- Redução da emissão de gás metano;
- Redução da geração de lixiviado;
- Redução dos custos de implantação e operação de sistemas para o tratamento de chorume.

### 3.1.2 Desvantagens da Compostagem

- Possibilidade de geração de maus odores na vizinhança;
- Possibilidade de escoamento de chorume;
- Custos de Implantação, operação e manutenção; e
- Restrições: falta de mão de obra qualificada, falta de bons projetos, falta de incentivos governamentais, falta de mercado para o composto produzido.

Porém, é possível que com a implementação da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos estas restrições diminuam.

### 3.1.3 Fases da Compostagem

Para a concepção da usina de compostagem em estudo, é fundamental o entendimento das fases da compostagem. Há dois processos básicos na compostagem, o de biodegradação e o de humificação (ver figura 3.2). [10]

No começo do primeiro processo, há um grande crescimento dos micro-organismos mesófilos. Devido à liberação de calor no processo de biodegradação, a temperatura da leira aumenta, a população de mesófilos diminui e a de micro-organismos termófilos (extremamente ativos) aumenta, provocando uma rápida degradação da matéria orgânica e elevando ainda mais a temperatura da leira, fato que elimina a maioria dos micro-organismos patogênicos.

De acordo com a diminuição do substrato orgânico, a atividade global diminui, levando a uma redução da temperatura e a consequente restrição da população termófila e o novo crescimento do número de micro-organismos mesófilos, dando início ao processo de humificação.

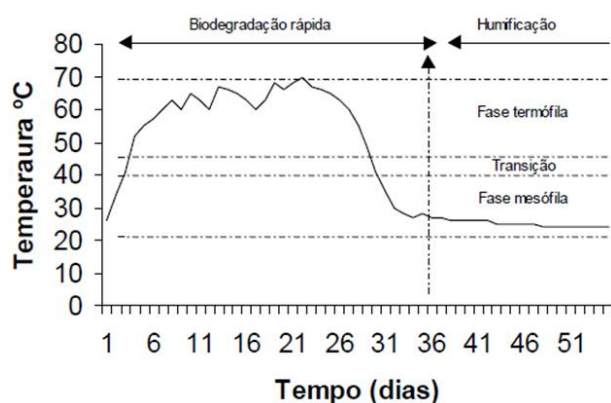


Figura 3.2: Exemplo genérico da evolução da temperatura de uma leira de compostagem. [10]

Ao final do processo de biodegradação, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foram transformadas, o composto apresenta odor agradável e houve sensível redução de volume deste material compostado. A fase de maturação ocorre em temperatura ambiente e com predominância de transformações de ordem química, fazendo com que o composto adquira as desejáveis propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas. Após o processo de compostagem, o resíduo tem seu volume reduzido na ordem de 40 a 50% [31].

### 3.1.4 Parâmetros do Processo

Ressalta-se que só será produzido um bom composto e serão minimizados os impactos ambientais negativos se alguns parâmetros fundamentais forem controlados adequadamente. Tais parâmetros interferem na atividade dos micro-organismos e conseqüentemente no processo de compostagem. São eles: umidade, aeração, temperatura, relação carbono-nitrogênio (C/N), granulometria, pH.

#### 3.1.4.1 Umidade

A umidade é essencial para o desenvolvimento de qualquer ser vivo, na compostagem não é diferente, os micro-organismos decompositores necessitam de água para realizarem suas atividades.

No processamento do material, a umidade ideal é de 55%, praticamente a mesma que os resíduos domiciliares possuem, o que demonstra uma vantagem da compostagem desse tipo de resíduo. Umidades superiores a 60% podem gerar zonas de anaerobiose dentro da

leira e umidades inferiores a 40% reduzem significativamente a atividade biológica.

A umidade deve ser monitorada e o seu controle é realizado desde a escolha da composição dos resíduos que formarão o composto, até pelo revolvimento ou aeração das leiras (se houver excesso de umidade) ou por irrigação (se houver falta de umidade).

#### **3.1.4.2 Aeração**

A partir da definição de compostagem apresentada neste trabalho, verifica-se que a presença de oxigênio é fator limitante para a degradação da matéria orgânica, se uma boa aeração for mantida, um processo rápido e eficiente será obtido.

Dependendo do sistema de compostagem, a forma de geração da aeração pode variar. Nos sistemas de leiras revolvidas, o revolvimento produz a aeração; já nas leiras estáticas aeradas, os dutos de ventilação injetam ar dentro da leira.

#### **3.1.4.3 Temperatura**

A figura 3.2 ilustra o que ocorre durante a compostagem. A fase mesófila ocorre entre 20°C e 45°C, já a fase termófila acontece com maior intensidade a partir de 45°C, sendo o ideal mantê-la entre 55°C e 65°C.

A temperatura é um fator de fácil medição e um indicador da qualidade do processo. Se, no segundo ou terceiro dia, a leira apresentar temperatura entre 40°C e 60°C, isso significa que o ecossistema está bem equilibrado, se não, é indicação de que algum ou alguns dos outros parâmetros não foram respeitados.

Do ponto de vista do saneamento, a temperatura também é importante, pois temperaturas acima de 65°C eliminam a maioria dos organismos patogênicos. Porém, não se deve manter a temperatura das leiras acima dos 70°C durante muito tempo, pois acima desta temperatura ocorre uma diminuição da atividade microbiológica e o ciclo de compostagem fica mais longo.

O controle da temperatura é feito pelo revolvimento ou aeração do composto, ou pela diminuição da altura das leiras.

#### **3.1.4.4 Relação Carbono-Nitrogênio**

Os micro-organismos necessitam de carbono como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas. Segundo Kiehl, os micro-organismos absorvem carbono e nitro-

gênio da matéria orgânica sempre na relação 30/1, sendo que 2/3 do carbono são eliminados na forma de dióxido de carbono, e 1/3 é imobilizado e incorporado no protoplasma do micro-organismo.

A relação C/N serve como indicador de fases. No início da compostagem, a relação C/N ideal é entre 25 a 35, já no final do processo, a relação C/N estará em torno de 10. Se no início do processo a relação C/N for elevada (acima de 50) ou baixa (menor que 15), o tempo de compostagem será maior.

Os materiais orgânicos possuem diferentes relações entre carbono e nitrogênio; e para acertar a relação C/N é necessário calcular a proporção de cada material, de forma que a mistura, disposta em leiras, obedeça à relação C/N ideal.

#### 3.1.4.5 Granulometria

A granulometria influencia grandemente no processo de compostagem, pois quanto menor é o tamanho da partícula, maior é a área superficial exposta à atividade dos micro-organismos decompositores. Porém, a falta de espaços intersticiais pode prejudicar a circulação de oxigênio.

As dimensões ideais das partículas de resíduos sólidos orgânicos podem estar compreendidas entre 1 e 5 cm [11] ou 2,5 e 7,5 cm [10]. Pode-se obter essas dimensões a partir da trituração dos resíduos.

#### 3.1.4.6 pH

No início da compostagem, na fase mesófila, há uma redução no valor do pH, devido à produção de ácidos orgânicos. Já na fase termófila, ocorre a hidrólise das proteínas e liberação de amônia provocando uma elevação do pH. É de conhecimento geral que em níveis de pH muito baixos ou muito altos, há redução ou inibição da atividade microbiana. Os micro-organismos se desenvolvem melhor em pH neutro, em torno de 7, e pode ser monitorado com o uso de um potenciômetro ou azul de bromotimol.

## 3.2 Usina de Compostagem

A figura 3.3 ilustra um esquema básico de funcionamento de uma usina de compostagem. A usina recebe o resíduo bruto, pré-processa esse resíduo e realiza o processo de compostagem propriamente dito, que é a biodegradação da matéria orgânica. [12]

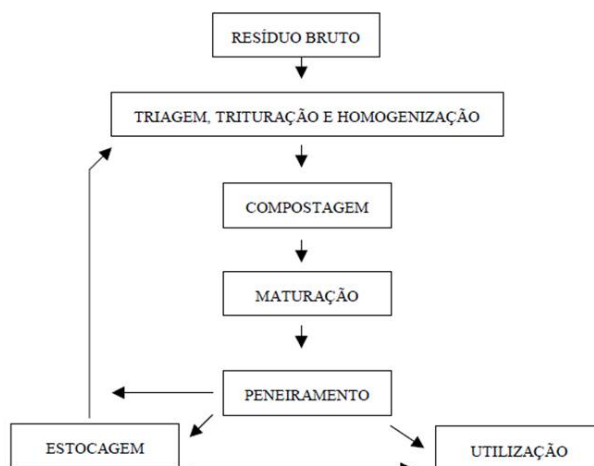


Figura 3.3: Fluxograma típico de um processo de compostagem. [12]

Após a compostagem, temos a maturação, o peneiramento do composto produzido e sua utilização ou estoque para posterior venda/uso.

A seguir, apresentaremos alguns sistemas de compostagem, que versam apenas sobre a fase de compostagem (biodegradação) da usina.

### 3.2.1 Sistemas de Compostagem

Atualmente, os principais sistemas de compostagem são: sistema de leiras revolvidas (*Windrow*), sistema de leiras estáticas aeradas (*static pile*), sistema fechado ou acelerado ou reator biológico (*in-vessel*) e leiras revolvidas aceleradas com biotecnologia.

#### 3.2.1.1 Sistemas de Leiras Revolvidas (*Windrow*)

A mistura de resíduos é disposta em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão do ar na massa do composto. A altura das leiras e o espaçamento entre elas são determinadas em função das características do equipamento que fará o revolvimento. De acordo com Kiehl, o tempo para atingir a bioestabilização varia entre 30 a 60 dias, e de 90 a 120 dias para atingir a humificação. A mistura e o revolvimento do composto podem ser realizados pelos seguintes equipamentos:

- Revolvedores tracionados por tratores agrícolas;
- Compostadores auto-propelidos que se deslocam sobre a leira e realizam o revolvi-



mento do composto<sup>2</sup>; e

- Pás carregadeiras convencionais, cuja eficiência é menor.

E é papel do revolvimento:

- Aerar a massa de resíduos em compostagem;
- Aumentar a porosidade do meio, que sofre uma compactação natural devido ao peso próprio;
- Homogeneizar a mistura;
- Expor as camadas externas às temperaturas mais elevadas do interior da leira, melhorando a eficiência da desinfecção;
- Em alguns casos, reduzir a granulometria dos resíduos;
- Diminuir o teor de umidade do composto.

#### 3.2.1.2 Sistema de Leiras Estáticas Aeradas (*Static Pile*)

A mistura a ser compostada é colocada sobre tubulações perfuradas que injetam ou aspiram o ar na massa do composto, não havendo revolvimento mecânico das leiras.

A aeração deve ser fornecida por um soprador industrial e as leiras podem ser cobertas com lonas ou com uma camada de aproximadamente 5 cm de resíduo estruturante, com o objetivo de proteger o composto de chuvas, de ressecamento superficial e de vetores, além de promover a elevação da temperatura interna das leiras.<sup>3</sup>

#### 3.2.1.3 Sistemas Fechados, Acelerados ou Reatores Biológicos (*in-vessel*)

Os sistemas fechados variam de acordo com as características do projeto (demanda de resíduos, o tipo de processo utilizado e a disponibilidade de recursos humanos e financeiros) e permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem. Eles podem ser feitos de diversas maneiras, porém após a execução da obra, dificilmente serão possíveis mudanças futuras.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup>O sistema pode está apresentado na seção B.2, nos anexos (página 127).

<sup>3</sup>Um esquema do sistema está apresentado na seção B.2, nos anexos. (página 127)

<sup>4</sup>O sistema está representado na seção B.2, nos anexos (página 128).

Os principais tipos de reatores são: reator de fluxo vertical, reator de fluxo horizontal e reator de batelada. Em São Paulo, na Vila Leopoldina e em São Mateus, foi utilizado o sistema DANO que, segundo Massukado, possui cilindros rotativos, com aproximadamente 3 m de diâmetro e 35 m de comprimento, girando a uma velocidade baixa de rotação a fim de homogenizar o material. O tempo de detenção da matéria orgânica depende da velocidade de rotação e da inclinação do equipamento; após este tempo, obtém-se um subproduto que precisa ser maturado. As experiências foram mal sucedidas, devido à baixa qualidade do composto produzido, ocasionado pela falta de segregação dos resíduos na fonte geradora e pelo tempo insuficiente que o composto ficava dentro do reator. Com isso, o composto gerado era vendido a baixos preços e as operações das usinas foram inviabilizadas economicamente.

#### **3.2.1.4 Sistemas de Leiras Revolvidas Aceleradas com Biotecnologia**

Esse tipo de sistema é uma variante do sistema de leiras revolvidas. Nele são utilizados enzimas e micro-organismos (fungos, bactérias e leveduras) não patogênicos e sem modificação genética para acelerar o processo de compostagem.

A tecnologia é recente e não muito conhecida, mas mesmo com a desconfiança existente por parte da comunidade acadêmica com o uso de “aceleradores de compostagem”, neste projeto será considerada a experiência de trabalho da OrganoSolví, que, atualmente, possui 7 unidades de tratamento espalhadas pelos estados de São Paulo, Paraná, Espírito Santo e Mato Grosso do Sul processando 15,5 mil toneladas por mês e ainda continua em crescimento.

Neste sistema são selecionados os micro-organismos que melhor degradem o resíduo desejado. Por isso, em cada tipo de resíduo (lixo urbano, bovinocultura, cascas de cereais, entre outros) são utilizados micro-organismos em diferentes concentrações.

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte forma:

1. Os resíduos orgânicos são dispostos em leiras no pátio de compostagem;
2. Aplicação de uma solução contendo micro-organismos sobre as leiras;
3. Biodegradação através de quatro etapas simultâneas: humificação, nitrificação, solubilização e esterilização;
4. Revolvimento das leiras a cada três dias; e



Figura 3.4: Aplicação de solução contendo microorganismos na leira de compostagem. Fonte: Organosolví.



Figura 3.5: Resultados das diferentes adubações do solo. Fonte: Organosolví.

##### 5. Beneficiamento do composto.

No sistema de leiras aceleradas com biotecnologia, o tempo de compostagem é reduzido drasticamente, enquanto o método natural dura entre 3 a 6 meses, esse sistema dura aproximadamente 20 dias; durante 24h, a temperatura no interior das leiras atinge 100°C, matando os micro-organismos patogênicos. Ao final do processo é produzido um fertilizante orgânico. As figuras 3.5 e 3.6 apresentam produtos agrícolas cultivados em solos que receberam diferentes adubos, sendo que os orgânicos apresentaram melhores desempenhos.

### 3.2.2 Beneficiamento do Composto

Sabe-se que a qualidade do composto é muito importante para o comprador, sendo que o aspecto visual do composto é um dos principais fatores considerado pelo consumidor. Algumas operações de beneficiamento do composto: secagem, moagem, peneiramento e granulação, apresentadas a seguir, podem ser feitas com o objetivo de melhorar a qualidade e o aspecto visual do produto acabado.



Figura 3.6: Resultados das diferentes adubações do solo. Fonte: Organosolví.

#### 1. Secagem

O composto curado passa por um forno tubular rotativo que diminui o seu teor de umidade, com o objetivo de atender a legislação (teor de umidade inferior a 40%), facilitar o peneiramento, a moagem e o armazenamento do composto, evitando, respectivamente, a formação de bolotas que entopem os furos da peneira, o empastamento no interior do moinho requerendo motores com maiores potências e sua putrefação e lixiviação nas pilhas de estocagem.

#### 2. Moagem

É utilizada uma moega para reduzir a granulometria do composto a categoria de pó ou farelado, ou um triturador para obtenção do farelado grosso (conforme a figura A.5 do Anexo A.3, página 110).

A moagem também é realizada para reduzir a granulometria de inertes melhorando a aparência do composto.

#### 3. Peneiramento

Etapa mais importante do beneficiamento, onde o composto passa por uma peneira preferencialmente rotativa que tem por finalidade uniformizar a granulometria do fertilizante de acordo com a legislação (ver figura A.5 do Anexo A.3, página 110) e com o produto desejado pela usina. O teor de umidade recomendado para um bom peneiramento é de 30%.

#### 4. Granulação

O composto passa por um granulador rotativo cilíndrico, recebendo finos jatos de água. Após granulado, o composto passa por um secador, que retira o excesso de umidade e depois por um resfriador, para retirada de calor. Os grânulos resfriados

devem ser peneirados, de acordo com a legislação (conforme figura A.5 do Anexo A.3, página 110) e podem ser ensacados.

### 3.2.3 Armazenamento do Composto

A demanda de composto é maior próximo ao início do período de safra, por isso é importante a estocagem do composto para que se possa vendê-lo a um preço maior no pico de demanda. O armazenamento do composto pode ser realizado das seguintes maneiras:

- Em leiras, no pátio de compostagem:
  - Método de estocagem barato, mas o composto fica exposto à chuva que pode lixiviar os seus nutrientes, ao sol, ao vento, às aves e à germinação de plantas;
- Em galpões abertos, na forma de pilhas:
  - O fertilizante orgânico estará protegido da chuva, mas ainda estará sujeito à ação do vento e aves;
- Em galpões fechados, na forma de pilhas:
  - O composto ficará isolado das intempéries e visitação de aves;
- Ensacamento do composto:
  - O fertilizante orgânico deve ter umidade abaixo de 20% para não danificar a embalagem e não entrar em processo de putrefação;
  - O composto ensacado tem um custo mais elevado e possui maior flexibilidade para uso pelo agricultor.

### 3.2.4 Análise do Composto

O responsável técnico pela usina de compostagem deve ter o controle do processo e produzir um fertilizante orgânico com as características desejadas pelo consumidor. O conhecimento da qualidade do composto produzido é obtido através da coleta de amostras do composto e da análise laboratorial dos seus seguintes parâmetros (KIEHL 2010):

- Índice pH;
- Densidade do fertilizante orgânico;

- Teor de umidade;
- Quantidade e presença de inertes;
- Carbono orgânico;
- Capacidade de troca catiônica (CTC);
- Nitrogênio;
- Relação carbono/nitrogênio; e
- Concentração de nutrientes (fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre).

### **3.3 Legislação e Licenciamento Ambiental**

Segundo consultas à legislação, majoritariamente presente no Anexo A.4<sup>5</sup>, o composto é enquadrado conforme o uso e a produção em: fertilizante, corretivo, inoculante ou biofertilizante. De acordo com o tipo de uso, o composto deve obedecer o Decreto nº 4.954, de 2004 (que regulamentou a Lei Nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980) e a instrução normativa que dispõe sobre tal. A IN SDA Nº 25/2009 versa sobre os fertilizantes orgânicos, a IN SDA Nº 35/2006 dispõe sobre os corretivos e condicionadores de solo, a IN MAPA Nº 05/2007 dispõe sobre os fertilizantes minerais, a IN SARC Nº 14/2004 versa sobre os substratos para plantas, a IN SARC Nº 05/2004 dispõe sobre os inoculantes e a IN SDA Nº 27/2006 estabelece limites máximos de contaminantes em fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes produzidos e/ou comercializados.

De acordo com a CETESB [30], “o licenciamento ambiental prévio de empreendimentos potencial ou efetivamente causadores de degradação ambiental deve ser realizado com base em estudos ambientais (EIA, RAP ou EAS), definidos pelas Resoluções CONAMA 01/86, 237/1997 e Resolução SMA 54/2004. O Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental da Diretoria de Tecnologia, Desenvolvimento e Avaliação Ambiental, da CETESB, é responsável pela análise desses estudos e elaboração dos pareceres técnicos que subsidiam o licenciamento com avaliação de impacto ambiental. O pedido de Licença Prévia das atividades / empreendimentos que constituem fonte de poluição, (Decreto Estadual 47.397/2002), consideradas potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente, será dirigido também ao Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental, com apresentação de RAP ou EIA/RIMA.” Sendo este o caso de usinas de compostagem

---

<sup>5</sup>Maiores informações dessa pesquisa podem ser vistas na seção A.3 dos anexos (página 105).

com produção diária acima de 100 toneladas, já para produções diárias entre 10 e 100 toneladas, os documentos para o licenciamento são mais simples.

A resolução SMA 51, de 25 de junho de 1997 traz: “*Dispõe sobre a exigência ou dispensa de Relatório Ambiental Preliminar - RAP para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios.*”

*Artigo 3º Para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem que operem com quantidades superior a 25 toneladas por dia de resíduos sólidos domésticos, assim como para os demais sistemas de tratamento e disposição de resíduos sólidos domésticos, industriais e de resíduos de serviços de saúde e outros, o processo de licenciamento deverá seguir os critérios estabelecidos pela Resolução SMA nº 42/94, ou seja, solicitação de Licença Prévia, instruída de RAP, com requerimento apresentado à Cetesb.”*

### 3.4 Aspectos Mercadológicos da Usina de Compostagem

Os principais quesitos geradores de renda para a usina de compostagem serão: o preço pago pelo cliente para dispor e tratar seus resíduos orgânicos na usina e o preço de venda do composto orgânico. Nos itens seguintes, o assunto será discutido com maior clareza.

#### 3.4.1 Recepção e Tratamento de Resíduos Compostáveis

A versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, de setembro de 2011, traz algumas informações importantes de estudos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Ministério das Cidades, apresentadas na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Valor contratual médio para disposição em aterro sanitário. SI: sem informação. Fonte: tabela 10, PNRS - versão preliminar.

<b>Valor contratual médio para disposição em aterro sanitário</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
	<b>R\$/t</b>	<b>R\$/t</b>	<b>R\$/t</b>	<b>R\$/t</b>	<b>R\$/t</b>	<b>R\$/t</b>
<i>Todas operadoras</i>	19,79	21,83	25,40	30,71	30,63	41,37
<i>Empresa privada</i>	21,06	21,83	26,34	32,11	29,59	43,60
<i>Prefeitura ou SLU</i>	16,63	SI	8,47	23,04	42,27	20,02
<i>Consórcio</i>	SI	SI	15,85	17,25	37,27	46,16
<i>Outro</i>	SI	SI	SI	SI	37,01	39,60

“*Com relação ao estrato populacional tem-se que o custo de disposição final em aterro sanitário para os municípios de pequeno porte, em 2008, foi de R\$ 54,25/t, enquanto para*

os de médio porte foi de R\$ 35,46/t e os de grande porte R\$ 33,06/t. Como esperado, o custo (R\$/t) tende a diminuir conforme se aumenta a escala” (PNRS - versão preliminar).

Sendo São Paulo a maior cidade do país, considera-se que mesmo que se a usina de compostagem doasse o composto, no ano de 2013 ela teria um faturamento de R\$ 38,33 por tonelada de resíduo domiciliar recebido e tratado, considerando o preço de R\$ 33,06 mais um incremento de 3% ao ano, adotado pelo grupo. Uma explicação mais detalhada sobre o valor considerado pode ser conferida na seção 6.2.

O preço pago por grandes geradores será maior, pelo fato de que poderão obter uma valorização das suas marcas através do marketing ambiental e, além disso, também devem ser acrescentados os custos de coleta pagos por eles. Porém, como não foi possível a elaboração do roteamento, serão comparados apenas os custos relacionados à disposição final.

### 3.4.2 Fertilizantes Orgânicos e Minerais

A produtividade do solo depende, basicamente, de três fatores: clima, propriedades físicas e propriedades químicas. O clima varia de acordo com a localização geográfica do produtor. Já as propriedades físicas e químicas podem ser melhoradas com o uso de fertilizantes orgânicos e corretivos.

Os fertilizantes minerais, muito utilizados no mercado, possuem alta concentração e solubilidade de nutrientes que são utilizados para promover o crescimento de plantas, enquanto os fertilizantes orgânicos contêm nutrientes em menor concentração, grande quantidade de matéria orgânica e sais minerais que melhoram a qualidade do solo. Atualmente, existem fertilizantes organominerais que reúnem as vantagens dos fertilizantes orgânicos e minerais.

### 3.4.3 Valoração do Composto Produzido pela Usina

De acordo com o instituto CEMPRE, o composto orgânico é valorado entre R\$ 100,00/ton e R\$ 150,00/ton. Porém, em outros sites de anúncios como o <http://www.mfrural.com.br/>, pode-se notar que esse valor se refere ao fertilizante orgânico classe “A”.

A tabela 3.2 apresenta o valor dos compostos orgânicos produzidos, em 2005, em algumas usinas de compostagem do Estado de São Paulo. A partir dessa tabela, conclui-se



que o valor médio considerando o desvio padrão era de, aproximadamente, R\$ 22,00/tonelada. Para este cálculo, os compostos doados foram desconsiderados, assim como os dados indisponíveis e variáveis.

Tabela 3.2: Preço do composto obtido nas usinas de compostagem do Estado de São Paulo (2005). Fonte: adaptado de BARREIRA, 2005.

<b>Municípios</b>	<b>Preço / Tonelada (R\$/ton)</b>
<i>Adamantina</i>	20
<i>Assis</i>	Doação
<i>Bocaina</i>	220
<i>Garça</i>	30
<i>Itatinga</i>	Doação
<i>Martinópolis</i>	30
<i>Oswaldo Cruz</i>	25
<i>Parapuã</i>	10
<i>Presidente Bernardes</i>	Indisponível
<i>São José dos Campos</i>	20
<i>São José do Rio Preto</i>	40
<i>São Paulo</i>	Variável
<i>Tarumã</i>	35
<i>Uru</i>	30
<b>Média</b>	46
<b>Desvio Padrão</b>	61,73

Entretanto, a maioria dessas usinas recebe resíduos sem segregação na origem, obtendo assim um composto de má qualidade. Diferentemente do que ocorre nessas usinas pesquisadas por Barreira (2005), a usina de compostagem projetada pelo grupo considera um cenário no qual a população está conscientizada e fará o descarte seletivo dos resíduos compostáveis, evitando assim a contaminação com metais pesados e organismos patogênicos, produzindo-se um composto orgânico com maior qualidade.

### 3.4.4 Aplicações do Composto

O composto curado, aquele obtido através da biodegradação e maturação completa, possui diversas aplicações:

- Olericultura: produção de legumes e hortaliças;
- Agricultura intensiva: produção de milho, trigo, etc;
- Viveiros de plantas;
- Jardinagem;
- Fruticultura;

- Campos de futebol ou golfe;
- Parques públicos e praças;
- Cobertura de aterros sanitários; e
- Recuperação de áreas degradadas.

### 3.4.5 Qualidade do Composto

A usina pretende produzir um fertilizante orgânico que atenda a legislação apresentada no anexo A.3, principalmente às especificações granulométricas, às especificações dos fertilizantes orgânicos simples e às especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos da IN SDA/MAPA 25/2009; e aos limites de contaminantes permitidos nos fertilizantes orgânicos, segundo a IN SDA N<sup>o</sup> 27/2006.

Na tabela 3.3 são apresentados os principais parâmetros para análise do composto maturado, colecionados por KIEHL (2010).

Tabela 3.3: Principais parâmetros para composto maturado. Fonte: KIEHL, 2010.

<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>
<b>Umidade</b>		<b>Fósforo</b>	
<i>Entre 15 e 25%</i>	Ótimo	<i>Abaixo de 0,5%</i>	Baixo
<i>Entre 26 e 40%</i>	Bom	<i>Entre 0,6 e 1,5%</i>	Médio
<i>Acima de 41%</i>	Indesejável	<i>Acima de 1,6%</i>	Alto
<b>Índice pH</b>		<b>Cálcio</b>	
<i>Abaixo de 6,0</i>	Indesejável	<i>Abaixo de 1,5%</i>	Baixo
<i>Entre 6,1 e 7,5</i>	Bom	<i>Entre 1,6 e 3,0%</i>	Médio
<i>Acima de 7,6</i>	Ótimo	<i>Acima de 3,1 %</i>	Alto
<b>Relação C/N</b>		<b>Magnésio</b>	
<i>Entre 8/1 e 12/1</i>	Ótimo	<i>Abaixo de 0,5%</i>	Baixo
<i>Entre 13/1 e 18/1</i>	Bom	<i>Entre 0,6 e 1,2%</i>	Médio
<i>Acima de 21/1</i>	Indesejável	<i>Acima de 1,3%</i>	Alto
<b>Nitrogênio total</b>		<b>Enxofre</b>	
<i>Entre 1,0 e 1,2%</i>	Baixo	<i>Abaixo de 0,2%</i>	Baixo
<i>Entre 1,3 e 1,4%</i>	Médio	<i>Entre 0,3 e 0,5%</i>	Médio
<i>Acima de 1,5%</i>	Alto	<i>Acima de 1,2%</i>	Alto

### 3.4.6 Potenciais Clientes

De acordo com as aplicações do composto e com o intuito de produzir um fertilizante orgânico com boa qualidade, conclui-se que os prováveis clientes serão:

- Agricultores;

- Prefeitura de São Paulo; e
- Empresas de jardinagem e de recuperação de áreas degradadas.

Nota-se que o desenvolvimento de mercado acontece ao longo do tempo, pois o cliente local não possui o hábito de consumir o composto. Porém, com os incentivos da PNRS e com a demonstração ao futuro cliente de que o fertilizante orgânico produzido é de boa qualidade, as vendas tendem a aumentar.

## 3.5 Geradores

Conforme visto no capítulo anterior, os resíduos produzidos no bairro já têm uma destinação definida. Porém, também é importante verificar a sua origem. Para isso foi realizado o levantamento de pontos diversos do bairro, tais como escolas, praças públicas e áreas verdes, mercados, feiras livres etc., a fim de obter informações necessárias para a execução do trabalho.

### 3.5.1 Metodologia

Para realizar tal levantamento, foram utilizados os softwares gratuitos Google Earth [16]<sup>6</sup> e o Google Street View[17]. O número total de pontos levantados foi de mais de 260 (107 escolas e creches; 5 floriculturas; 14 regiões de feiras livres; 59 restaurantes, lanchonetes e afins; 9 supermercados e varejos; e 70 pontos de áreas verdes e praças públicas), que estão apresentados na figura 3.7.<sup>7</sup>

As localizações dos pontos de escola foram obtidas por meio do site da Secretaria de Estado da Educação do estado de São Paulo, [18] juntamente com um sistema de informações geoespaciais do próprio site da prefeitura. [19] Este sistema também foi utilizado para o levantamento de locais de feiras livres e alguns pontos de comércio.

Para os pontos de escola foi feito um ajuste fino utilizando o Google Street View, a fim de se observar se as escolas ainda existiam no local descrito no site. Tal ajuste provou ser bastante útil, pois cerca de 10 pontos se enquadraram como não-existentes ou por serem simplesmente escolas que não deveriam estar na rede de ensino do estado, como por exemplo escolas de massagem. Tais pontos foram marcados como um círculo vermelho no mapa.

---

<sup>6</sup>Versão do programa: 6.0.3.2197.

<sup>7</sup>Os pontos demarcados isoladamente podem ser vistos na seção B.1, nos anexos (página 126).

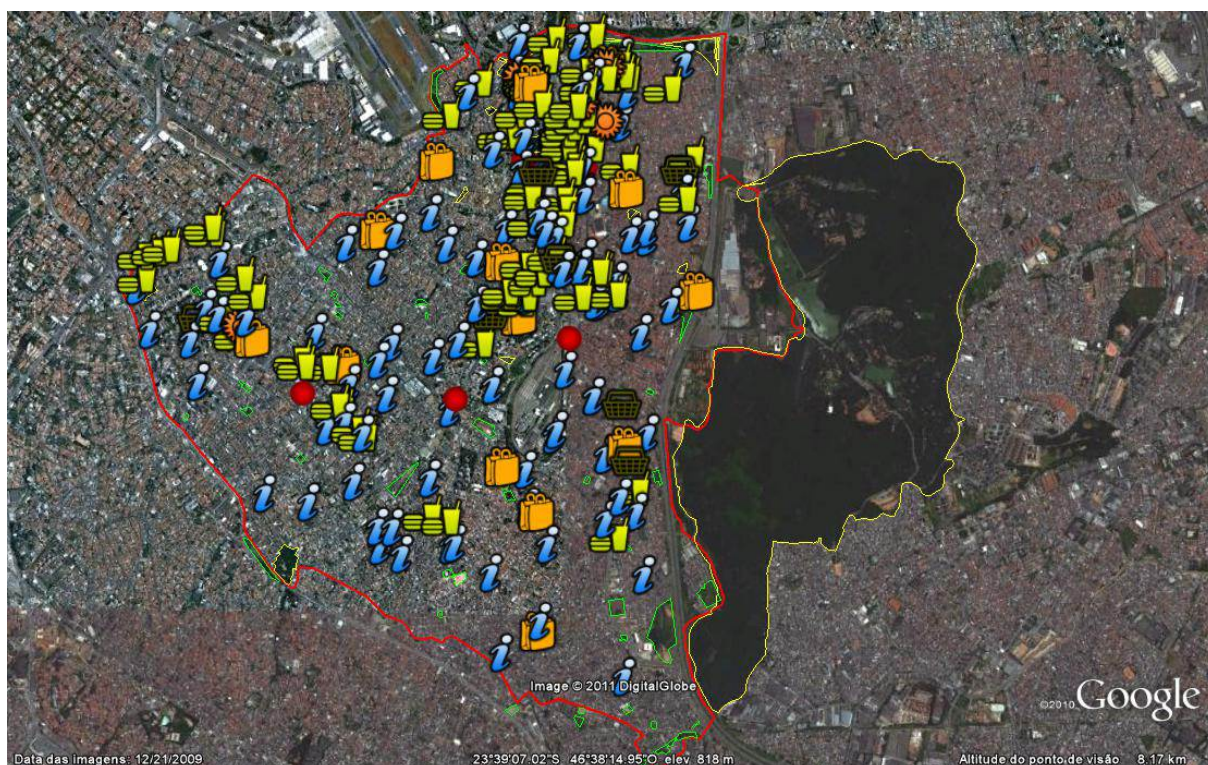


Figura 3.7: Pontos levantados no mapa do Google Earth da região do Jabaquara. Ao total foram 264 pontos demarcados.

A não-existência de algumas escolas pode ser explicada pelo fato dos mapas do Google Street View serem de 2010 enquanto que as informações do site são atualizadas a cada ano. As escolas foram classificadas de acordo com a descrição no site.

Posteriormente aos pontos de escolas, foram obtidos os locais onde eram realizadas as feiras livres do bairro. Para tanto, utilizou-se o site da prefeitura para a obtenção dos dias e endereços onde tais feiras ocorriam. [19] [20] É importante ressaltar que em [19] os dados eram de 2006, o que refletiu na tomada de alguns dados, pois neste site a feira Vila Babilônia ainda existia, o que foi desconfirmado no site [20].

Neste levantamento foram considerados apenas os grandes geradores, tais como restaurantes, lanchonetes, bares, mercados, supermercados e afins. Como não havia um site oficial da prefeitura sobre estes estabelecimentos, muitos foram os sites utilizados para esta busca<sup>8</sup>, sendo que nenhum deles possuía toda a informação necessária, daí a necessidade de acessar tantas páginas diferentes. Para esta etapa não foi feito o ajuste fino, dado a quantidade de pontos que deveriam ser verificados.

É interessante notar que o mapeamento feito pelo software não é totalmente preciso,

<sup>8</sup>São eles: [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28] e [29].

sendo que uma das principais falhas foi o erro na numeração de uma das avenidas do bairro, a Avenida Engenheiro Armando de Arruda Pereira, onde o ponto indicado no mapa e o real chegam a distar de mais de 500 números um do outro. Como muitos pontos se encontravam nesta via, viu-se necessário realizar um levantamento sobre a correta numeração da avenida. Mais informações podem ser vistas na seção B.1, nos anexos.

### 3.5.2 Outros Geradores

Outros geradores importantes próximos ao bairro, porém fora da área considerada, são o Zoológico e o Zoo Safari, ambos administrados pela Fundação Parque Zoológico de São Paulo. Estes locais foram estudados, pois geram resíduos orgânicos estruturantes e de alta qualidade, entretanto já contam com uma UPCO (Unidade de Produção de Composto Orgânico). Mais informações são apresentadas na seção A.1, nos anexos (página 100).

## 4 *Análise dos Dados*

### 4.1 Premissas e Condições

Para que pudesse ser contemplado um projeto de forma factível, foram consideradas algumas premissas e condições, que serviram como delimitadoras dos parâmetros e características utilizados no trabalho. São elas:

- Não foi considerado o roteamento, pois os softwares disponíveis apresentaram limitações técnicas e ou econômicas que inviabilizaram sua aplicação no trabalho, além da necessidade de treinamento para o uso adequado dos mesmos. Foram consultados vários softwares, porém todos apresentaram alto custo de aquisição da licença;
- Foi considerado como realizado e concluído um programa de conscientização da população com respeito à separação dos resíduos orgânicos feita pelos próprios residentes;
- Para estimativa de geração de resíduos sólidos de todas as etapas do projeto, foi considerado que todos os grandes geradores, assim como a população, realizam a segregação correta dos resíduos orgânicos antes da coleta, consequentes de um programa de conscientização do descarte adequado e seletivo de resíduos;
- Para estimativa de geração de resíduos sólidos da segunda etapa (prédios residenciais), foi adotada a metodologia descrita no item 4.4.2;
- Foi considerado que 70% da população descartará os resíduos de forma correta, um paralelo com o Plano de Metas Favorável da versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Anexo A.4, página 119) que prevê uma redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros da ordem de 70%.

## 4.2 Divisão do Projeto

O sistema será projetado para um alcance de 20 (vinte) anos prevendo-se sua implantação em três etapas, sendo seu início em 2013 e seu final em 2032. É importante destacar que foi projetado um sistema para atender a 100% do potencial gerador dos grandes geradores e a 70% do potencial gerador da população do bairro.

### 4.2.1 Primeira Etapa

A primeira etapa compreenderá os cinco primeiros anos do projeto, em que serão feitas as coletas de resíduos compostáveis somente de grandes geradores. Esses grandes geradores são: áreas de feiras livres, supermercados, varejões, grandes restaurantes, escolas, creches, áreas verdes com poda e capina, etc. Nessa etapa a coleta será pontual, procurando varrer ponto a ponto todos os grandes geradores.

### 4.2.2 Segunda Etapa

Na segunda etapa, compreendendo os cinco anos seguintes (do ano 6 ao 10), além dos grandes geradores, será realizada a coleta de compostáveis também nas zonas mais verticalizadas e com maior concentração de condomínios residenciais.

### 4.2.3 Terceira Etapa

Na terceira etapa, que compreenderá os últimos dez anos, a coleta seletiva de resíduos compostáveis se estenderá por todo o bairro, procurando-se atender a todos os domicílios e grandes geradores do Jabaquara.

## 4.3 Estimativa Populacional

Para melhor atender o alcance do projeto de 20 anos e auxiliar na estimativa da geração de resíduos compostáveis desse período, foi desenvolvido um estudo do crescimento populacional do bairro do Jabaquara, cujo resultado pode ser visto na tabela 4.1 e no gráfico 4.1.

Foram utilizados dois métodos matemáticos: o geométrico e a curva logística, e a população considerada foi a média aritmética entre os métodos.

De acordo com este estudo, foi verificado um crescimento populacional médio de 0,18% ao ano, valor utilizado no cálculo do crescimento da geração de resíduos dos grandes geradores e da população do bairro, excluindo-se os condomínios residenciais que foi considerado uma taxa de crescimento de 0,2% ao ano, na geração de RSD, conforme descrito em 4.4.2.

Tabela 4.1: Projeção Populacional do Jabaquara.

<b>Ano</b>	<b>Curva Logística</b>	<b>Método Geométrico</b>	<b>População Considerada</b>
2013	221967	224177	223072
2014	222015	224982	223498
2015	222057	225790	223923
2016	222093	226600	224347
2017	222125	227414	224769
2018	222153	228230	225192
2019	222178	229049	225613
2020	222199	229872	226035
2021	222218	230697	226457
2022	222234	222234	226880
2023	222248	232356	227302
2024	222261	233191	227726
2025	222272	234028	228150
2026	222282	234868	228575
2027	222290	235711	229001
2028	229001	229001	229427
2029	222304	237406	229855
2030	222309	238259	230284
2031	222314	239114	230714
2032	222319	239973	231146

## 4.4 Estimativa da Geração de Resíduos Compostáveis no Jabaquara

A estimativa da geração de resíduos sólidos compostáveis no bairro do Jabaquara foi feita com base na projeção e crescimento populacional apresentados no item anterior, na geração per capita de resíduos domiciliares e no percentual de matéria orgânica apresentados nos parágrafos seguintes.



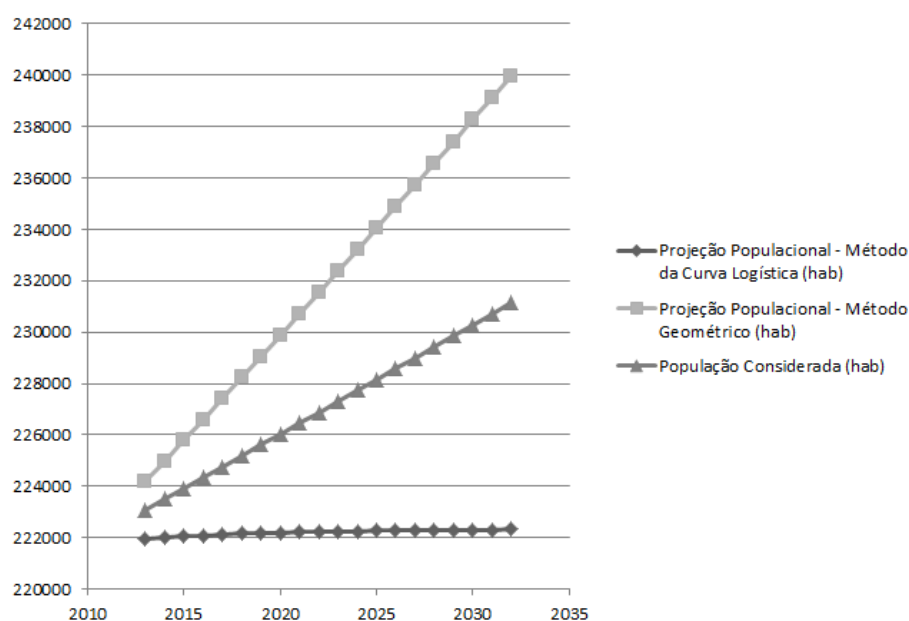


Figura 4.1: Projeção Populacional do Jabaquara.

Para realizar este estudo, foram abordados os geradores atendidos por cada etapa:

1. Os grandes geradores;
  - Escolas;
  - Restaurantes, lanchonetes, padarias e afins;
  - Supermercados;
  - Feiras livres.
2. Os prédios e condomínios residenciais;
3. Todo o bairro.

De acordo com o exposto nos itens 2.1.3 e 2.1.4, a população do Jabaquara em 2010 era de 221.780 habitantes e a geração de resíduos sólidos domiciliares, em Janeiro de 2011, foi de 6.610 toneladas; o que resulta em numa geração per capita de resíduos domiciliares de 0,96 kg/hab.dia. Segundo as concessionárias, no verão, ocorre uma maior geração de resíduos, portanto esta amostra deve estar até superestimada; além disso, a PNRS estimulará a minimização de geração de resíduos nos próximos anos. Portanto, considera-se com mais de 10% de segurança que a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares, utilizada no projeto, será de 1 kg/hab.dia.

A partir dos dados de análise gravimétrica da subprefeitura fornecidos pela concessionária EcoUrbis e apresentados no item 2.1.4, foi calculada a porcentagem média das

cinco amostras de resíduos (ver tabela 4.2). Com uma margem de segurança de 5,5%, foi considerado que 60% da massa de resíduos domiciliares é de matéria orgânica. Ressalta-se que essa composição pode mudar no futuro e o projeto deverá considerar essas alterações.

Tabela 4.2: Composição gravimétrica média dos resíduos do Jabaquara.

	Média (peso - kg)	Média (porcentagem)
<b>Peso total da amostra</b>	471,8	100,00%
<i>Matéria Orgânica</i>	270,36	56,88%
<i>Papel, Papelão e Jornal</i>	49,02	10,34%
<i>Embalagem longa vida</i>	4	0,86%
<i>Embalagem Pet</i>	2,92	0,66%
<i>Isopor</i>	1,68	0,34%
<i>Plástico mole</i>	40,8	8,86%
<i>Plástico duro</i>	32,16	7,00%
<i>Metais Ferrosos</i>	4,4	0,94%
<i>Pilhas e baterias</i>	0,02	0,00%
<i>Vidros</i>	8,2	1,72%
<i>Terra e Pedra</i>	16,84	3,54%
<i>Madeira</i>	4,72	1,04%
<i>Trapos e Panos</i>	11,24	2,32%
<i>Diversos</i>	10,44	2,20%
<i>Alumínio</i>	1,96	0,42%
<i>Borracha</i>	0,84	0,16%
<i>Espuma</i>	0	0,00%
<i>Fraldas e Absorventes</i>	7,72	1,82%
<b>Sub-total</b>	467,32	99,10%
<b>Perdas no processo</b>	4,2856	0,90%

### 4.4.1 Coleta de Dados e Estimativas dos Grandes Geradores

A tabela 4.3 ilustra a quantidade de resíduo gerado por tipo de grande gerador. A metodologia adotada na elaboração desta tabela foi a seguinte:

1. Levantou-se o número total de estabelecimentos por tipo de grande gerador;
2. Entrou-se em contato com diversos estabelecimentos em busca de informações;
3. Calculou-se um volume médio de resíduo gerado, por tipo de estabelecimento;
4. A partir do número de estabelecimentos e do volume médio gerado diariamente, obteve-se o volume total gerado por dia e o peso total, em massa;
5. Estimou-se a porcentagem de resíduos orgânicos gerados, por tipo de gerador, através dos resultados das pesquisas.

Os próximos itens apresentam uma descrição mais detalhada sobre a metodologia adotada nessas pesquisas e como foram obtidos os valores da tabela 4.3.

Tabela 4.3: Geração de resíduos conforme o tipo de gerador.

<b>Tipo de Gerador</b>	<b>Volume Médio (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Número de Geradores</b>	<b>Volume Total (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Peso Total (ton/dia)</b>	<b>% de Orgânicos</b>
<i>Escola</i>	1,073	99	106,229	31,869	60
<i>Supermercado</i>	1,263	9	11,368	3,410	90
<i>Restaurante</i>	0,420	45	18,918	5,675	90
<i>Pizzaria</i>	0,253	5	1,263	0,379	90
<i>Panificadora</i>	0,533	4	2,133	0,640	90
<i>Cafeteria</i>	0,120	5	0,600	0,180	90
<i>Feiras Livres</i>	-	-	-	1,767	90

#### 4.4.1.1 Escolas, Restaurantes e Supermercados

Para a obtenção desses dados, os estabelecimentos foram contatados via telefone, procurando-se obter as seguintes informações:

- Para escolas: quantidade de resíduo gerado por dia e número total de alunos;
- Para restaurantes: quantidade de resíduo gerado por dia e número de refeições servidas por dia;
- Para supermercados: quantidade de resíduo gerado por dia.

Os dados obtidos no estudo de geradores (seção 3.5.1) se mostraram muito úteis, pois nas descrições dos pontos também foram colocadas informações específicas dos locais, como o endereço e telefone, o que facilitou o processo de obtenção desses dados.

Uma descrição mais detalhada da metodologia e os resultados desse levantamento podem ser vistos nos itens seguintes.

**4.4.1.1.1 Escolas** Foram contatadas algumas escolas via telefone, principalmente aquelas que possuíam o número de alunos listado no site da prefeitura. [18] Com os dados de geração em mãos, uma média foi gerada a partir do seguinte método:

- Foi feita uma média de geração de resíduos em m<sup>3</sup> por aluno;
- O valor encontrado foi aplicado à todas as escolas cujos dados não foram possíveis de serem obtidos;
- Fez-se a soma e o total da geração de resíduos de escolas pode ser visto na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Geração de resíduos das escolas. Para a média, dados não-disponíveis foram desconsiderados.

<b>Escolas</b>	<b>Quantidade Diária</b>	<b>Alunos</b>	<b>Resíduos(m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>% de Orgânicos</b>
<i>Domingos Quirino Ferreira</i>	6 x 200L	1830	1,2	55
<i>Laís Amaral</i>	8 x 200L	900	1,6	-
<i>Maria Augusta de Moraes</i>	2 x 100L	1500	0,2	90
<i>Pérola Byington</i>	7 x 100L	700	0,7	-
<i>Marina Vieira de Carvalho</i>	15 x 200L	1100	3	-
<i>Geração Colégio</i>	8 x 60L	230	0,48	-
<i>Salvador Moya</i>	12 x 100L	1600	1,2	-
<i>Angelo Mendes De Almeida Dr.</i>	N/D	1255	1,369	-
<i>Heloísa Carneiro Profa.</i>	N/D	2077	2,266	-
<i>Montessori Santa Terezinha Colégio</i>	7 x 60L	190	0,42	-
<i>Ressureição Colégio</i>	60 x 100L (semana)	800	0,857	-
<b>Média</b>	1073,016 (diária)	1107	1,208	-

**4.4.1.1.2 Restaurantes** Os restaurantes também foram contatados por telefone e, além dos dados de geração, foi perguntado também a quantidade de refeições vendidas diariamente. Com isto, o método para os restaurantes foi o seguinte:

- Foi feita uma média de geração de resíduos em m<sup>3</sup> por refeição vendida;
- Os restaurantes foram classificados em quatro tipos: restaurantes, panificadoras, pizzarias e cafeterias;
- Para cada um desses tipos foi feita outra média, a fim de se poder estimar os valores dos estabelecimentos que não foram contatados;
- Fez-se a soma e o total da geração de resíduos de restaurantes pode ser visto nas tabelas 4.5 e 4.6.

Tabela 4.5: Geração dos resíduos dos restaurantes.

<b>Restaurantes</b>	<b>Quantidade diária</b>	<b>Pratos/dia</b>	<b>Resíduos(m<sup>3</sup>/dia)</b>
<i>Pura Gulla</i>	1000 L	500	1
<i>Belas Artes II</i>	3 x 100 L	200	0,3
<i>Restaurante Artes</i>	2 x 100L	70	0,2
<i>Saboroso De Mais</i>	6 x 60L	400	0,36
<i>Encontros Dos Amigos</i>	5 x 100L	rodízio	0,5
<i>Mimi Fast Food</i>	5 x 100L	500	0,5
<i>Casarao Marlene</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>Comandante Bony</i>	30L	250	0,03
<i>Disk Oriente</i>	1 x 30L	15	0,03
<i>Restaurante O Prato Bom</i>	4 x 100L	-	0,4
<i>Restaurante Aneto</i>	8 x 100L	600	0,8
<i>Choop Companhia</i>	5 x 100L	500	0,5
<i>Greenwich Delivery</i>	1 x 60L	30	0,06
<i>Dondici Pizzaria E Churrascaria</i>	1 x 60L	25	0,06
<i>Galpão Da Integração</i>	140L	180	0,14
<i>Restaurante Fiorino</i>	12 x 100L	-	1,2
<i>Comesusi Grill</i>	3 x 60L	150	0,18
<i>Edmary Restaurante</i>	2 x 60L	100	0,12
<i>Estação Sabor Comida Por Kilo</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>Restaurante Bolinho De Bacalhau</i>	1 x 60L	-	0,06

Tabela 4.6: Geração dos resíduos dos restaurantes. Para a média, dados não-disponíveis foram desconsiderados.

Restaurantes	Quantidade diária	Pratos/dia	Resíduos (m <sup>3</sup> /dia)
<i>A-S Restaurante E Pizzaria</i>	7 x 100L	-	0,7
<i>Sushi Wabi</i>	1 x 90L + 1 x 60L	100	0,15
<i>Les Ménines</i>	5 x 100L	100	0,5
<i>Flamboian</i>	2 x 50L	-	0,1
<i>Nipon</i>	3 x 60L	-	0,18
<i>Cafeteria Sabor Do Café</i>	1 x 100L	-	0,1
<i>Forte Café Conveniência</i>	1 x 60L	-	0,06
<i>Café Da Avenida</i>	2 x 100L (semana)	-	0,2
<i>Fafe</i>	30 x 100L	-	3
<i>Magia Dos Pães</i>	5 x 100L + 5 x 60L	-	0,8
<i>Padaria Julia</i>	4 x 100L	-	0,4
<i>Santa Catarina Pães E Doces</i>	4 x 100L	-	0,4
<i>Pizzaria Capricho</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>D'vitor Pizzaria</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>Margutecho Pizzas</i>	2 x 100L	-	0,2
<i>Pizzaria Nostra Pizza</i>	3 x 100L	-	0,2
<i>Pizzaria Ped Pizza</i>	3 x 60L	-	0,18
<i>Pizzart</i>	1 x 100L	-	0,1
<i>Tutto In Famiglia</i>	2 x 100L	-	0,2
<i>Chikapa Pizzaria</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>D'argento Pizzaria</i>	2 x 100L	-	0,2
<i>Premiatta Pizzaria</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>Disk Delicia Pizzaria</i>	2 x 100L	-	0,2
<i>Pizzaria Kitut</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>Tryo 'S Pizzaria</i>	2 x 100L	-	0,2
<i>Villas Pizza Bar</i>	3 x 100L	-	0,3
<i>CHINA IN BOX</i>	2 x 100L	-	0,2
<i>Habib's - Conceição</i>	6 x 100L	-	0,6
<b>Média</b>	367,47 (diária)	232	0,36747

**4.4.1.1.3 Supermercados** Alguns supermercados não foram possíveis de se contatar por telefone e uma visita presencial foi necessária para os seguintes casos:

1. Supermercado Dia;
2. Pão de Açúcar;
3. Carrefour.

Destes, apenas o Pão de Açúcar não informou a quantidade de resíduos gerada. Como se trata de um grande gerador, foi adotado o mesmo valor obtido para o Carrefour. Os resultados podem ser vistos na tabela 4.7.

Tabela 4.7: Geração de resíduos dos supermercados. Para a média, dados não-disponíveis foram desconsiderados.

Supermercado	Quantidade diária	Resíduos (m <sup>3</sup> /dia)
<i>Yamato</i>	3~4 x 100 L	0,35
<i>Bonanza</i>	15 x 100 L	1,5
<i>Irmãos Suto</i>	8~10 x 100 L	0,9
<i>Carrefour</i>	1 caminhão (semana)	2,71
<i>Mercado Guarani</i>	4 x 100L (semana)	0,4
<i>Dia</i>	15 kg (orgânico)	N/A
<i>Pão De Açúcar</i>	1 caminhão (semana)	2,71
<b>Média</b>	-	1,9533

#### 4.4.1.2 Feiras Livres

Para a estimativa da geração de resíduos das feiras livres do bairro do Jabaquara, o grupo realizou uma pesquisa em campo, através da coleta de informações pelos funcionários que realizavam a coleta no dia.

Foram obtidos os dados das feiras da Vila Facchini e Vila Guarani, e a partir desses dados e das descrições das feiras no site da subprefeitura, foram estimados os volumes para as demais feiras do bairro. [20] Os resultados podem ser vistos na tabela 4.8.

Tabela 4.8: Geração de resíduos das feiras livres.

Feiras Livres	Quantidade (kg/dia)	Metragem Linear	Resíduos (kg/dia)
<i>Vila Facchini</i>	600	262	600
<i>Vila Guarani</i>	700	388	700
<i>Cidade Vargas</i>	-	340	746,52
<i>São José</i>	-	431	838,39
<i>Santa Catarina</i>	-	592	1263,33
<i>Água Funda</i>	-	1197	2009,85
<i>Nhandiroba</i>	-	74	149,30
<i>Jabaquara</i>	-	40	91,88
<i>Santa Catarina 2</i>	-	418	849,88
<i>Vila Campestre</i>	-	202	413,45
<i>Americanópolis</i>	-	84	206,73
<i>Cidade Leonor</i>	-	148	344,55
<i>Apacê</i>	-	478	930,27
<i>Vila Guarani 2</i>	-	712	1458,58

#### 4.4.1.3 Consolidação da Estimativa de Geração de Resíduos pelos Grandes Geradores

A partir do peso total, em toneladas/dia, da porcentagem de orgânicos por tipo de gerador, apresentados na tabela 4.3, e de um crescimento de geração da ordem de 0,18%, chegou-se às estimativas de geração de resíduos compostáveis para todo horizonte de projeto, que estão demonstradas na tabela 4.9

Tabela 4.9: Estimativa de Geração de Resíduos - Grandes Geradores.

Ano	Geração de Resíduos (ton/dia)	Geração compostáveis (ton/dia)
2013	44,1	30,1
2014	44,2	30,1
2015	44,2	30,2
2016	44,3	30,2
2017	44,4	30,3
2018	44,5	30,3
2019	44,6	30,4
2020	44,6	30,5
2021	44,7	30,5
2022	44,8	30,6
2023	44,9	30,6
2024	45,0	30,7
2025	45,0	30,7
2026	45,1	30,8
2027	45,2	30,8
2028	45,3	30,9
2029	45,4	31,0
2030	45,5	31,0
2031	45,5	31,1
2032	45,6	31,1

#### 4.4.2 Estimativa de Geração de Resíduos pelos Prédios Residenciais

Para o levantamento desses dados, novamente foi utilizado o software Google Earth, porém, dado a necessidade de obtenção rápida dos dados, a utilização do Google Street View para um refinamento dos resultados não foi tão intensa quanto no levantamento de grandes geradores.

Os prédios foram selecionados através da vista aérea de satélite, e houve um certo



critério para que fossem escolhidos apenas prédios residenciais. Por exemplo, foram observados elementos que os caracterizassem como tal, como: presença de piscinas e/ou quadras de esportes; prédios semelhantes em volta, denotando um condomínio; estilo da fachada, sendo necessário às vezes um ajuste fino; relativamente distantes das vias principais; etc.

E também foram observadas características de prédios comerciais, a fim de evitá-los, tais como: fachadas envidraçadas; presença de heliporto; formato da construção, que geralmente é mais complexa; presença de estacionamentos próximos; mais próximos às vias principais; etc.

Obviamente esse tipo de abordagem traz muito espaço para erros e a escolha dos prédios muitas vezes foi arbitrária, mas foi o método concordado pelo grupo para a realização da tarefa.

Além disso, alguns parâmetros foram fixados, a fim de facilitar nas estimativas de resíduos gerados por esses elementos. São eles:

- Foram considerados, em média, 1,5 torres para cada prédio contabilizado (prédios pequenos foram considerados com apenas uma torre e outros prédios maiores visivelmente mostravam ter mais de duas torres);
- Foi considerado dois grupos de geradores: alta renda e média/baixa renda. Isso foi levado em conta devido à diferença nos tamanhos dos prédios e na quantidade de lixo gerada; [36]
- O número médio de andares foi de 8 para os edifícios das classes média e baixa e de 14 para os da classe alta;
- A quantidade de apartamentos considerada, por andar, foi de 4 e 2, respectivamente;
- Foi considerado 10 habitantes por andar para as classes média/baixa e de 4 para a classe alta; [37]
- A geração per capita considerada foi de 1,0 kg/hab.dia para as classes média/baixa e de 1,2 kg/hab.dia para a classe alta.

Os pontos levantados podem ser vistos na figura 4.2.

Na tabela 4.10 são demonstrados os resultados obtidos dessa estimativa.



Figura 4.2: Levantamento dos grandes geradores - prédios residenciais. No total foram 364 prédios/305 torres. As áreas em azul denotam as regiões consideradas como de alta classe.

Tabela 4.10: Estimativa de geração de resíduos para prédios residenciais.

	Classe Baixa/Média	Classe Alta	Total
<i>Número de edifícios</i>	253	111	364
<i>Número de torres</i>	305	244	549
<i>Número de andares</i>	8	14	-
<i>Apartamentos/andar</i>	4	2	-
<i>Habitantes/andar</i>	10	4	-
<i>Geração per capita (kg/hab.dia)</i>	1,0	1,2	-
<i>Geração de resíduos (ton/dia)</i>	97,6	37,8	130,4

Não foi considerada o crescimento populacional dos condomínios, por haver muitas variáveis que não puderam ser calculadas e/ou pesquisadas em tempo hábil, porém, como a população foi considerada constante, foi considerado um aumento anual de 0,2% ao ano<sup>1</sup> na geração de lixo.

A tabela 4.11 apresenta a estimativa para o período das segunda e terceira etapas do projeto.

Tabela 4.11: Estimativa de geração de resíduos dos condomínios residenciais.

Ano	Geração de Resíduos (ton/dia)	Resíduos Compostáveis (ton/dia)
2019	132,2	79,32
2020	132,5	79,5
2021	132,8	79,68
2022	133	79,8
2023	133,3	79,98
2024	133,6	80,16
2025	133,8	80,28
2026	134,1	80,46
2027	134,4	80,64
2028	134,6	80,76
2029	134,9	80,94
2030	135,2	81,12
2031	135,4	81,24
2032	135,7	81,42

#### 4.4.3 Estimativa de Geração de Resíduos pelo Bairro do Jabaquara

A estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares compostáveis no bairro do Jabaquara foi realizada de acordo com os parâmetros apresentados anteriormente: crescimento populacional de 0,18%, geração per capita de 1 kg/hab.dia e percentual de matéria

<sup>1</sup>Um pouco acima do crescimento populacional, que é de 0,18% ao ano. Foi levado em consideração a crescente verticalização do bairro e a presença de muitos condomínios de alto padrão.

orgânica no lixo de 60%. A tabela 4.12 apresenta essa estimativa.

Tabela 4.12: Estimativa da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares Compostáveis no Jabaquara.

<b>Ano</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Geração RSD (ton/dia)</b>	<b>Geração-Compostáveis (ton/dia)</b>
2023	227302	227	136
2024	227726	228	137
2025	228150	228	137
2026	228575	229	137
2027	229001	229	138
2028	229427	229	138
2029	229855	230	138
2030	230284	230	138
2031	230714	231	138
2032	231146	231	139

#### 4.4.4 Estimativa da quantidade de resíduos a serem tratados pela usina, por etapa de projeto

A partir da estimativa de geração de resíduos compostáveis de cada um dos diferentes geradores (grandes geradores, prédios residenciais e da população total do bairro) apresentada nos itens anteriores, foi elaborado a estimativa da quantidade de resíduos, a serem tratados pela Usina de Compostagem em cada uma das etapas de projeto.

Ressalta-se a premissa de que a Usina compostará todo o resíduo orgânico dos grandes geradores e 70% dos resíduos úmidos domiciliares.

##### 4.4.4.1 Estimativa do tratamento na Primeira Etapa

Entre 2013 e 2017, serão tratados os resíduos orgânicos gerados por grandes geradores, conforme a tabela 4.13.

Tabela 4.13: Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis - Primeira etapa.

Ano	Geração de Resíduos Sólidos de Grandes Geradores (ton/dia)	Tratamento de Resíduos Compostáveis de Grandes Geradores (ton/dia)
2013	44,1	30,1
2014	44,2	30,1
2015	44,2	30,2
2016	44,3	30,2
2017	44,4	30,3

##### 4.4.4.2 Estimativa do tratamento na Segunda Etapa

Durante a segunda etapa, a Usina de Compostagem tratará os resíduos compostáveis gerados pelos prédios residenciais e por grandes geradores. A tabela 4.14 apresenta o processamento diário da usina de compostagem em cada ano do projeto.<sup>2</sup>

##### 4.4.4.3 Estimativa do tratamento na Terceira Etapa

Nos dez últimos anos do projeto, será realizada a compostagem dos resíduos úmidos gerados por toda a população do bairro juntamente com os dos grandes geradores. A quantidade tratada diariamente em cada um dos últimos anos de projeto é apresentada

<sup>2</sup>Foram considerados: 60% de matéria orgânica em peso e tratamento pela Usina de 70% do que é gerado.

Tabela 4.14: Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis - Segunda Etapa.

Ano	Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares Compostáveis (ton/dia)	Tratamento de Resíduos Compostáveis de Grandes Geradores (ton/dia)	Resíduos Compostáveis tratados pela Usina (ton/dia)
2018	79,2	30,3	85,7
2019	79,3	30,4	85,9
2020	79,5	30,5	86,2
2021	79,7	30,5	86,3
2022	79,8	30,6	86,5

na tabela 4.15 e também na figura 4.3.<sup>3</sup>

Tabela 4.15: Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis - Terceira etapa.

Ano	Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares Compostáveis (ton/dia)	Tratamento de Resíduos Compostáveis de Grandes Geradores (ton/dia)	Resíduos Compostáveis tratados pela Usina (ton/dia)
2023	136,4	30,6	126,1
2024	136,6	30,7	126,3
2025	136,9	30,7	126,5
2026	137,1	30,8	126,8
2027	137,4	30,8	127,0
2028	137,7	30,9	127,3
2029	137,9	31,0	127,5
2030	138,2	31,0	127,7
2031	138,4	31,1	128,0
2032	138,7	31,1	128,2

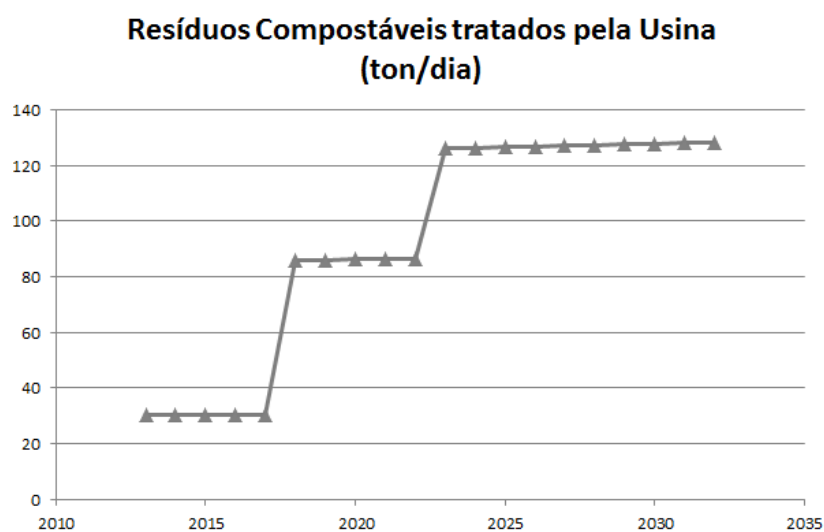


Figura 4.3: Estimativa de Tratamento de Resíduos Sólidos Compostáveis no Jabaquara.

<sup>3</sup>Foram considerados: geração per capita de 1kg/hab.dia, 60% de matéria orgânica em peso e tratamento pela Usina de 70% do que é gerado.

## 4.5 Compostagem

### 4.5.1 Usina de Compostagem

Como não é viável entre uma etapa e outra deste projeto a mudança da área para implantação da Usina, dos pontos de vista técnico, econômico e ambiental, será selecionada uma única área para sua implantação, de forma que ela atenda às três etapas do alcance deste projeto.

Do ponto de vista técnico não é viável a alteração do local de instalação, pois altera a logística do transporte até o local, serão necessários estudos e projetos para cada uma das áreas, será necessário o licenciamento ambiental de todas as áreas, o que pode gerar entraves que prejudiquem a implantação de cada etapa, gerando atrasos e complicações.

Do ponto de vista econômico, a alteração do local entre uma etapa e outra implicaria em diversos custos, como os de aquisição de uma nova área, de novos projetos para a nova área, para o licenciamento da nova área, para a preparação de uma nova área com instalações, proteções etc.

Do ponto de vista ambiental, uma mudança de área seria impactar mais de uma área com um empreendimento que, mesmo tendo cunho ambiental, pode também gerar passivos, caso não seja bem gerido e operado.

#### 4.5.1.1 Área para Instalação da Usina de Compostagem

Com base no dimensionamento da quantidade de área necessária, foram pré-selecionadas áreas dentro do bairro ou no seu entorno, para uma análise técnica, econômica e ambiental.

Além dessas áreas foi verificada a possibilidade da instalação da Usina junto à estação de transbordo de resíduos ou junto ao aterro sanitário, para onde são encaminhados os resíduos para disposição final.

#### 4.5.1.2 Áreas com Potencial

Dentre as alternativas de locais para a implantação do projeto, foram consideradas áreas adjuntas ou internas às estações de transbordo e aos aterros sanitários que recebem resíduos do bairro do Jabaquara.

Estas alternativas facilitam o serviço de coleta dos resíduos orgânicos compostáveis, uma vez que estes seriam transportados para a estação de transbordo ou para o aterro

sanitário juntamente com os demais resíduos sólidos e segregados por um sistema de triagem, eliminando a necessidade da coleta de compostáveis.

- Área 1: ao lado da estação de transbordo Santo Amaro (apresentada no item 4.5.1.2);
  - Zona mista de alta densidade - tipo A
  - 84.000 m<sup>2</sup> de área
  - Custo de R\$50.400.000,00
- Área 2: anexa à estação de transbordo Santo Amaro (apresentada no item 4.5.1.2);
  - Zona mista de alta densidade - tipo A
  - 18.200 m<sup>2</sup> de área
  - Custo de R\$10.920.000,00
- Área 3: próxima à estação de transbordo Santo Amaro;
  - Zona mista de baixa densidade
  - 19.500 m<sup>2</sup> de área
  - Custo de R\$11.700.000,00
- Área 4: próxima à estação de transbordo Santo Amaro;
  - Zona mista de baixa densidade
  - 56.000 m<sup>2</sup> de área
  - Custo de R\$33.600.000,00
- Área 5: próxima à estação de transbordo Santo Amaro.
  - Zona de centralidade popular - tipo A
  - 57.700 m<sup>2</sup> de área
  - Custo de R\$34.620.000,00

As localizações das áreas podem ser visualizadas na figura 4.4.



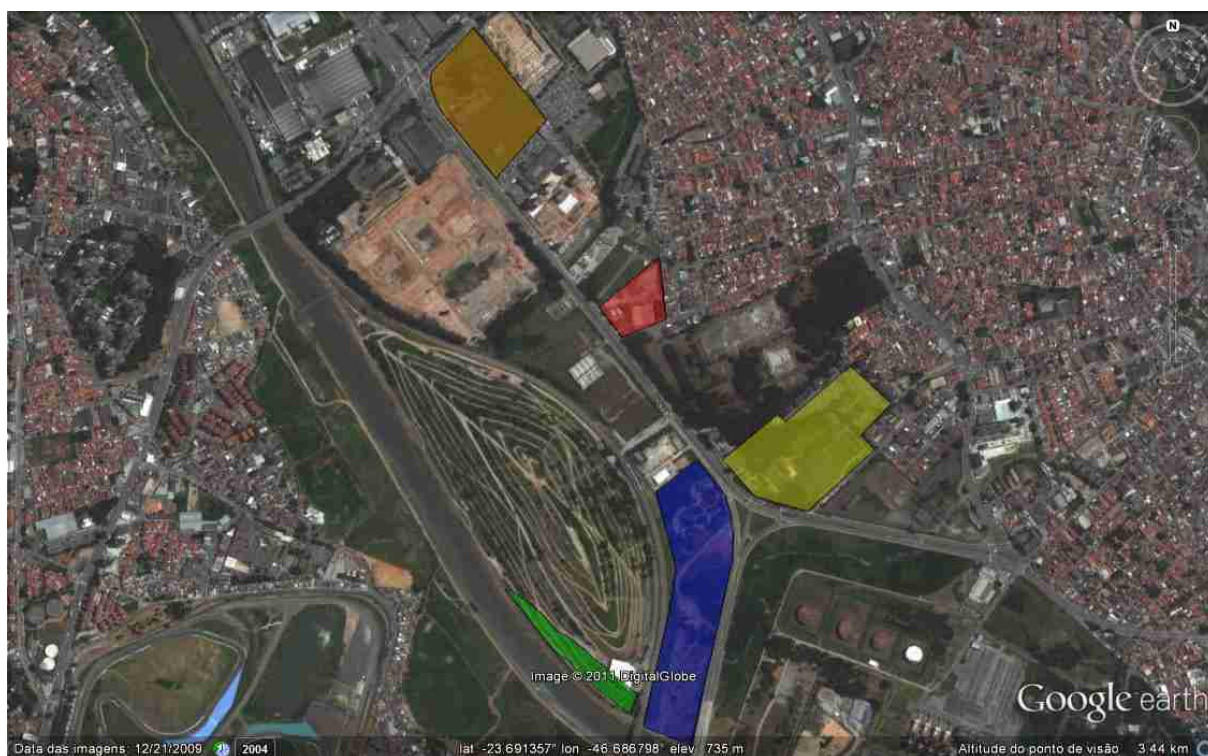


Figura 4.4: Áreas selecionadas para a implantação da usina de compostagem. 1: Azul, 2: Verde, 3: Vermelha, 4: Amarela e 5: Marrom.

## 4.6 Compostos Produzidos pela Usina e Precificação

A partir do que foi exposto sobre a legislação no item 3.3, no anexo A.3 e sobre os aspectos mercadológicos da usina de compostagem, no item 3.4, foi definido que a usina de compostagem produzirá fertilizante orgânico classe “A”, cuja matéria-prima é de origem vegetal, animal e não contém lixo domiciliar, e fertilizante orgânico classe “C”, aquele que apresenta na sua composição qualquer quantidade oriunda de resíduo domiciliar.

Portanto serão avaliados para cada alternativa de compostagem, dois cenários de produção de composto: aquele que considerará a não mistura dos resíduos de grandes geradores e dos resíduos sólidos domiciliares e a não utilização dos mesmos equipamentos para o tratamento de ambos os resíduos, ou seja, a produção de fertilizante orgânico classe “A” e classe “C”; e outro cenário, onde todos os resíduos coletados são misturados e serão utilizados os mesmos equipamentos, ou seja, apenas a produção de fertilizante orgânico classe “C” para a segunda e terceira etapa de projeto.

Adotou-se no projeto o valor de R\$ 40,00 por tonelada para o fertilizante orgânico classe “C” e R\$ 120,00/ton para o fertilizante orgânico classe “A”. Ressaltando-se que qualquer produto, inclusive o fertilizante, está sujeito ao princípio econômico de que os

preços variam conforme a oferta e a demanda.

## ***5 Definição das Soluções do Projeto***

### **5.1 Sistema de Coleta**

#### **5.1.1 Alternativas do Tipo de Coleta**

As alternativas apresentadas para a coleta compreendem a coleta porta-a-porta e o encaminhamento voluntário dos resíduos em pontos de entrega (PEV).

#### **5.1.2 Critérios de Avaliação**

Para auxiliar na escolha da alternativa relativa ao tipo de coleta, foram considerados os seguintes aspectos:

- Facilidade de adesão por parte da população;
- Custo inicial;
- Custo de transporte.

A adesão pela população é crucial para a escolha do tipo de coleta, pois visa-se coletar o máximo de resíduos possível e isso é intrinsecamente ligado à participação dos cidadãos. Foi classificada como sendo fraca (maior dificuldade da população aderir à ideia ou atender os requisitos do tipo de coleta) ou forte (maior facilidade para a população atender os requisitos e participar ativamente do tipo de coleta).

O custo inicial é importante, mas não tão importante quanto o custo de transporte, que é maior a longo prazo.

A matriz de decisão sobre o tipo de coleta pode ser vista na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de coleta dos resíduos compostáveis.

Aspectos	Peso	Porta a porta	Pontos de entrega voluntária (PEV)
<i>Facilidade de adesão por parte da população</i>	4	Forte (3)	Fraco (1)
<i>Custo inicial</i>	2	Baixo (3)	Alto (1)
<i>Custo de transporte</i>	3	Alto (1)	Baixo (3)
<b>Total</b>		<b>21</b>	<b>15</b>

Com base na matriz da tabela 5.1, o sistema de coleta escolhido foi o porta-a-porta, principalmente devido a ele ser mais cômodo para a população.

## 5.2 Áreas para Implantação da Usina de Compostagem

### 5.2.1 Alternativas de Avaliação

Aqui foram classificadas as áreas consideradas no item 4.5.1.2.

### 5.2.2 Critérios de Avaliação

Para a escolha da área definitiva, foram levados em conta os seguintes aspectos:

- Área disponível;
- Distância até o centro do bairro;
- Facilidade de implantação;
- Restrição associada ao zoneamento urbano.

A área disponível é altamente importante e dependendo do sistema de compostagem escolhido, ela varia consideravelmente. Neste caso, visou-se escolher a menor área possível, pois, conforme método de compostagem, haveria duas situações:

1. O sistema requer uma grande área: esta grande área implicaria em custos muito elevados e uma futura ampliação da Usina seria praticamente inviável;

2. O sistema não requer muita área: poderia ser escolhida uma área menor, que comportasse o sistema em seu estágio atual e que forneceria ainda espaço para uma eventual expansão da Usina.

As áreas foram identificadas como: Adequada (compatível com a tecnologia em questão, cabendo também uma possível ampliação do sistema) ou Grande (acima do necessário, mesmo considerando possíveis ampliações do sistema)

A distância até o centro do bairro é simplesmente uma forma de medir o quanto se gastaria com o transporte dos resíduos. Foi com este critério, além da falta de preço de alguns terrenos, que certas áreas apresentadas anteriormente acabaram sendo eliminadas da etapa de avaliação para a instalação da Usina. Foram estipuladas algumas distâncias a fim de se obter uma diferenciação entre as áreas: distâncias até 3km seriam pequenas, entre 3 e 6km seriam médias e maiores que 6km seriam grandes. As distâncias foram calculadas através de uma ferramenta própria do software Google Earth.

A facilidade de implantação é relativa à características do terreno que influem na instalação do empreendimento, tais como declividade, tipo de solo, infra-estrutura já implantada etc.

O zoneamento urbano indica o quão restritivo é a ação em determinado local, dependendo do tipo de zoneamento aplicado àquela área. Assim, conforme a zona em que cada área em questão está inserida, é possível verificar o quão prejudicial o empreendimento seria caso fosse implantado naquela região. A instalação da Usina em uma área densamente urbanizada, por exemplo, poderia trazer muitos efeitos indesejáveis como odores, afetaria a paisagem, desvalorizaria a região etc.

A matriz de decisão sobre a área para a instalação da usina pode ser vista na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Matriz de auxílio à decisão, considerando a área do pátio de compostagem.

Aspectos	Peso	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Área disponível	3	Adequada (2)	Grande (1)	Adequada (2)	Grande (1)	Grande (1)
Distância até o centro do bairro	2	Grande (1)	Grande (1)	Média (2)	Média (2)	Média (2)
Facilidade de implantação	1	Ruim (1)	Ruim (1)	Boa (2)	Boa (2)	Boa (2)
Restrição associada ao zoneamento urbano	3	Elevada (1)	Elevada (1)	Adequada (2)	Adequada (2)	Elevada (1)
<b>Total</b>		12	9	18	15	12

Segundo a matriz da tabela 5.2, a área escolhida foi a 3, que apresentou ser de tamanho adequado, não muito longe do centro, com bom aspecto físico para a implantação do empreendimento e localizada em uma área de zoneamento também adequada.

## 5.3 Definição de Equipamentos

As tecnologias de leiras revolvidas dependem fundamentalmente dos compostadores. Neste trabalho calculou-se, para oito compostadores diferentes, as áreas que cada um necessitaria. Ressalta-se que cada compostador possui especificações distintas, por exemplo uns são auto-propelidos e outros necessitam de tração externa, geralmente fornecida por um trator.

Com o objetivo de calcular o custo de cada alternativa de compostagem, com diferentes compostadores, foram analisados diversos tipos de equipamentos com diferentes funções e de diferentes marcas. Assim, foram analisados desde veículos de transporte e coleta até os que são utilizados no pátio de compostagem. Os equipamentos melhores avaliados são apresentados no Anexo C.<sup>1</sup>

### 5.3.1 Compactadores de lixo

A partir dos compactadores mais utilizados na cidade de São Paulo, verificou-se que os mais comuns são os que apresentam capacidade volumétrica de  $15\text{m}^3$  e  $19\text{m}^3$ . Foram obtidos então catálogos de compactadores de lixo de três fabricantes (A, B e C), cujas especificações técnicas definiram o tipo de chassis (4x2 para  $15\text{m}^3$  e 6x2 ou 6x4 para  $19\text{m}^3$ ) a serem utilizados juntamente com os compactadores assim como o peso bruto total (16 toneladas para capacidade de  $15\text{m}^3$  e 23 toneladas para capacidade de  $19\text{m}^3$ ).

#### 5.3.1.1 Critérios de Avaliação

Para a escolha do tipo de compactador foram considerados os seguintes aspectos:

- Custo inicial;
- Preço por massa de carregamento;
- Experiência na coleta em São Paulo.

---

<sup>1</sup>Os equipamentos aqui apresentados, assim como suas empresas fabricantes, estão com nomes fictícios.

O custo inicial é auto-explicativo.

O preço por massa foi um indicador criado pelo grupo para ajudar no processo de escolha do equipamento. Neste caso, seria o quanto seria gasto por kg de lixo transportado.

A experiência na coleta em São Paulo indica qual o grau de tradicionalidade a marca tem na cidade. Isso pode indicar que a marca é a melhor adaptada para as ruas, vias e rotas locais.

Os aspectos também são explicados na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos compactadores de lixo.

	Baixo	Médio	Alto
Custo inicial	Menor que R\$100.000,00	Entre R\$100.000,00 e R\$105.000,00	Maior que R\$105.000,00
Preço por massa de carregamento	Menor que R\$6.000,00	Entre R\$6.000,00 e R\$8.000,00	Maior que R\$8.000,00
Experiência na coleta em São Paulo	Pouco uso	Médio uso	Alto uso

A tabela 5.4 apresenta a matriz de decisão utilizada para esse tipo de equipamento.

Tabela 5.4: Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de compactador do veículo de coleta dos resíduos compostáveis.

Aspectos	Peso	A 15,3m <sup>3</sup>	A 19,1m <sup>3</sup>	B 15m <sup>3</sup>	B 19m <sup>3</sup>	C 15,4m <sup>3</sup>	C 19,2m <sup>3</sup>
<i>Custo inicial</i>	2	Baixo (3)	Alto (1)	Médio (2)	Alto (1)	Baixo (3)	Médio (2)
<i>Preço por massa de carregamento</i>	3	Alto (1)	Alto (1)	Médio (2)	Baixo (3)	Alto (1)	Médio (2)
<i>Experiência na coleta em São Paulo</i>	4	Baixa (1)	Baixa (1)	Média (2)	Média (2)	Alta (3)	Alta (3)
<b>Total</b>		<b>13</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>22</b>

Segundo a matriz da tabela 5.4, o compactador que melhor atende as especificações do projeto é o C de 19,2m<sup>3</sup>, principalmente devido à sua grande experiência de atuação em atividades na cidade de São Paulo.

### 5.3.2 Chassis para compactadores de lixo

Em vista das especificações técnicas, foram consultados catálogos de outras três empresas de chassis (D, E e F). Constatou-se que os veículos não apresentam grandes discrepâncias em suas características técnicas e ambientais, por esse motivo os fatores custo

e tradição de mercado foram às principais variáveis que ajudam na escolha do veículo a ser utilizado.

### 5.3.2.1 Critérios de Avaliação

Para a escolha do tipo de chassis foram considerados os seguintes aspectos:

- Custo inicial;
- Preço de revenda;
- Experiência na coleta em São Paulo.

O custo inicial e o preço de revenda são auto-explicativos. No caso do preço de revenda, eles foram classificados após uma consulta a um engenheiro mecânico que ajudou a classificar os valores encontrados.

A experiência na coleta é um aspecto idêntico ao apresentado no item anterior.

Os aspectos também estão explicados na tabela 5.5.

Tabela 5.5: Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos chassis para compactadores.

	Baixo	Médio	Alto
Custo inicial	Menor que R\$190.000,00	Entre R\$190.000,00 e R\$220.000,00	Maior que R\$220.000,00
Experiência na coleta em São Paulo	Pouco uso	Médio uso	Alto uso

A tabela 5.6 apresenta a matriz de decisão para este equipamento.

Tabela 5.6: Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de chassis.

Aspectos	Peso	D	E	F
<i>Custo inicial</i>	3	Médio (2)	Baixo (3)	Alto (1)
<i>Preço de revenda</i>	2	Alto (3)	Baixo (1)	Médio (2)
<i>Experiência na coleta em São Paulo</i>	5	Média (2)	Baixa (1)	Alta (3)
<b>Total</b>		<b>22</b>	<b>15</b>	<b>22</b>

De acordo com a matriz da tabela 5.6, houve empate técnico entre duas marcas, porém, como critério de desempate, foi escolhida a marca F, com maior experiência de atividade em São Paulo.



### 5.3.3 Outros Equipamentos

Além disso, também foram pesquisadas diferentes marcas de pás-carregadeiras, trator de pneus e compostadores, que são essenciais para a operação da usina de compostagem.

#### 5.3.3.1 Critérios de Avaliação

Para a escolha desses equipamentos foram considerados os seguintes aspectos:

- Custo inicial;
- Preço de revenda;
- Custo adicional;
- Volume;
- Acréscimo na área;
- Rendimento;
- Dimensões do equipamento.

O custo inicial e o preço de revenda são auto-explicativos. No caso do preço de revenda, eles foram classificados após uma consulta a um engenheiro mecânico que ajudou a classificar os valores encontrados.

O custo adicional é para os compostadores que necessitam de uma forma de tração externa, aumentando o seu custo.

O volume é relativo a quanto a pá-carregadeira consegue comportar, influenciando no tempo de operação e eficiência.

O acréscimo na área indica o quanto o equipamento exige de área, o que acaba afetando o tamanho da área total requerida pelo empreendimento. As dimensões do equipamento também influenciam na área total requerida.

O rendimento é um indicador de quantos metros cúbicos o compostador consegue revolver por hora trabalhada.

Os aspectos também estão explicados nas tabelas 5.7, 5.8 e 5.9.

Tabela 5.7: Explicação dos atributos dados à matriz de decisão das pás-carregadeiras.

	Baixo	Médio	Alto
Custo inicial	Menor que R\$450.000,00	Entre R\$450.000,00 e R\$600.000,00	Maior que R\$600.000,00
Volume	Menor que 2,5 m <sup>3</sup>	Entre 2,5 e 3,0 m <sup>3</sup>	Maior que 3,0 m <sup>3</sup>

Tabela 5.8: Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos tratores de pneus.

	Baixo	Médio	Alto
Custo inicial	Menor que R\$150.000,00	Entre R\$150.000,00 e R\$175.000,00	Maior que R\$175.000,00
Largura do equipamento	Menor que 2,4 m	Entre 2,4 e 2,9 m	Maior que 2,9 m

Tabela 5.9: Explicação dos atributos dados à matriz de decisão dos compostadores.

	Baixo	Médio	Alto
Custo inicial	Menor que R\$500.000,00	Entre R\$500.000,00 e R\$1.000.000,00	Maior que R\$1.000.000,00
Custo Adicional	Se precisa de tração externa ou não		
Rendimento (m <sup>3</sup> /h)	Menor que 2000	Entre 2000 e 4000	Maior que 4000
Área requerida (m <sup>2</sup> )	Menor que 20.000	Entre 20.000 e 40.000	Maior que 40.000

As tabelas 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13 representam as matrizes de decisão que auxiliaram na escolha desses equipamentos, que foram:

Tabela 5.10: Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de pá-carregadeira.

Aspectos	Peso	G 2,3m <sup>3</sup>	G 3,2m <sup>3</sup>	H 2,3m <sup>3</sup>	H 3,2m <sup>3</sup>	I 2,3m <sup>3</sup>	I 3,2m <sup>3</sup>
<i>Custo inicial</i>	3	Médio (2)	Alto (1)	Baixo (3)	Alto (1)	Baixo (3)	Médio (2)
<i>Volume</i>	4	Baixo (1)	Alto (3)	Baixo (1)	Alto (3)	Baixo (1)	Alto (3)
<i>Preço de Revenda</i>	2	Alto (3)	Alto (3)	Médio (2)	Médio (2)	Baixo (1)	Baixo (1)
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>20</b>

Tabela 5.11: Matriz de auxílio à decisão, considerando o trator de pneus.

Características	Peso	J	K	L
<i>Custo inicial</i>	2	Médio (2)	Baixo (3)	Alto (1)
<i>Preço de revenda</i>	1	Alto (3)	Baixo (1)	Médio (2)
<i>Largura do equipamento</i>	3	Alto (1)	Baixo (3)	Médio (2)
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>16</b>	<b>10</b>

Tabela 5.12: Matriz de auxílio à decisão, considerando os compostadores das empresas M e N.

Características	Peso	M	N	
			1	2
<i>Custo inicial</i>	2	Baixo (3)	Alto (1)	Alto (1)
<i>Custo adicional</i>	-1	Sim (1)	Não (0)	Não (0)
<i>Rendimento (m<sup>3</sup>/h)</i>	2	Baixo (1)	Médio (2)	Alto (3)
<i>Acréscimo na área</i>	3	Alto (1)	Baixo (3)	Baixo (3)
<b>Total</b>		10	15	17

Tabela 5.13: Matriz de auxílio à decisão, considerando os compostadores da empresa O.

Características	Peso	O				
		1	2	3	4	5
<i>Custo inicial</i>	2	Alto (1)	Médio (2)	Alto (1)	Alto (1)	Alto (1)
<i>Custo adicional</i>	-1	Sim (1)	Sim (1)	Não (0)	Não (0)	Sim (1)
<i>Rendimento (m<sup>3</sup>/h)</i>	2	Médio (2)	Baixo (1)	Alto (3)	Alto (3)	Médio (2)
<i>Acréscimo na área</i>	3	Alto (1)	Médio (2)	Médio (2)	Médio (2)	Alto (1)
<b>Total</b>		8	11	14	14	8

Por fim, conforme as matrizes de decisão apresentadas, os equipamentos selecionados foram:

- Pá-carregadeira
  - Escolhido: G 3,2 m<sup>3</sup>
- Trator de pneus
  - Escolhido: K
- Compostador
  - Escolhido: N 2

Além desses equipamentos apresentados na avaliação de alternativas, a Usina de Compostagem também contará com: Caçambão, Chassis para Caçambão, Escavadeira e Pica-dor de Árvores. Para estes equipamentos não foram geradas matrizes de decisão pois foi possível conseguir dados suficientes de apenas um modelo de cada equipamento.<sup>2</sup>

## 5.4 Tecnologia de Compostagem

### 5.4.1 Alternativas de Compostagem

São quatro as tecnologias pesquisadas para o projeto: *Windrow*, Leiras Estáticas Aeradas, Sistemas Fechados e Leiras Revolvidas Aceleradas com Biotecnologia.

A escolha da tecnologia de compostagem envolve diversos parâmetros, que estão descritos na subseção seguinte.

### 5.4.2 Critérios de Avaliação

Para a escolha do sistema de compostagem foram considerados os seguintes aspectos:

- Custo total;
- Área requerida;
- Flexibilidade;

---

<sup>2</sup>Todos os equipamentos escolhidos estão apresentados no Anexo C.

- Geração de odor;
- Especialização da mão-de-obra.

O custo total engloba o custo inicial (terreno, instalações e equipamentos) e os custos de manutenção (água, energia, manutenção de equipamentos, insumos).

A área requerida para compostagem é muito importante, pois quanto maior a área, maior será o custo inicial do projeto. Em regiões como São Paulo que possuem escassez de áreas, este quesito poderia limitar o projeto. A flexibilidade de operação leva em conta a fragilidade do sistema em relação a imprevistos ou fatores indesejados, como: paralização do sistema por quebra de equipamentos, dependência de fornecedores, entre outros. A geração de odor depende da tecnologia de compostagem empregada e do local onde o sistema será instalado. Como as áreas são relativamente próximas de residências, esse critério torna-se relevante. A especialização de mão-de-obra denota o quanto será gasto em treinamentos e os custos associados à contratação desses profissionais.

Para a avaliação de alternativas foram consultadas diversas empresas, tanto nacionais como internacionais, porém as empresas detentoras de tecnologias de leiras estáticas aeradas e sistemas fechados não forneceram dados suficientes para elaboração do projeto. Por isso, foram considerados na avaliação apenas os sistemas *Windrow* e de Leiras Aceleradas com Biotecnologia.

A matriz de decisão para o sistema de compostagem pode ser observada na tabela 5.14.

Tabela 5.14: Matriz de auxílio à decisão, considerando o tipo de compostagem.

Aspectos	Peso	Windrow	Leiras Aceleradas
<i>Custo total</i>	2	Menor (2)	Maior (1)
<i>Área requerida para compostagem</i>	3	Grande (1)	Pequena (2)
<i>Flexibilidade de operação</i>	1	Maior (2)	Menor (1)
<i>Geração de odor</i>	2	Pouco (1)	Pouco (1)
<i>Especialização de mão-de-obra</i>	2	Baixa (2)	Baixa (2)
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>15</b>

Conforme a matriz da tabela 5.14, ambas as alternativas são igualmente atraentes, porém, há alguns pontos a serem considerados:

- Os custos de instalação são maiores para a tecnologia *Windrow* do que para Leiras

Aceleradas com Biotecnologia;

- Os custos variáveis da tecnologia de Leiras Aceleradas, principalmente o bio-extrato, é maior que o da tecnologia *Windrow*;
- A área requerida pela tecnologia de Leiras Aceleradas é menor do que a da tecnologia *Windrow*.

Por envolver diversas variáveis econômicas, uma análise mais detalhada foi realizada e está apresentada na seção 6.2.

## ***6 Soluções Escolhidas para a Concepção do Sistema de Coleta e Tratamento de Resíduos Compostáveis do Bairro do Jabaquara***

### **6.1 Sistema de Coleta de Resíduos Compostáveis**

A coleta de resíduos compostáveis será realizada diretamente através da visita dos caminhões coletores aos pontos geradores e não através de pontos de entrega voluntária (PEV), por entender que tal tipo de coleta pode desestimular a adesão da grande parte da população do bairro, uma vez que existem certa relutância e desconforto do cidadão ao se deslocar de sua residência ou estabelecimento até o PEV, quer seja por insegurança, ou por indisposição.

#### **6.1.1 Primeira Etapa**

A coleta dos resíduos dos grandes geradores será de responsabilidade da usina de compostagem que contará com dois caminhões coletores que farão a coleta de todos os resíduos pontualmente em cada gerador.

De acordo com o item 4.4.1.3. serão coletados 44,4 toneladas por dia de resíduos sólidos, sendo que 30,3 toneladas diárias serão resíduos compostáveis que estarão dispostos em sacos de cor verde para a produção de composto Classe A.

É importante lembrar que o estudo de roteamento não foi realizado devido a limitações técnicas e econômicas descritas no item 4.1.

### 6.1.2 Segunda Etapa

Esta etapa compreende a coleta dos resíduos descritos na primeira, incluindo também os prédios residenciais que representam 133 toneladas diárias de resíduos sólidos e 93 toneladas diárias de resíduos compostáveis.

A coleta dos RSD será realizada pela EcoUrbis devido a limitações de informações sobre os custos atuais de coleta e elaboração de planos de trabalho. Os veículos da empresa que atendem ao bairro do Jabaquara bascularão todos os resíduos domiciliares na usina de compostagem, inclusive os resíduos orgânicos dispostos em sacos verdes. A partir daí, inicia-se o processo de triagem onde os sacos verdes serão segregados dos demais e encaminhados para o tratamento. Será de responsabilidade da usina de compostagem o transporte dos demais resíduos para a Estação de Transbordo Santo Amaro.

### 6.1.3 Terceira Etapa

Esta etapa compreende a coleta dos resíduos sólidos da segunda etapa com a inclusão de todos os resíduos gerados pela população do bairro do Jabaquara.

A responsabilidade da coleta continuará a cargo da EcoUrbis que detém o contrato de concessão para coleta de resíduos sólidos no agrupamento sudeste, o que inclui o bairro de Jabaquara. O processo de triagem descrito na segunda etapa também será mantido para esta etapa.

## 6.2 Estudos Econômicos do Projeto

Um Fluxo de Caixa foi desenvolvido com o intuito de se avaliar a viabilidade econômica do projeto através da apresentação de cenários onde as premissas variadas foram: área disponível e tecnologia do processo de compostagem. As premissas comuns a todos os cenários estão apresentadas nas tabelas 6.1 e 6.2.<sup>1</sup>

Ressalta-se que existe uma variação no número de equipamentos necessários em cada um dos cenários, pois para produção do composto classe “A” são exigidos equipamentos que manuseiem apenas esse tipo de composto. Verificam-se outros fatores que influenciam muito o custo, a diferença de área requerida e o custo do bio-extrato.

A partir desses dados, foram elaborados cinco cenários diferentes, baseados na redução

---

<sup>1</sup>O Fluxo de Caixa completo pode ser visto no Anexo D.



Tabela 6.1: Premissas relativas às despesas do projeto.

<b>Despesas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b><i>Equipamentos de coleta de resíduos apenas de grandes geradores</i></b>		
Compactador C 19,2 m <sup>3</sup>	100.000,00	R\$/unidade
Chassis F 6x2	225.000,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamentos de transporte de resíduos da usina para o transbordo</i></b>		
Caçambão S 35m <sup>3</sup>	85.000,00	R\$/unidade
Chassis T 6x4	205.000,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamentos de transporte do composto até o cliente</i></b>		
Caçambão 35 m <sup>3</sup>	85.000,00	R\$/unidade
Chassis 6x4	205.000,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamento de transporte de composto e carregamento de caçambas</i></b>		
Pá-carregadeira G - 3,2 m <sup>3</sup>	685.000,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamentos para beneficiamento do composto</i></b>		
Secador	50.000,00	R\$/unidade
Moega	50.000,00	R\$/unidade
Peneira rotativa	22.490,00	R\$/unidade
Ensacador	5.000,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamentos para pré processamento</i></b>		
Picador rotativo	19.800,00	R\$/unidade
Picador de árvore U	130.000,00	R\$/unidade
Carrinho	4.250,00	R\$/unidade
Medidor de temperatura	4.400,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamento para Recepção dos veículos coletores</i></b>		
Balança rodoviária	30.000,00	R\$/unidade
<b><i>Equipamentos para Central de triagem</i></b>		
Calha de recebimento (20 m <sup>3</sup> )	20.000,00	R\$/unidade
Esteira transportadora (20,0 x 1,0 m)	100.000,00	R\$/unidade
<b><i>Usina de compostagem</i></b>		
Compostadores N 2	700.700,00	R\$/unidade
Área total da usina de compostagem	11.700.000,00	R\$
Pavimentação	250	R\$/m <sup>2</sup>
Instalação do galpão	180	R\$/m <sup>2</sup>
<b><i>Operação e manutenção 1ª etapa</i></b>	806.400,00	R\$/ano
<b><i>Operação e manutenção 2ª etapa</i></b>	1.101.600,00	R\$/ano
<b><i>Operação e manutenção 3ª etapa</i></b>	1.357.200,00	R\$/ano

Tabela 6.2: Premissas relativas às receitas do projeto.

<b>Receitas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<i>Resíduos coletados</i>		
Taxa de crescimento dos resíduos de condomínios e domicílios	0,2	% aa
Taxa de crescimento do resíduo de grandes geradores	0,18	% aa
Recebimento / Tratamento (em 2013)	38,28	R\$/ton
Taxa de incremento no preço do recebimento / tratamento	3	% aa
<i>Composto produzido</i>		
Composto produzido Classe A	120	R\$/ton
Composto produzido Classe C	40	R\$/ton

percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros, conforme a PNRS-versão preliminar (apresentado na figura A.10, nos anexos).

### 6.2.1 Cenário 1

Usina de compostagem com tecnologia Windrow e produção de composto Classe A durante todo o horizonte de projeto e Classe C a partir da 2ª etapa do projeto.

Tabela 6.3: Despesas relativas ao cenário 1.

Despesas	Valor			Unidade
	2012 - 2016	2017 - 2021	2022-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Área de compostagem	4.050,00	12.140,00	17.535,00	m <sup>2</sup>
Área de estoque	278	805	1200	m <sup>2</sup>

Tabela 6.4: Receitas relativas ao cenário 1. (1) Com taxa de crescimento dos resíduos de condomínios e domicílios aplicada a cada ano.

Receitas	Valor			Unidade
	2012 - 2017	2018 - 2022	2023 - 2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Resíduos tratados de grandes geradores (Classe A) (1)	30	30	30	ton/dia
Resíduos domiciliares tratados (Classe C) (1)	0	56	95	ton/dia

Após uma análise das receitas e despesas (tabelas 6.3 e 6.4), foi calculada uma taxa de retorno para esse cenário:

$$\text{TIR}_{CEN1} = 3,8\%$$

## 6.2.2 Cenário 2

Usina de compostagem com tecnologia Windrow e produção de composto Classe A somente na 1ª etapa do projeto e Classe C a partir da 2ª etapa do projeto.

Tabela 6.5: Despesas relativas ao cenário 2.

Despesas	Valor			Unidade
	2012 - 2016	2017 - 2021	2022-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Área de compostagem	4.050,00	12.140,00	17.535,00	m <sup>2</sup>
Área de estoque	278	805	1200	m <sup>2</sup>

Tabela 6.6: Receitas relativas ao cenário 2. (1) Com taxa de crescimento dos resíduos de condomínios e domicílios aplicada a cada ano.

Receitas	Valor			Unidade
	2012 - 2017	2018 - 2022	2023-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Resíduos tratados de grandes geradores (Classe A) (1)	30	0	0	ton/dia
Resíduos tratados de grandes geradores (Classe C) (1)	0	30,38	30,38	ton/dia
Resíduos domiciliares tratados (Classe C) (1)	0	56	95	ton/dia

Após uma análise das receitas e despesas (tabelas 6.5 e 6.6), foi calculada uma taxa de retorno para esse cenário:

$$TIR_{CEN2} = 1,7\%$$

### 6.2.3 Cenário 3

Usina de compostagem com tecnologia Bioextrato e produção de composto Classe A durante todo o horizonte de projeto e Classe C a partir da 2ª etapa do projeto.

Tabela 6.7: Despesas relativas ao cenário 3.

Despesas	Valor			Unidade
	2012 - 2016	2017 - 2021	2022-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Área de compostagem	970	2.910,00	4.200,00	m <sup>2</sup>
Área de estoque	278	805	1200	m <sup>2</sup>
<i>Insumo para compostagem</i>				
Bioextrato		17,5		R\$/ton

Tabela 6.8: Receitas relativas ao cenário 3. (1) Com taxa de crescimento dos resíduos de condomínios e domicílios aplicada a cada ano.

Receitas	Valor			Unidade
	2012 - 2017	2018 - 2022	2023-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Resíduos tratados de grandes geradores (Classe A) (1)	30	30	30	ton/dia
Resíduos domiciliares tratados (Classe C) (1)	0	56	95	ton/dia

Após uma análise das receitas e despesas (tabelas 6.7 e 6.8), foi calculada uma taxa de retorno para esse cenário:

$$\text{TIR}_{CEN3} = 3,1\%$$

### 6.2.4 Cenário 4

Usina de compostagem com tecnologia Bioextrato e produção de composto Classe A somente na 1ª etapa do projeto e Classe C a partir da 2ª etapa do projeto.

Tabela 6.9: Despesas relativas ao cenário 4.

Despesas	Valor			Unidade
	2012 - 2016	2017 - 2021	2022-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Área de compostagem	970	2.910,00	4.200,00	m <sup>2</sup>
Área de estoque	278	805	1200	m <sup>2</sup>
<i>Insumo para compostagem</i>				
Bioextrato	17,5	17,5	17,5	R\$/ton

Tabela 6.10: Receitas relativas ao cenário 4. (1) Com taxa de crescimento dos resíduos de condomínios e domicílios aplicada a cada ano.

Receitas	Valor			Unidade
	2012 - 2017	2018 - 2022	2023-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Resíduos tratados de grandes geradores (Classe A) (1)	30	0	0	ton/dia
Resíduos tratados de grandes geradores (Classe C) (1)	0	30,38	30,38	ton/dia
Resíduos domiciliares tratados (Classe C) (1)	0	56	95	ton/dia

Após uma análise das receitas e despesas (tabelas 6.9 e 6.10), foi calculada uma taxa de retorno para esse cenário:

$$\text{TIR}_{CEN4} = -0,2\%$$

### 6.2.5 Cenário 5

Usina de compostagem com tecnologia Bioextrato e produção de composto Classe A durante todo o horizonte de projeto e Classe C a partir da 2ª etapa do projeto. O cenário em questão considera um volume de recebimento de resíduos máximo limitado pela área total da usina de compostagem, ou seja, o volume adicional de resíduos seria advindo de outras regiões vizinhas ao bairro do Jabaquara.

Tabela 6.11: Despesas relativas ao cenário 5.

Despesas	Valor			Unidade
	2012 - 2016	2017 - 2021	2022-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Área de compostagem	3.000,00	13.100,00	13.100,00	m <sup>2</sup>
Área de estoque	840	3.730,00	3.730,00	m <sup>2</sup>
<i>Insumo para compostagem</i>				
Bioextrato	17,5	17,5	17,5	R\$/ton

Tabela 6.12: Receitas relativas ao cenário 5. (1) Com taxa de crescimento dos resíduos de condomínios e domicílios aplicada a cada ano.

Receitas	Valor			Unidade
	2012 - 2017	2018 - 2022	2023-2032	
<i>Obtenção de área</i>				
Quantidade tratada de resíduos de grandes geradores (Classe A) (1)	90,00	90,00	90,00	ton/dia
Quantidade tratada de resíduos domiciliares (Classe C) (1)	0	304,00	304,00	ton/dia

Após uma análise das receitas e despesas (tabelas 6.11 e 6.12), foi calculada uma taxa de retorno para esse cenário:

$$\text{TIR}_{\text{CEN5}} = 20,8\%$$

### 6.2.6 Análise

Considerando como cenários factíveis apenas aqueles que têm suas atividades dentro da fronteira de projeto (bairro do Jabaquara), observa-se que o Cenário 1 é o que apresenta maior atratividade econômica com retorno de 5,7%.

No entanto, julgou-se o Cenário 3 como o mais promissor e com maior potencial de crescimento. Isso se deve ao fato desse utilizar a tecnologia de compostagem com uso de Bioextrato que permite uma utilização de área muito menor tornando possível o tratamento de resíduos advindos de regiões vizinhas. Considerando os resíduos do bairro de Cidade Ademar, por exemplo, este que possui uma população duas vezes maior que o bairro do Jabaquara levando a usina de compostagem a atender um volume total de resíduos de 405 toneladas por dia ao invés das 130 toneladas propostas inicialmente.

A simulação dessa situação promissora pode ser observada no Cenário 5, onde o volume de recebimento de resíduos máximo é limitado pela área total da usina de compostagem. Tal cenário apresenta uma taxa de retorno de 20,8%, acima da Taxa SELIC de 11%, o que comprova a atratividade do projeto proposto.

## 6.3 Concepção da Usina de Compostagem

A partir do que foi exposto nos capítulos anteriores e na alternativa escolhida, foi elaborado um esquema de funcionamento para a usina de compostagem que atenda todas as etapas do projeto.

Ressaltam-se algumas premissas:

- A população realizará o descarte seletivo de resíduos orgânicos em sacos verdes;
- A Usina venderá composto de classes “A” e “C”, por isso cada setor terá duas linhas de tratamento, uma para resíduos de grandes geradores e outra para resíduos domiciliares, pois eles não podem ser misturados.

Para atender as premissas e a legislação, a usina apresentará instalações modernas que visam produzir um composto de qualidade, sem prejudicar o meio ambiente. Quanto à logística da Usina, haverá seis setores principais: Recepção, Triagem, Pré-Processamento, Compostagem, Beneficiamento e Armazenamento, e Expedição. Todas essas informações serão apresentadas na sequência.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Um esboço da planta da Usina pode ser visto no Anexo D.



### 6.3.1 Instalações da Usina

Além dos setores apresentados, a instalação da usina contará com:

- Sistema de drenagem e coleta de lixiviado, que escoará para uma lagoa de chorume e poderá ser injetado novamente nas leiras para controle de umidade;
- Todas as leiras ficarão sob galpão aberto, evitando problemas causados pelo clima;
- O estoque será em galpão fechado para evitar a degradação da qualidade do composto;
- Sistema de controle de parâmetros de compostagem dotados por termômetros e potenciômetros com interface para atualização de dados em microcomputadores; e
- Sistema de Emergência para combate a incêndios que podem ser provocados pelas altas temperaturas ( $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) atingidas pelas leiras, no sistema que utiliza biotecnologia.

### 6.3.2 1º Setor – Recepção

A usina de compostagem receberá os caminhões coletores de resíduos de grandes geradores e caminhões de resíduos de poda e capina durante a primeira etapa do projeto. Nas etapas 2 e 3, a usina também receberá caminhões coletores de resíduos domiciliares. Cada caminhão possui um ciclo diferente, conforme a figura 6.1, que será explicada a seguir.



Figura 6.1: Fluxograma do funcionamento do setor de Recepção.

Os caminhões coletores de resíduos domiciliares chegam à portaria da Usina de Compostagem, onde são identificados e pesados em uma balança rodoviária. Após a pesagem, os caminhões despejam os resíduos dentro da Calha de Recebimento de resíduos domiciliares, no setor de Triagem. Depois do despejo de resíduos, os caminhões passam pela portaria, onde são novamente pesados, sendo calculados a tara do veículo e o peso dos resíduos domiciliares. Feito isto, eles voltam para a coleta de resíduos domiciliares no bairro do Jabaquara.

Os outros caminhões percorrem o mesmo ciclo que o anterior. A diferença é que os resíduos de grandes geradores são depositados em Calhas de Recebimento diferente da anterior e o caminhão de poda e capina deposita os resíduos no setor de Pré-processamento.

### **6.3.3 2º Setor – Triagem**

Na etapa 1 do projeto, existirá apenas a linha de triagem dos resíduos sólidos de grandes geradores, já nas etapas 2 e 3 serão operadas duas linhas de triagem ao mesmo tempo. Uma linha será exclusiva para os resíduos sólidos de grandes geradores e a outra, para resíduos domiciliares; porém ambas terão o mesmo esquema de funcionamento que o apresentado na figura 6.2.

Os resíduos sólidos serão depositados na Calha de Recebimento e seguirão pela Esteira Transportadora Principal, sendo que os sacos verdes serão realocados para Esteira Transportadora Secundária e encaminhados para o setor de Pré-processamento. Os demais sacos continuarão na Esteira Principal e serão diretamente depositados em Caçambão, que por sua vez os transportarão para Estação de Transbordo Santo Amaro, vizinha a Usina de Compostagem (ver, também, figura 6.5 - fluxograma do funcionamento do setor de Expedição).

A figura 6.2 ilustra o funcionamento desse setor.

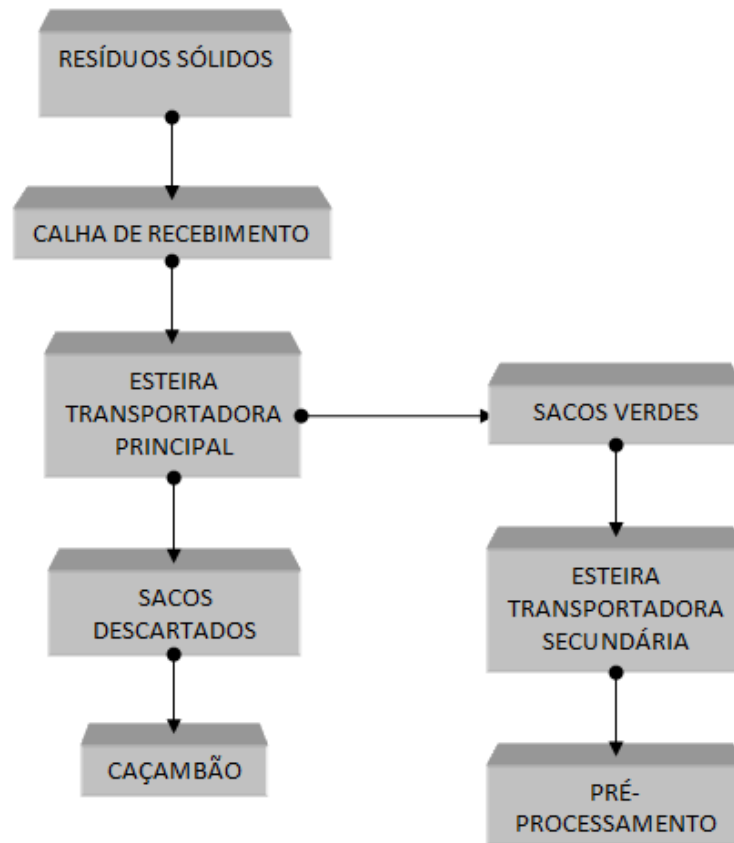


Figura 6.2: Fluxograma do funcionamento do Setor de Triagem dos Resíduos Sólidos Domiciliares.

### 6.3.4 3º Setor – Pré-processamento

Os sacos verdes selecionados no setor de triagem chegarão pela Esteira Transportadora Secundária. Os catadores rasgarão os sacos e os resíduos compostáveis seguirão para o Picador Rotativo, onde serão misturados e terão a granulometria reduzida.

Os resíduos de poda e capina serão picados pelo Picador de Árvores e encaminhados para o Picador Rotativo, que os misturaram com o lixo orgânico.

Após a passagem pelo Picador Rotativo, os resíduos seguirão para as leiras de compostagem.

Ressalta-se que assim como na Triagem, na segunda e terceira etapas do projeto, o setor de Pré-processamento possuirá duas linhas de tratamento, uma para os resíduos de grandes geradores e outra para os resíduos domiciliares. A figura 6.3 apresenta o funcionamento de ambas as linhas.

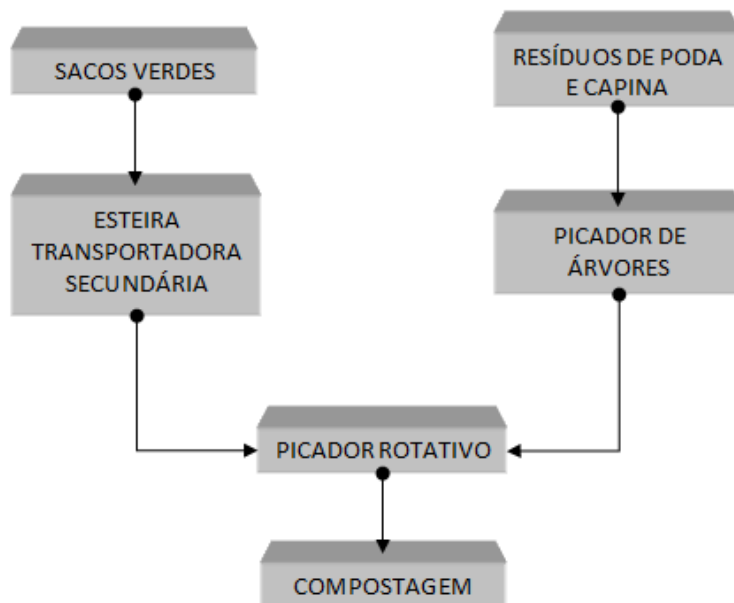


Figura 6.3: Fluxograma do funcionamento do setor de Pré-processamento.

### 6.3.5 4º Setor – Compostagem

Na etapa 1, os resíduos compostáveis de grandes gerados pré-processados serão dispostos em leiras no pátio de compostagem, com o auxílio de uma pá-carregadeira. O compostador utilizado para o revolvimento será o Backhus - 17.60. O tempo de compostagem no método de leiras revolvidas aceleradas com biotecnologia é de 20 dias. No cenário 3, em que serão tratados apenas os resíduos orgânicos do Jabaquara, será gerada, diariamente, uma leira com de 6 m de largura, 2,4 m de altura e 7,7 m de comprimento, sendo que a área total necessária para o ciclo de compostagem é de 970 m<sup>2</sup>. Já, no cenário 5, que considera a coleta e o tratamento das subprefeituras do Jabaquara e da Cidade Ademar, a leira gerada diariamente terá 23,1m de comprimento e a área total necessária para o ciclo de compostagem será de 2908 m<sup>2</sup>.

Nas etapas 2 e 3, os resíduos compostáveis provenientes do Pré-processamento serão dispostos em leiras, com o auxílio de uma pá-carregadeira para os resíduos domiciliares e uma escavadeira para os resíduos de grandes geradores. As leiras estarão em locais separados e cada uma delas será revolvida por um compostador diferente, sendo ambos do modelo 17.60 da Backhus. No cenário 3, diariamente serão geradas leiras com 22,3 m de comprimento (2ª etapa) e 32,8 m (3ª etapa); quanto a área total necessária para o ciclo de compostagem, na segunda etapa será necessária de 2810,8 m<sup>2</sup> e na terceira etapa de 4131,4 m<sup>2</sup>. O cenário 5 considera o mesmo volume de resíduos compostáveis tratados pela usina nas etapas 2 e 3, sendo que será gerada, diariamente, uma leira com 103,9m de

comprimento e área necessária para o processo de compostagem de 13.084 m<sup>2</sup>.

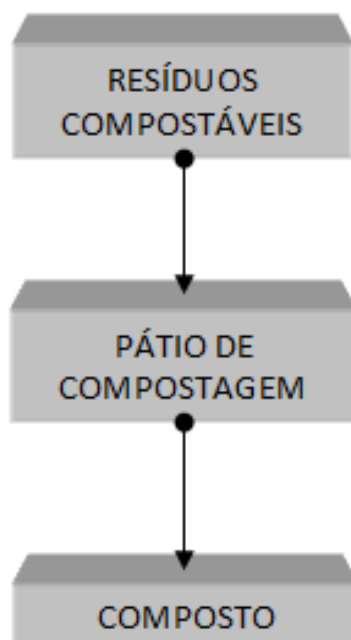


Figura 6.4: Fluxograma do funcionamento do setor de Compostagem.

### 6.3.6 5º Setor – Beneficiamento e Armazenamento

Neste setor, também, estão sendo consideradas duas linhas de processo, uma para composto classe “A” e outra para composto classe “C”. A figura 6.5 apresenta o esquema de funcionamento para as duas linhas de beneficiamento e armazenamento.

O composto curado é enviado para o secador, onde seu teor de umidade é reduzido. Em seguida, o composto é moído e peneirado em peneira rotativa de 3,3 mm. O fertilizante orgânico passante será estocado para ser vendido a granel ou será ensacado, estocado e vendido por saco. Já, o fertilizante retido será moído novamente e o processo será repetido enquanto for necessário.

O composto é armazenado em galpões fechados, com pé direito de 8 m. Todo o composto classe “A” produzido pela usina será ensaco, evitando assim a compra de outra escavadeira e caçambão para o cumprimento da legislação.

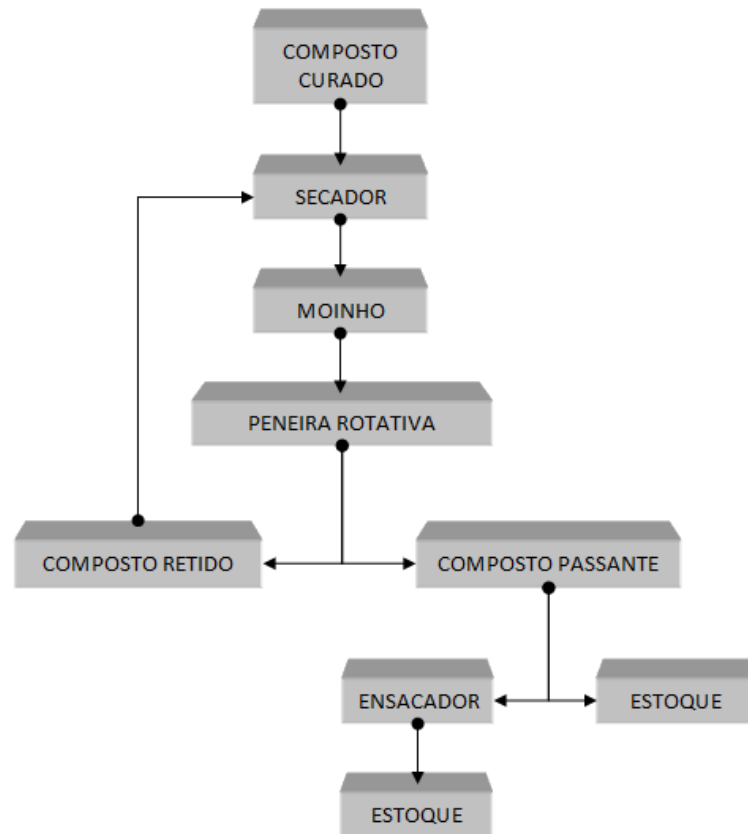


Figura 6.5: Fluxograma do funcionamento do setor de Beneficiamento e Armazenamento.

### 6.3.7 6º Setor – Expedição

Este é o último setor da Usina de Compostagem e pode ser dividido em dois ciclos: expedição de sacos descartados no processo de triagem e expedição de fertilizante orgânico a granel ou ensacado.

Os sacos descartados na Triagem são depositados em caçambão e enviados para a Estação de Transbordo Santo Amaro, vizinha a Usina de Compostagem. O caçambão é pesado tanto na saída quanto na chegada a usina.

O fertilizante orgânico estocado, em galpão fechado, é colocado num caçambão e transportado até o consumidor final. Este caçambão será pesado, antes e depois do carregamento, para ser calculada a tara do veículo e o peso de carga.

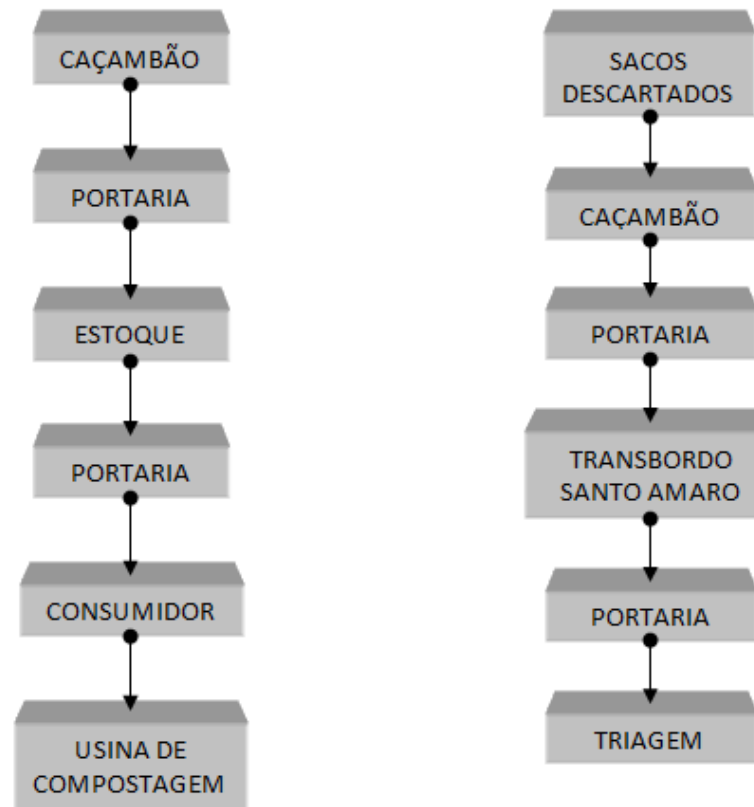


Figura 6.6: Fluxograma do funcionamento do setor de Expedição.

## *7 Conclusão*

O presente projeto visou apresentar um planejamento e concepção de um sistema de coleta e tratamento e concluiu-se que as metas foram, em sua grande maioria, atingidas.

Não foi possível, apenas, realizar um estudo de roteamento do sistema de coleta, por diversos motivos, e o grupo reconhece que se isso tivesse sido possível, o projeto estaria muito mais completo, com mais dados de despesas e receitas, além da criação de uma nova rede de rotas no bairro do Jabaquara.

Observou-se que a participação popular é um fator imprescindível para o sucesso deste projeto, pois, para que o empreendimento seja razoavelmente rentável, um certo limite mínimo deve ser atingido e, conforme os estudos e análises econômicas previamente executados, isso só pode ser possível com uma grande participação da população. Por esses motivos, um programa de conscientização se mostra altamente necessário. Contudo, este tipo de estudo foge do escopo deste trabalho. Além disso, é importante ressaltar que para que o composto resultante desse tratamento seja de boa qualidade, uma separação dos resíduos compostáveis deve ser de alta eficiência, pois as estatísticas têm mostrado que um composto de qualidade mediana não tem espaço no mercado atual. Além disso, vale mencionar que com uma maior conscientização é possível que haja uma diminuição da geração de resíduos como um todo.

Por fim, o grupo acredita que, principalmente devido às mudanças na PNRS, a compostagem terá um espaço cada vez mais valorizado e necessário e, portanto, espera que o presente projeto, juntamente com suas ideias, metodologias, estatísticas, referências e análises, sirva como base para delinear estudos futuros nessa área de tratamento de resíduos sólidos.



## *Referências Bibliográficas*

- [1] ECOMENSAGEM SISTEMA EDITORIAL S/C Ltda. **Resíduos Sólidos - Noções Básicas**. Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/lixo.htm>> – Acesso em: 30/05/2011
- [2] EncontraSP, **Subprefeitura do Jabaquara**. Disponível em: <<http://www.encontrajabaquara.com.br/jabaquara/subprefeitura-no-jabaquara.shtml>> – Acesso em 30/05/11
- [3] Prefeitura de São Paulo, **Jabaquara - Histórico I**. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/jabaquara/historico/index.php?p=266>> – Acesso em: 30/05/11
- [4] Prefeitura de São Paulo, **Jabaquara - Histórico II**. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/jabaquara/historico/index.php?p=267>> – Acesso em: 30/05/11
- [5] EncontraSP, **Mapa Bairros de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.encontrasaopaulo.com.br/mapa-de-sao-paulo.html>> – Acesso em: 30/05/11
- [6] EncontraSP, **Jabaquara**. Disponível em: <<http://www.encontrajabaquara.com.br/>> – Acesso em: 30/05/11
- [7] MULTISPECTRAL Mapas Digitais, **Geoportal - Mapas**. Disponível em: <<http://www.geoportal.com.br/>> – Acesso em: 30/05/11
- [8] ECOURBIS, **EcoUrbis - Página Inicial**. Disponível em: <<http://www.ecourbis.com.br/>> – Acesso em: 01/06/11
- [9] BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA-FILHO, J. V. **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011. 250 p.
- [10] FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 84 p.
- [11] BIDONE, F. R. A. **Resíduos Sólidos Provenientes de Coleta Especiais: Eliminação e Valorização**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 218 p.
- [12] REIS, M. F. P. **Avaliação do Processo de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Tese (Doutorado). Porto Alegre: 2005 Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- [13] MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em uma unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. Tese (Doutorado). São Carlos: 2008. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- [14] BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. Tese (Doutorado). São Paulo: 2005. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- [15] MISRA R.V. **On-Farm Composting Methods**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/007/y5104e/y5104e07.htm>> – Acesso em: 04/04/11
- [16] GOOGLE, **Google Earth**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>> – Acesso em: 02/03/11
- [17] GOOGLE, **Google Maps e Google Street View**. Disponível em: <<http://maps.google.com/help/maps/streetview/>> – Acesso em 07/05/11
- [18] Estado de São Paulo, **Central de Atendimento da Secretaria de Estado da Educação**. Disponível em: <<http://escola.edunet.sp.gov.br/>> – Acesso em 07/05/11
- [19] Prefeitura de São Paulo, **Infoloc@l**. Disponível em: <<http://infolocal.prefeitura.sp.gov.br/mapa.php>> – Acesso em: 11/05/11
- [20] Prefeitura de São Paulo, **Jabaquara - Feiras Livres**. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/abastecimento/feiras\\_livres/onde\\_encontrar/index.php?p=17517](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/abastecimento/feiras_livres/onde_encontrar/index.php?p=17517)> – Acesso em: 11/05/11
- [21] Histórico Demográfico do Município de São Paulo, **Dados Demográficos dos Distritos pertencentes as Subprefeituras**. Disponível em: <[http://smdu.prefeitura.sp.gov.br/historico\\_demografico/tabelas/pop\\_dist.php](http://smdu.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/tabelas/pop_dist.php)> – Acesso em: 31/10/11
- [22] VitrinadoBairro.com.br, **Lista de Restaurantes**. Disponível em: <[http://www.vitrinodobairro.com.br/categoria/distrito.asp?categoria=restaurantes&cod\\_distrito=jabaquara&pag=1](http://www.vitrinodobairro.com.br/categoria/distrito.asp?categoria=restaurantes&cod_distrito=jabaquara&pag=1)> – Acesso em: 22/05/11
- [23] GuiaMais.com, **Restaurantes em Jabaquara, São Paulo, SP**. Disponível em: <<http://www.guiamais.com.br/busca/restaurantes-jabaquara-sao+paulo-sp>> – Acesso em: 22/05/11
- [24] EncontraSP, **Restaurantes do Jabaquara**. Disponível em: <<http://www.encontrajabaquara.com.br/r/restaurantes-no-jabaquara.shtml>> – Acesso em: 22/05/11
- [25] O Melhor do Bairro, **Fast Food no Jabaquara**. Disponível em: <[http://www.omelhordobairro.com.br/jabaquara/page7565.htm?busca=&busca\\_categoria=345](http://www.omelhordobairro.com.br/jabaquara/page7565.htm?busca=&busca_categoria=345)> – Acesso em: 22/05/11

- [26] Kekanto, **Habib's Jabaquara**. Disponível em: <<http://br.kekanto.com/biz/habib-s-jabaquara>> – Acesso em: 22/05/11
- [27] O Melhor do Bairro, **Atacadistas no Jabaquara**. Disponível em: <[http://www.omehordobairro.com.br/jabaquara/page7565.htm?busca=&busca\\_categoria=7](http://www.omehordobairro.com.br/jabaquara/page7565.htm?busca=&busca_categoria=7)> – Acesso em: 22/05/11
- [28] O Melhor do Bairro, **Conheça o Melhor do Bairro Jabaquara**. Disponível em: <<http://www.omehordobairro.com.br/jabaquara/>> – Acesso em: 22/05/11
- [29] Sampa Online, **Padarias e Confeitarias no bairro de Jabaquara**. Disponível em: <<http://www.sampaonline.com.br/comercios/padarias.php?idBairro=jabaquara>> – Acesso em: 22/05/11
- [30] CETESB, **Licenciamento - Quem deve solicitar**. Disponível em: <[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/aia\\_quem.asp](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/aia_quem.asp)> – Acesso em : 15/10/11
- [31] ZORPAS, A.; KAPETANIOS, E.; ZORPAS, G.; KARLIS, P.; VLYSSIDES, A.; HARALAMBOUS, I.; LOUZIDOU, M. 2000. **Compost produced from organic fraction of municipal solid waste, primary stabilized sewage sludge and natural zeolite**. Journal of Hazardous Materials, n. B77, p. 149 - 159.
- [32] KIEHL, E.J. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba - SP, 2000.
- [33] KIEHL, E.J. **Manual da Compostagem; Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba - SP, 2004.
- [34] KIEHL, E.J. **Adubação Orgânica. 500 Perguntas & Respostas**. Piracicaba - SP, 2005.
- [35] GARCILASSO, V.P.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; COELHO, S.T. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente de Aterro Sanitário - Estudo de Caso** Trabalho publicado no evento: XIII Congresso Brasileiro de Energia - XIII CBE, 09 a 11 de novembro de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [36] HENRIQUES, 1999 apud ROCHA, E.A.P., 2005, p.67 **Estudo de Fatores Sócio-Econômicos Intervenientes na Geração e Características do Resíduo Sólido Doméstico da Cidade de Vitória-ES**. Dissertação de Mestrado.
- [37] IBGE, **Sinopse por Setores**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>> – Acesso em: 11/11/11
- [38] PDD - Documento de Concepção de Projeto. **Projeto de Crédito de Carbono CTL**. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/DB/T08Y3HJJ196EWJA1QVNCLJR4LQCDV6/view.html>> – Acesso em: 31/05/11

## *APÊNDICE A -- Anexos*

### **A.1 Zoológico e Zoo Safari**

Segundo informações da Fundação Parque Zoológico de São Paulo, os resíduos orgânicos compostáveis gerados são encaminhados a uma UPCO (Unidade de Produção de Composto Orgânico) própria da Fundação e localizada dentro dos limites da área do parque, assim como uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). No entanto, como alternativa de projeto, foi realizado o levantamento dos resíduos advindos do Zoológico e do Zoo Safari que possivelmente seriam contemplados no projeto, sendo coletados e encaminhados à estação de compostagem do projeto.

Os resíduos compostáveis coletados no Zoológico e no Zoo Safari são compostos de material vegetal de podas e restos vegetais (folhas, galhos e resto de árvores caídas, principalmente de Jerivás), resíduos de sobra de alimentação (frutas, verduras, legumes, carnes e cobaias do biotério), dejetos dos animais e restos de camas dos recintos e restos de animais mortos. O volume de lodo da Estação de Tratamento de Efluentes passível de compostagem é muito pequeno e não foi considerado neste cenário.

Tabela A.1: Dados sobre os resíduos do Zoológico e do Zoo Safari. (fonte: Fundação Parque Zoológico de São Paulo – Arqt<sup>o</sup>. Carlos Augusto Magalhães Batista - Chefe Setor de Gestão Ambiental)

<b>Fonte de Resíduos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Observação</b>
Lodo da ETE	0,15 m <sup>3</sup> /dia	-
Resíduos de sobra de alimentos e restos de animais	0,5 a 1 ton/dia	-
Material vegetal de podas e restos vegetais	Não disponível	Varia com a sazonalidade

## A.2 Informações sobre os Aterros Sanitários

### A.2.1 Central de Tratamento de Resíduos Leste – CTL

- **Proprietário:** EcoUrbis Ambiental S/A
- **Localização:** O aterro CTL está localizado na Avendida Sapopemba, 22.254, km 32, Cidade de São Paulo – SP. Coordenadas Geográficas: Latitude = 23° 37' 52.17" S / Longitude = 23° 37' 52.17" W
- **Breve Histórico:** A EcoUrbis Ambiental S.A. é a companhia responsável pela implantação e operação do aterro CLT e também do serviço de coleta e disposição final de resíduos sólidos das regiões leste e sul da cidade de São Paulo, atendendo uma área de aproximadamente 6.000.000 habitantes sob concessão de 20 anos que pode ser renovada por mais 20 anos.
- **Resíduos Recebidos:** Resíduos domiciliares (Classe II-A e II-B).
- **Início de Operação:** Novembro de 2010.
- **Área:** O aterro possui uma área de 1.123.590 m<sup>2</sup>, porém somente um terço desta será disponibilizada para disposição de resíduos. Existe a possibilidade futura de incremento de área para disposição de resíduos, no entanto esta ainda será analisada no futuro.
- **Vida Útil:** Até 2021.
- **Volume Médio de Resíduos Recebidos (todos os tipos):** 2.001.913 toneladas/ano. [38]



Figura A.1: Vista aérea da Cava Leste do Aterro CTL durante a fase de operação antes do início da fase de recebimento de resíduos. (fonte: PDD (Documento de Concepção de Projeto) do Projeto de Biogás de Aterro CTL, extraído do website da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). [38])

Tabela A.2: Composição do Lixo Recebido pela Central de Tratamento de Resíduos Leste – CTL. (fonte: PDD (Documento de Concepção de Projeto) do Projeto de Biogás de Aterro CTL, extraído do website da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). [38])

<b>Composição do Lixo Recebido</b>	
Madeira	1,31%
Polpa, papel e papelão	9,85%
Restos de alimentos	62,51%
Têxteis	2,39%
Resíduos de poda e jardinagem	0%
Vidro, plástico, metal e outros resíduos inertes	23,95%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

### A.2.2 Aterro Sanitário CDR Pedreira

- **Proprietário:** CDR PEDREIRA - CENTRO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS LTDA.



Figura A.2: Vista geral do sistema de captação e queima de biogás do Aterro CTL. (fonte: PDD (Documento de Concepção de Projeto) do Projeto de Biogás de Aterro CTL, extraído do website da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). [38])

- **Localização:** O aterro está localizado na Estrada Prof. Edmundo Rosset, 7450, V-Bella, São Paulo – SP, Coordenadas Geográficas: Latitude =  $23^{\circ} 24' 23.57''$  S / Longitude =  $46^{\circ} 33' 30.47''$  W
- **Breve Histórico:** Foi concebido com um centro de excelência de tratamento e disposição de resíduos em São Paulo. O local de uma mina desativada foi usado como local do aterro. O CDR Pedreira cumpre todas as exigências técnicas e ambientais aplicáveis para o tratamento de resíduos domiciliares e industriais.
- **Resíduos Recebidos:** Resíduos domiciliares e industriais (Classe II-A e II-B)
- **Início de Operação:** Outubro de 2001.
- **Área:** O aterro possui uma área total de  $562.052 \text{ m}^2$ , no entanto, uma área de  $412.437 \text{ m}^2$  ainda encontra-se disponível para outros usos.
- **Vida Útil:** Até 2018.
- **Volume Médio de Resíduos Recebidos (todos os tipos):** 1.644.00 toneladas/ano. [38]

Tabela A.3: Composição do Lixo Recebido pelo Aterro Sanitário CDR Pedreira. (fonte: ESTRE Ambiental S/A, contato: Bruno Tyaki de Araújo Caldas – Coordenador de Sistemas de Biogás)

Composição do Lixo Recebido	
Madeira	4,07%
Polpa, papel e papelão	9,99%
Restos de alimentos	48,7%
Têxteis	5,91%
Resíduos de poda e jardinagem	5,15%
Vidro, plástico, metal e outros resíduos inertes	26,18%
<b>Total</b>	<b>100%</b>



Figura A.3: Vista aérea do aterro CDR Pedreira. (fonte: Google Earth – Acessado em 07/06/2011)

### A.2.3 Aterro Sanitário CTR Caieiras

- **Proprietário:** ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A.
- **Localização:** O aterro localiza-se na Rodovia dos Bandeirantes, km 33, Caieiras



– SP, Coordenadas Geográficas (UTM): 7418600 até 7416000 Norte / 317800 até 319800 Leste

- **Resíduos Recebidos:** Resíduos domiciliares e industriais classe I e II.
- **Início de Operação:** Setembro de 2002.
- **Área:** Possui área total de 3.500.000 m<sup>2</sup>, sendo 1.500.000 m<sup>2</sup> destinados somente ao aterramento de lixo. A unidade contempla o aterro para co-disposição de resíduos domiciliares e industriais classe II, o aterro para resíduos industriais classe I, unidade de pré-tratamento de resíduos perigosos e a Unidade de Dessorção Térmica (TDU) de solos contaminados, além de um depósito de estocagem temporária de resíduos e laboratório para controle de recebimento e monitoramento da unidade.
- **Vida Útil:** Fechamento ainda não determinado.
- **Volume Médio de Resíduos Recebidos (todos os tipos):** 10.000 toneladas/dia. [35]

Tabela A.4: Composição do Lixo Recebido pelo Aterro Sanitário CTR Caieiras. (fonte: PDD (Documento de Concepção de Projeto) do Projeto de Redução de Emissão de Biogás Caieiras, extraído do website da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC).)

Composição do Lixo Recebido	
Madeira	2%
Polpa, papel e papelão	22%
Restos de alimentos/Resíduos de poda e jardinagem	43%

## A.3 Legislação

Neste item serão apresentados o Decreto nº 4.954 e as instruções normativas: IN SDA Nº 25/2009, IN SDA Nº 35/2006 e IN SDA Nº 27/2006, que dispõem sobre os tipos de compostos que serão produzidos (fertilizantes e corretivos) pela usina de compostagem projetada.



Figura A.4: Vista aérea do aterro CTR Caieiras. (fonte: <http://www.essencis.com.br/portlets/unidades/essencis-sp> – Acessado em 07/06/2011)

### A.3.1 Decreto nº 4.954, de 2004

*“Art. 1º Este Regulamento estabelece as normas gerais sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.*

*Art. 2º Para os fins deste Regulamento, considera-se:*

*I - produção: qualquer operação de fabricação ou industrialização e acondicionamento que modifique a natureza, acabamento, apresentação ou finalidade do produto;*

*II - comércio: atividade que consiste na compra, venda, cessão, empréstimo ou permuta de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes e matérias-primas;*

*III - fertilizante: substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas, sendo:*

*a) fertilizante mineral: produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas;*

*b) fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;*

l) *fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;*

m) *fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;*

n) *fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas; e*

o) *fertilizante organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos*

IV - *corretivo: produto de natureza inorgânica, orgânica ou ambas, usado para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, isoladas ou cumulativamente, ou como meio para o crescimento de plantas, não tendo em conta seu valor como fertilizante, além de não produzir característica prejudicial ao solo e aos vegetais, assim subdivido:*

a) *corretivo de acidez: produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos;*

b) *corretivo de alcalinidade: produto que promove a redução da alcalinidade do solo;*

c) *corretivo de sodicidade: produto que promove a redução da saturação de sódio no solo;*

d) *condicionador do solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo; e*

e) *substrato para plantas: produto usado como meio de crescimento de plantas;*

V - *inoculante: produto que contém microorganismos com atuação favorável ao crescimento de plantas, entendendo-se como:*

a) *suporte: material excipiente e esterilizado, livre de contaminantes segundo os limites estabelecidos, que acompanha os microorganismos e tem a função de suportar ou nutrir, ou ambas as funções, o crescimento e a sobrevivência destes microorganismos, facilitando a sua aplicação; e*

b) *pureza do inoculante: ausência de qualquer tipo de microorganismos que não sejam os especificados;*

*Art. 19. Para os fins deste Regulamento, a classificação geral dos estabelecimentos, de acordo com sua atividade, é a seguinte:*

*I - produtor: aquele que transforma matéria-prima ou produtos primários, semi-industrializados ou industrializados, modificando a sua natureza, acabamento, apresentação ou finalidade, em fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes;”*

### **A.3.2 Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009 (D.O.U. 28/07/2009)**

*“MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO*

*SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA*

*INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009*

*O SECRETÁRIO DE DEFESA AGROPECUÁRIA, DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, no uso das atribuições que lhe conferem os arts. 9º e 42, do Anexo I, do Decreto nº 5.351, de 21 de janeiro de 2005, tendo em vista o disposto no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamentou a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, na Instrução Normativa nº 10, de 6 de maio de 2004, e o que consta do Processo nº 21000.004194/2007-77, resolve:*

*.Art. 1º Aprovar as NORMAS SOBRE AS ESPECIFICAÇÕES E AS GARANTIAS, AS TOLERÂNCIAS, O REGISTRO, A EMBALAGEM E A ROTULAGEM DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS SIMPLES, MISTOS, COMPOSTOS, ORGANOMINERAIS E BIOFERTILIZANTES DESTINADOS À AGRICULTURA, na forma dos Anexos à presente Instrução Normativa.*

#### *CAPÍTULO I*

#### *DAS DEFINIÇÕES*

*Art. 1º Para efeito desta Instrução Normativa, entende-se por:*

*I - lodo de esgoto: matéria-prima proveniente do sistema de tratamento de esgotos sanitários, possibilitando um produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes;*

*II - vermicomposto: produto resultante da digestão, pelas minhocas, da matéria orgânica proveniente de esterco, restos vegetais e outros resíduos orgânicos, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contami-*

nantes;

III - composto de lixo: produto obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes;

VI - fertilizante orgânico e organomineral para hidroponia: produto de natureza fundamentalmente orgânica, que se destina à aplicação em sistemas de cultivo sem solo ou hidropônico;

XII - fertilizante orgânico e organomineral complexado: produto de natureza fundamentalmente orgânica que contém em sua composição Cálcio, Magnésio ou micronutrientes ligados quimicamente a um ou mais agentes complexantes;

XIII - fertilizante orgânico e organomineral quelatado: produto de natureza fundamentalmente orgânica que contém em sua composição Cálcio, Magnésio ou micronutrientes ligados quimicamente a um ou mais agentes quelantes;

XIV - declaração: indicação da quantidade de nutrientes, propriedades e características do produto, garantidas de acordo com os limites estabelecidos;

XV - garantia: indicação da quantidade percentual em peso de cada elemento químico, ou de qualquer outro componente do produto, incluindo também a data de validade;

XVI - teor declarado ou garantido: o teor de um elemento químico, nutriente, ou do seu óxido, ou de qualquer outro componente do produto que, em obediência à legislação específica, deverá ser nitidamente impresso no rótulo, ou na etiqueta de identificação ou em documento relativo a um fertilizante;

XVII - fertilizante a granel: produto armazenado, depositado ou transportado sem qualquer embalagem ou acondicionamento;

XVIII - índice salino: valor que indica o aumento da pressão osmótica produzido por um determinado fertilizante, em comparação com nitrato de sódio, índice salino = 100 (cem);

XIX- capacidade de troca catiônica (CTC): quantidade total de cátions adsorvidos por unidade de massa, expresso em mmolc/kg;

XX - condutividade elétrica: é a capacidade de uma solução de conduzir corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos, sendo o valor expresso em miliSiemens por centímetro (mS/cm).

Art. 2º Os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais serão classificados de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção em:

I - Classe "A": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II - Classe "B": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

III - Classe "C": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e

IV - Classe "D": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura. Art. 3º Os fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, de acordo com a sua natureza física, terão as especificações estabelecidas nos parágrafos seguintes. § 1º Produto sólido: constituído de partículas ou frações sólidas, apresentando-se como se segue:

I - para granulado, pó, farelado e farelado grosso:

NATUREZA FÍSICA	ESPECIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA		
	Peneira	Passante	Retido
Granulado	4,0 mm (ABNT nº 5)	95% mínimo	5% máximo
	1,0 mm (ABNT nº 18)	5% máximo	95% mínimo
Pó	2,0 mm (ABNT nº 10)	100%	0%
	0,84 mm (ABNT nº 20)	70% mínimo	30% máximo
	0,3 mm (ABNT nº 50)	50% mínimo	50% máximo
Farelado	3,36 mm (ABNT nº 6)	95% mínimo	5% máximo
	0,5 mm (ABNT nº 35)	25% máximo	75% mínimo
Farelado Grosso	4,8mm (ABNT nº 4)	100%	0%
	1,0 mm (ABNT nº 18)	20% máximo	80% mínimo

Figura A.5: Reprodução da tabela sobre especificação granulométrica.

#### DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 18. Os fertilizantes orgânicos das classes "C" e "D", descritas no art 2º deste Anexo, somente poderão ser comercializados para consumidores finais, mediante recomendação técnica firmada por engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal, respeitada a

área de competência.

*Art. 19. Os fertilizantes orgânicos das classes "A" e "B", descritas no art 2º deste Anexo, que utilizem esterco suíno como matéria-prima ou outros subprodutos pecuários que apresentarem restrição de uso, somente poderão ser comercializados mediante recomendação técnica firmada por engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal, respeitada a área de competência.*

*Art. 20. Sem prejuízo do disposto no art. 6º da Instrução Normativa Ministerial nº 10, de 2004, o estabelecimento que produza fertilizantes orgânicos de classe "A" fica impedido de usar matérias-primas previstas para a produção de fertilizantes orgânicos de Classes "B", "C" e "D", caso não apresente no requerimento de registro de estabelecimento, ou na sua renovação ou atualização, o seguinte:*

*I - instalação para armazenagem de matérias-primas em áreas individualizadas de forma que não permita mistura ou contaminação das matérias-primas utilizadas para o produto Classe "A", tendo cada área identificação clara dos subprodutos;*

*II - linhas de produção e embalagem separadas, ou que contenham previsão de desinfecção das máquinas e equipamentos quando houver produção dos fertilizantes orgânicos das classes "B", "C" e "D";*

*III - existência de equipamentos de movimentação das matérias primas e produtos exclusivos para os fertilizantes orgânicos da classe "A"; e*

*IV - previsão de sistema de controle de entrada de matérias-primas e de saída de produtos acabados, com manutenção da documentação à disposição da fiscalização, pelo prazo mínimo de 180 (cento e oitenta) dias.*

*Art. 21. Fica vedada a utilização de serragem ou maravalha contaminadas com resíduos de produtos químicos para tratamento de madeira como matéria-prima para produção dos fertilizantes de que trata esta Instrução Normativa.*

## ANEXO II

*ESPECIFICAÇÕES DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS SIMPLES \*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)*

<b>Orgânico simples processado</b>	<b>U% máx.</b>	<b>pH</b>	<b>*C org% min.</b>	<b>N% min.</b>	<b>*CTC mínimo</b>	<b>*CTC/C mínimo</b>
<i>Estercos e camas</i>	40	Conforme Declarado <sup>(1)</sup>	20	1	Conforme Declarado <sup>(1)</sup>	Conforme Declarado <sup>(1)</sup>
<i>Tortas vegetais</i>	40		35	5		
<i>Turfa</i>	40		15	0,5		
<i>Linhita</i>	40		20	0,5		
<i>Leonardita</i>	40		25	0,5		
<i>Vinhaça<sup>(2)</sup></i>	-		3	-		
<i>Parâmetros de referência para outros fertilizantes orgânicos simples</i>	40		15	0,5		

Figura A.6: Reprodução da tabela sobre especificações dos fertilizantes orgânicos simples. Valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C. (1) É obrigatória a declaração no processamento de registro de produto. (2) Deverá ser declarado o valor de potássio.

### ANEXO III

<b>Garantia</b>	<b>Misto/composto</b>				<b>Vermicomposto</b>
	<i>Classe A</i>	<i>Classe B</i>	<i>Classe C</i>	<i>Classe D</i>	<i>Classes A, B, C, D</i>
<i>Umidade (máx.)</i>	50	50	50	70	50
<i>N total (mín.)</i>	0,5				
<i>*Carbono orgânico (mín.)</i>	15				10
<i>*CTC<sup>(1)</sup></i>	Conforme declarado				
<i>pH (mín.)</i>	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
<i>Relação C/N (máx.)</i>	20				14
<i>*Relação CTC/C<sup>(1)</sup></i>	Conforme declarado				
<i>Outros nutrientes</i>	Conforme declarado				

Figura A.7: Reprodução da tabela sobre especificações dos fertilizantes orgânicos simples. Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos \*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C).

### ANEXO IV RESTRIÇÕES DE USO QUE DEVERÃO CONSTAR DA EMBALAGEM



Fertilizante orgânico	Restrição de uso
Classe "D"	Aplicação somente através de equipamentos mecanizados. Durante o manuseio e aplicação, deverão ser utilizados equipamentos de proteção individual (EPI). Uso proibido em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.
Composto de resíduos de origem animal e da criação de animais (cama de aves, esterco de aves ou de suínos)	Uso permitido em pastagens e capineiras apenas com incorporação ao solo. No caso de pastagens, permitir o pastoreio somente após 40 dias depois da incorporação do fertilizante ao solo. Uso proibido na alimentação de ruminantes, armazenar em local protegido do acesso desses animais.

Figura A.8: Reprodução da tabela sobre restrições das embalagens dos produtos.

## ANEXO VI

### ADITIVOS AUTORIZADOS PARA USO EM FERTILIZANTES ORGÂNICOS ORGANOMINERAIS"

ADITIVO	USO APROVADO	FUNÇÃO
<i>Ácidos Carboxílicos e Hidroxi-carboxílicos</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Agentes corantes</i>	Fertilizantes em geral	Rastreabilidade
<i>Agentes acidificantes e alcalinizantes</i>	Fertilizantes em geral	Ajuste de pH, estabilizante
<i>Amiláceos</i>	Fertilizantes em geral	Inerte com melhoria na granulação e resistência mecânica
<i>Aminas e Poliaminas</i>	Fertilizantes em geral	Recobrimento. Estabilidade química
<i>Antiempedranes</i>	Fertilizantes sólidos - concentração máxima admitida no fertilizante de 5% da massa	Antiempedranes e secante
<i>Ceras</i>	Fertilizantes sólidos	Recobrimento.
<i>Compostos Salicílicos</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Espessante Tixotrópico</i>	Fertilizantes em geral	Agente suspensor. Melhoria da mistura e da granulação
<i>Óleos</i>	Em fertilizantes granulados.	Redução de pó
<i>Polímeros Vegetais</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Sacarídeos</i>	Fertilizantes em geral	Aumento da absorção ativa de nutrientes, espessante e adesivo
<i>Polióis</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Acetilacetatos</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Compostos específicos de Ferro II</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Compostos Oxine</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Compostos naturais - Aminoácidos, Substâncias húmicas, Extrato pirolenhoso ou Extrato de algas</i>	Fertilizantes em geral	Estabilizante
<i>Traçadores</i>	Fertilizantes em geral	Rastreabilidade
<i>Tensoativos/Surfactantes</i>	Fertilizantes em geral - concentração máxima admitida no fertilizante - 5% da massa	Dispersante - diminui a tensão superficial melhorando a distribuição nas folhas

Figura A.9: Reprodução da tabela sobre aditivos autorizados para uso em fertilizantes orgânicos organominerais.

### A.3.3 Instrução Normativa SDA/MAPA 35/2006 (D.O.U. 12/07/2006)

“MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO  
SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA

*INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 35, DE 4 DE JULHO DE 2006*

*O SECRETÁRIO DE DEFESA AGROPECUÁRIA, DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, no uso das atribuições que lhe confere o art. 42, combinado com o art. 9º, inciso II, ambos do Anexo I, do Decreto nº 5.351, de 21 de janeiro de 2005, tendo em vista o disposto o art. 109, do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, e do que consta do Processo Administrativo nº 21000.004799/2006-87, resolve:*

*.Art. 1º Fica aprovada as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa.*

*.Art. 2º O descumprimento das normas estabelecidas nesta Instrução Normativa, sujeita ao infrator às sanções previstas no Decreto nº 4.954, de 2004.*

*CAPÍTULO I**DAS DEFINIÇÕES*

*Art. 1º Para efeito da presente Instrução Normativa, entende-se por:*

*I - corretivo de acidez: produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos; II - corretivo de alcalinidade: produto que promove a redução da alcalinidade do solo; III - corretivo de sodicidade: produto que promove a redução da saturação de sódio no solo; IV - condicionador do solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, podendo recuperar solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente; Seção V Condicionador de Solo Art. 6º Os condicionadores de solo serão classificados de acordo com as matérias-primas, em: I - Classe “A”: produto que em sua fabricação utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo o sódio (Na+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos; II - Classe “B”: produto que em sua fabricação utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria onde o sódio (Na+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo; III - Classe “C”: produto que em sua fabricação utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura; IV - Classe “D”: produto que em sua fabricação utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do trata-*

mento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura; V - Classe “E”: produto que em sua fabricação utiliza exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou química; e VI - Classe “F”: produto que em sua fabricação utiliza em qualquer proporção a mistura de matérias-primas dos produtos das Classes “A” e “E”, respectivamente dos incisos I e V deste artigo. Art. 7º Os condicionadores de solo deverão apresentar as seguintes especificações de garantias mínimas: § 1º Quando o produto for destinado à melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas do solo: I - Capacidade de Retenção de Água (CRA) - mínima de 60% (sessenta por cento); e II - Capacidade de Troca Catiônica (CTC) - mínimo de 200 mmol c/kg. CAPÍTULO IV DO REGISTRO DE PRODUTOS § 4º Com relação aos produtos previstos no parágrafo anterior: § 7º Os condicionadores de solo das classes “C” e “D”, descritos no art. 6º, deste Anexo, somente poderão ser registrados se atendidas as garantias previstas para os fertilizantes orgânicos, de acordo com a Instrução Normativa nº 23, de 31 de agosto de 2005, ou em outra norma que venha a sucedê-la. CAPÍTULO VI DAS DISPOSIÇÕES FINAIS Art. 12. Os Condicionadores de Solo das classes “C” e “D”, descritos no art. 6º, deste Anexo, somente poderão ser comercializados para consumidores finais, mediante recomendação técnica firmada por engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal, respeitada a respectiva área de competência.”

#### **A.3.4 Instrução Normativa SDA/MAPA 27/2006 (D.O.U. 09/06/2006)**

“MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 27, DE 5 DE JUNHO DE 2006 O SECRETÁRIO DE DEFESA AGROPECUÁRIA-SUBSTITUTO, DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, no uso da atribuição que confere o art. 42, do Anexo I, do Decreto nº 5.351, de 21 de janeiro de 2005, tendo em vista o disposto no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamentou a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, e o que consta do Processo nº 21000.001052/2005-96, resolve: Art. 1º Os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa nº que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. Art. 2º Os estabelecimentos que produzam ou importem fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes deverão manter controle periódico das matérias-primas e dos produtos

no que se refere aos contaminantes previstos nesta Instrução Normativa, sem prejuízo de controles previstos em outras legislações e normas. Art. 3º Aos resultados analíticos obtidos serão admitidas tolerâncias limitadas a 30% (trinta por cento) dos valores definidos nesta Norma. Parágrafo único. A tolerância prevista no caput deste artigo não se aplica aos limites estabelecidos como ausentes dos Anexos IV e V. Art. 4º Os métodos analíticos para determinação dos agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas previstos nesta Norma serão estabelecidos em até um ano, a partir da data de publicação desta Instrução Normativa, por ato da Secretaria de Defesa Agropecuária SDA, de acordo com o disposto nos arts. 70 e 71 do regulamento aprovado pelo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. ANEXO III LIMITES MÁXIMOS DE METAIS PESADOS TÓXICOS ADMITIDOS EM CORRETIVOS DE ACIDEZ, DE ALCALINIDADE, DE SODICIDADE E PARA SILICATO DE CÁLCIO, SILICATO DE MAGNÉSIO, CARBONATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO E ESCÓRIA SILICATADA

- Cádmió: 20,00 mg/kg
- Chumbo: 1.000,00 mg/kg

ANEXO IV LIMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES ADMITIDOS EM SUBSTRATO PARA PLANTAS E CONDICIONADORES DE SOLO

- Sementes ou qualquer material de propagação de ervas daninhas: 0,5 planta por litro, avaliado em teste de germinação
- As espécies fitopatogênicas dos Fungos do gênero Fusarium, Phytophthora, Pythium, Rhizoctonia e Sclerotinia: Ausência
- Arsênio (mg/kg): 20,00
- Cádmió (mg/kg): 8,00
- Chumbo (mg/kg): 300,00
- Cromo (mg/kg): 500,00
- Mercúrio (mg/kg): 2,50
- Níquel (mg/kg): 175,00
- Selênio (mg/kg): 80,00

- Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/gde MS): 1.000,00
- Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST): 1,00
- Salmonella sp: Ausência em 10g de matéria seca

*ANEXO V LIMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES ADMITIDOS EM FERTILIZANTES ORGÂNICOS”*

- Arsênio (mg/kg): 20,00
- Cádmio (mg/kg): 3,00
- Chumbo (mg/kg): 150,00
- Cromo (mg/kg): 200,00
- Mercúrio (mg/kg): 1,00
- Níquel (mg/kg): 70,00
- Selênio (mg/kg): 80,00
- Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/gde MS): 1.000,00
- Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST): 1,00
- Salmonella sp: Ausência em 10g de matéria seca

### **A.3.5 Resolução SMA 51, de 25 de junho de 1997**

Dispõe sobre a exigência ou dispensa de Relatório Ambiental Preliminar - RAP para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios.

*“Artigo 3º Para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem que operem com quantidades superior a 25 toneladas por dia de resíduos sólidos domésticos, assim como para os demais sistemas de tratamento e disposição de resíduos sólidos domésticos,*

*industriais e de resíduos de serviços de saúde e outros, o processo de licenciamento deverá seguir os critérios estabelecidos pela Resolução SMA nº 42/94, ou seja, solicitação de Licença Prévia, instruída de RAP, com requerimento apresentado à Cetesb.”*

### **A.3.6 DECRETO N. 47.397-02, DE 4 DE DEZEMBRO DE 2002**

Dá nova redação ao Título V e ao Anexo 5 e acrescenta os Anexos 9 e 10, ao Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

*“GERALDO ALCKMIN, Governador do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, Decreta:*

*Artigo 1º - O Título V, do Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo*

*Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, passa a vigorar com a seguinte redação:*

*TÍTULO V*

*Das Licenças*

*CAPÍTULO I*

*Das Fontes de Poluição*

*Artigo 57 - Para efeito de obtenção das Licenças Prévia, de Instalação e de Operação, consideram-se fontes de poluição:*

*IV - sistemas de saneamento, a saber:*

*a) sistemas autônomos públicos ou privados de armazenamento, transferência, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos;”*

## **A.4 PNRS - Versão Preliminar**

*“3.1.4. Redução de Resíduos Sólidos Urbanos Úmidos dispostos em aterros sanitários, tratamento e Recuperação de Gases em aterros sanitários Diretriz 01 : Induzir a compostagem da parcela orgânica dos RSU e a geração de energia por meio do aproveitamento dos gases provenientes da biodigestão de composto orgânico e dos gases gerados*

em aterros sanitários (biogás) *Estratégias:* 1. Implementar melhorias na segregação dos RSU domiciliares e comerciais, principalmente no que se refere à parcela úmida de forma a propiciar a obtenção de um composto orgânico de alta qualidade, otimizando o seu aproveitamento quer seja para utilização de composto para fins agrícolas e de jardinagem ou para fins de geração de energia. 2. Implementar medidas especificamente voltadas para feiras, CEASAs e demais pontos de concentração de produtos cujos resíduos orgânicos sejam passíveis de aproveitamento com vistas a melhoria do atual gerenciamento dos resíduos gerados e a consequente obtenção de um composto orgânico de alta qualidade, otimizando o seu aproveitamento para obtenção de composto para fins agrícolas e de jardinagem ou para fins de geração de energia. 3. Implementar medidas para aproveitamento do potencial dos materiais provenientes de capinação e poda de arvores. 4. Disponibilizar recursos especificamente voltadas para a implantação de novas unidades de biodigestão ou modernização/ampliação das existentes. 5. Disponibilizar recursos especificamente voltados para a realização de estudos de viabilidade técnica e econômica de sistema de captação de gases em aterros sanitários existentes ou novos. 6. Disponibilizar recursos especificamente voltados para a implantação de sistemas de captação e geração de energia em aterros sanitários (novos e existentes) 7. Elaborar cartilhas e manuais orientativos bem como realizar atividades de capacitação dos gestores públicos sobre a importância de uma adequada segregação na fonte e as oportunidades de aproveitamento dos materiais dela decorrentes. 8. Realizar atividades de difusão tecnológica e de conhecimentos no tema (biodigestão e biogás). 9. Desenvolvimento Tecnológico visando a otimização e o aumento da eficiência dos processos de compostagem e do aproveitamento energético dos resíduos orgânicos, considerando-se as especificidades regionais. 10. Articulação junto aos órgãos estaduais de meio ambiente visando a uniformização dos procedimentos referentes ao processo de licenciamento. 11. Fomento ao uso de compostos orgânicos como nutrientes para a agricultura, desenvolvendo logísticas que viabilizem tal utilização.

#### 4.1.3. Redução dos Resíduos Sólidos Úmidos em Aterros e Recuperação de Gases de Aterros

*Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional”*



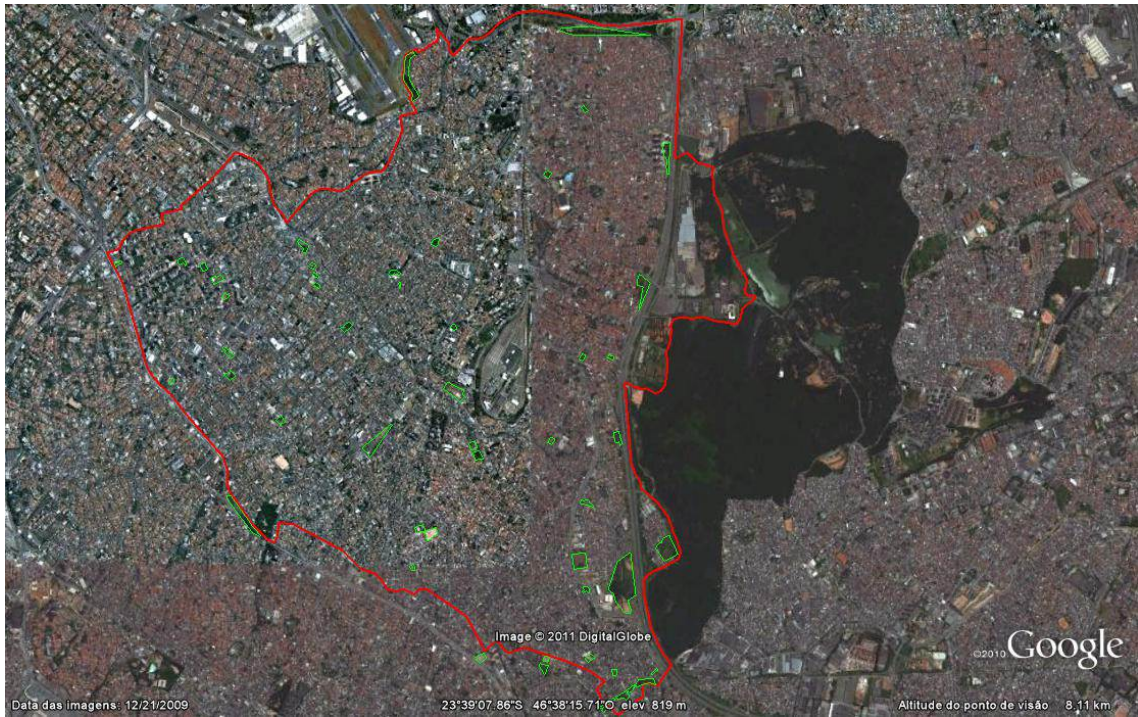
Meta	Região	Plano de Metas Favorável / Legal				
Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional		2015	2019	2023	2027	2031
	Brasil	70	70	70	70	70
	Região Norte	70	70	70	70	70
	Região Nordeste	70	70	70	70	70
	Região Sul	70	70	70	70	70
	Região Sudeste	70	70	70	70	70
	Região Centro-oeste	70	70	70	70	70
	<b>Custo</b>					
Meta	Região	Plano de Metas Intermediário				
Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional		2015	2019	2023	2027	2031
	Brasil	25	35	45	56	62
	Região Norte	15	25	35	50	55
	Região Nordeste	15	25	35	50	55
	Região Sul	40	50	60	65	70
	Região Sudeste	35	45	55	65	70
	Região Centro-oeste	20	30	40	50	60
	<b>Custo</b>					
Meta	Região	Plano de Metas Desfavorável				
Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional		2015	2019	2023	2027	2031
	Brasil	19	28	38	46	53
	Região Norte	10	20	30	40	50
	Região Nordeste	15	20	30	40	50
	Região Sul	30	40	50	55	60
	Região Sudeste	25	35	45	50	55
	Região Centro-oeste	15	25	35	45	50
	<b>Custo</b>					

Figura A.10: Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional

## *APÊNDICE B -- Imagens e Ilustrações*

### **B.1 Pontos Levantados**

Nas figuras B.1, B.2, B.3 e B.1 são mostrados os diversos mapas levantados pelo grupo, subdivididos em diferentes categorias. Vale destacar que o software Google Earth não foi mapeado corretamente em alguns pontos, principalmente na Avenida Engenheiro Armando de Arruda Pereira, local onde se encontravam muitos dos pontos levantados. Portanto, foi necessário uma criação de um outro mapa com pontos que indicavam a numeração da via.

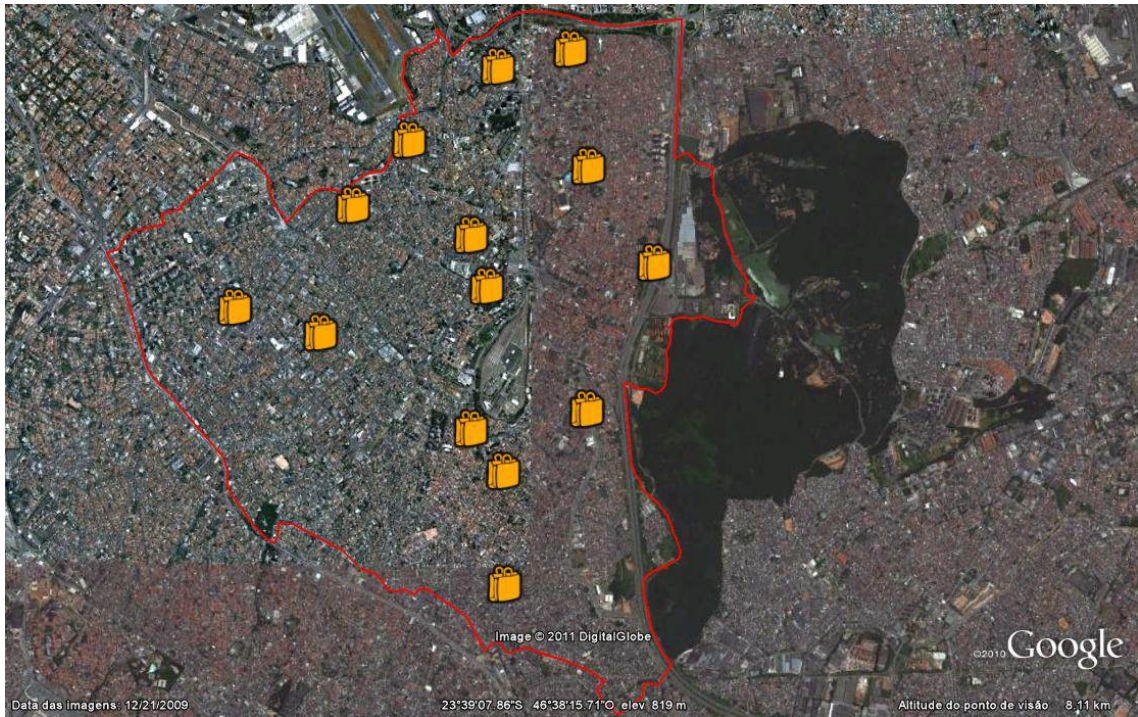


(a) Áreas verdes

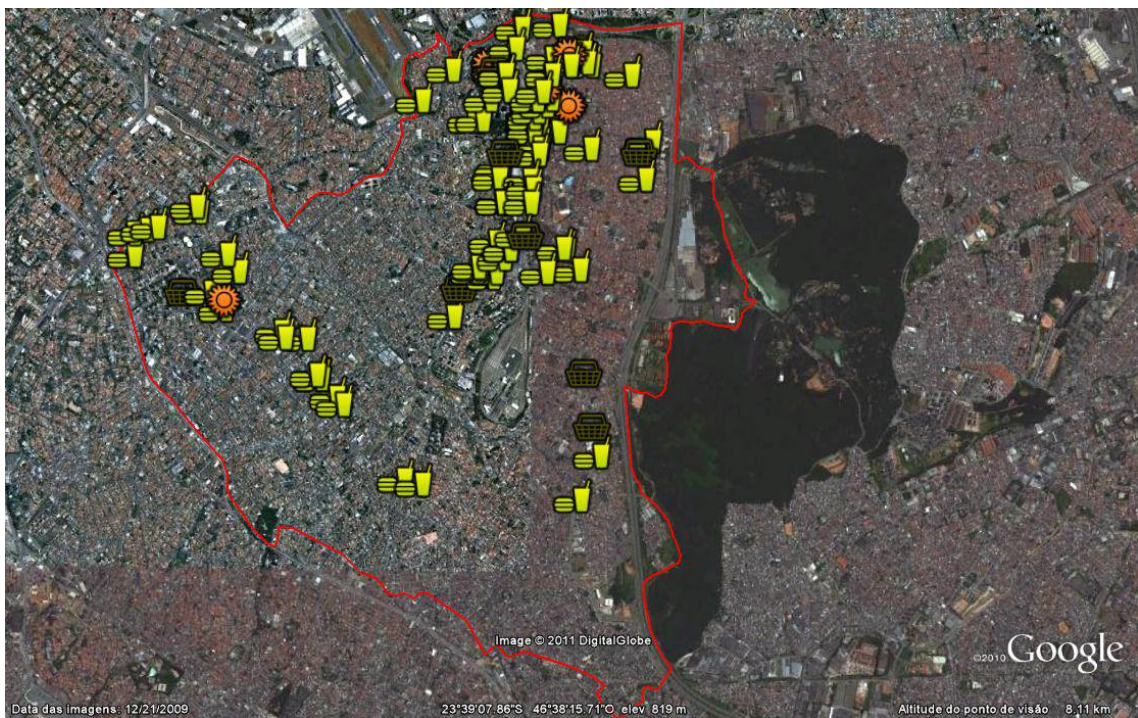


(b) Escolas e creches

Figura B.1: Mapas com os pontos levantados através do software Google Earth. [16]



(a) Feiras livres



(b) Geradores

Figura B.2: Mapas com os pontos levantados através do software Google Earth. [16]



(a) Limites do bairro



(b) Numeração da Avenida Engenheiro Armando de Arruda Pereira

Figura B.3: Mapas com os pontos levantados através do software Google Earth. [16]



(a) Praças públicas

Figura B.4: Mapas com os pontos levantados através do software Google Earth. [16]

## B.2 Sistemas de Compostagem

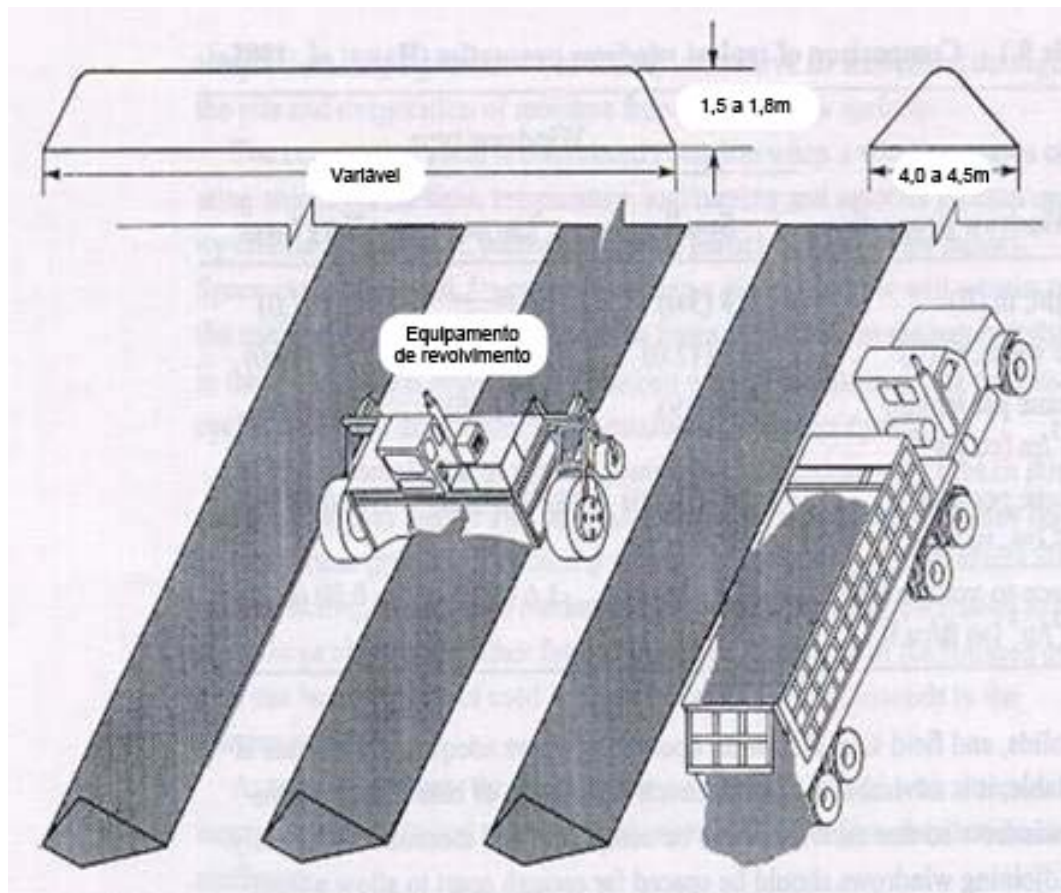


Figura B.5: Sistema de leiras revolvidas por equipamento auto-propelido. [10]

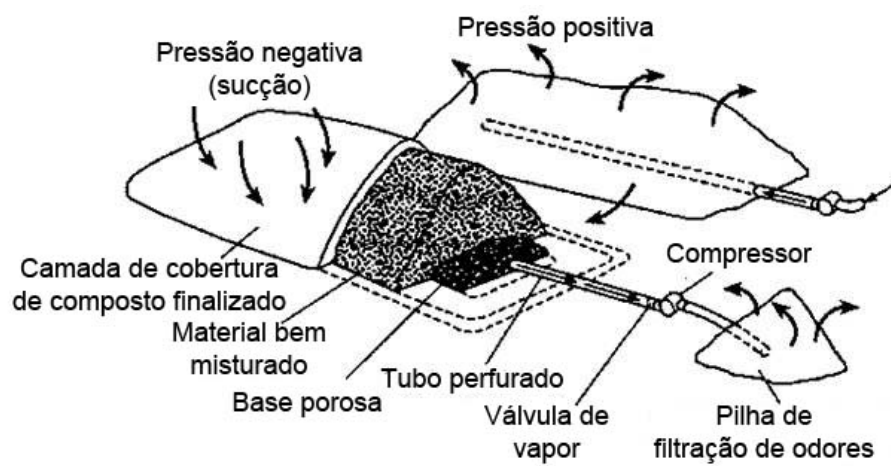


Figura B.6: Sistema de leiras estáticas aeradas. [15]

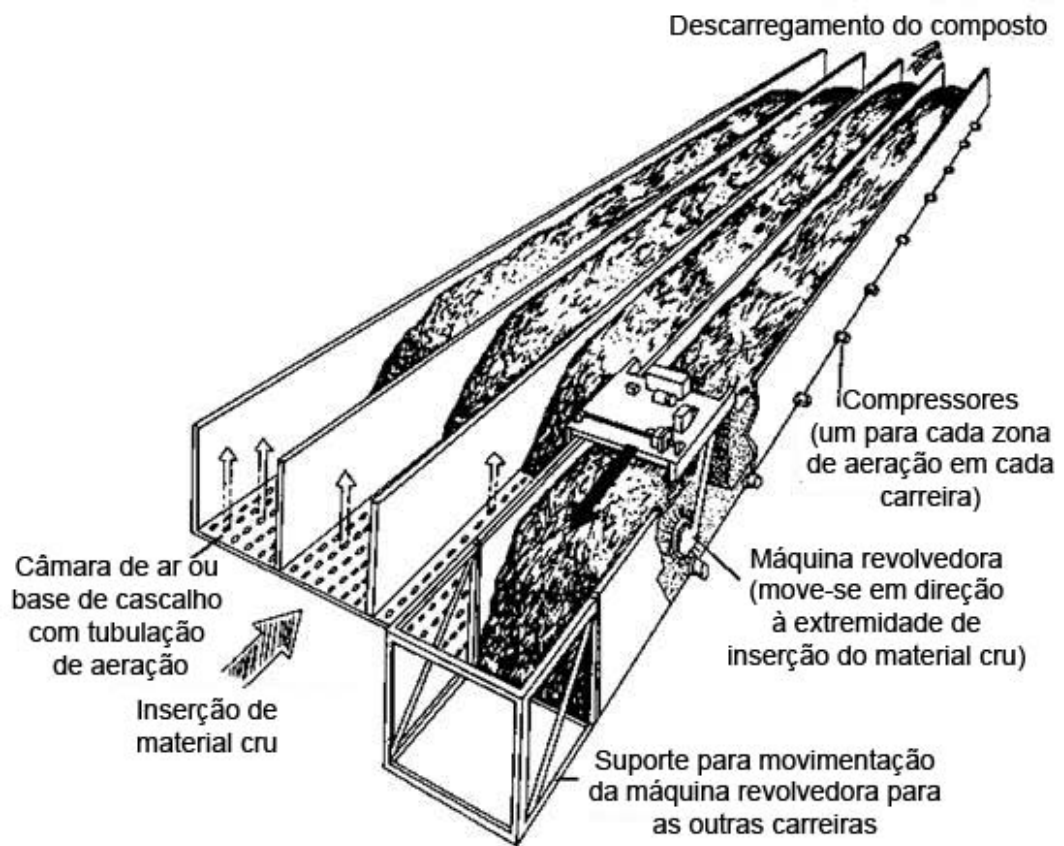


Figura B.7: Sistema fechado de fluxo horizontal. [15]



# *APÊNDICE C -- Catálogo de Equipamentos da Alternativa Escolhida*

## C.0.1 Compactador

O compactador escolhido foi o modelo de 19,2 m<sup>3</sup> da C.

Tabela C.1: Especificações C (19,2 m<sup>3</sup>).

<b>19,2 m<sup>3</sup></b>	
<i>Empresa</i>	C
<i>Volume (m<sup>3</sup>)</i>	19,2
<i>Índice de Compactação</i>	03:01
<i>Preço (R\$)</i>	100.000,00
<i>Chassis requerido</i>	6x2 / 6x4
<i>PBT requerido (ton)</i>	23

## C.0.2 Chassis

O chassis escolhido foi o F.

Tabela C.2: Especificações do chassis F.

<b>Chassis F</b>	
<i>Eixo</i>	6 x 2
<i>Potência (CV)</i>	250
<i>PBT (ton)</i>	23
<i>Preço (R\$)</i>	225.000,00

### C.0.3 Pá-carregadeira

A pá-carregadeira escolhida foi a G 3,2m<sup>3</sup>.

Tabela C.3: Especificações da Pá-carregadeira G 3,2m<sup>3</sup>.

<b>Pá-carregadeira G 3,2m<sup>3</sup></b>	
<i>Potência (hp)</i>	197
<i>Volume da caçamba (m<sup>3</sup>)</i>	3,2
<i>Peso Operacional (lbs)</i>	40435
<i>Altura livre de descarga (pés)</i>	9,59
<i>Preço (R\$)</i>	685.000,00

### C.0.4 Escavadeira

A escavadeira escolhida foi o modelo P.

Tabela C.4: Especificações da Escavadeira P.

<b>Escavadeira P</b>	
<i>Potência (hp)</i>	127
<i>Volume da caçamba (m<sup>3</sup>)</i>	1,5
<i>Peso Operacional (kg)</i>	15000
<i>Máximo alcance ao nível do solo (pés)</i>	29,63
<i>Preço (R\$)</i>	400.000,00

### C.0.5 Trator de Pneus - 150 CV

O trator de pneus de 150 CV escolhido foi o Q.

Tabela C.5: Especificações do Trator de pneus Q.

<b>Trator de pneus Q</b>	
<i>Potência (CV)</i>	150
<i>Bitola máxima (m)</i>	2,147
<i>Preço (R\$)</i>	149.500,00

### C.0.6 Trator de Pneus - 60 CV

O trator de pneus de 60 CV escolhido foi o R.

Tabela C.6: Especificações do Trator de pneus R.

<b>Trator de pneus R</b>	
<i>Potência (CV)</i>	65
<i>Bitola máxima (m)</i>	1,578
<i>Preço (R\$)</i>	68.000,00

### C.0.7 Compostador

O compostador escolhido foi o modelo N 2.

Tabela C.7: Especificações do compostador N 2.

<b>Compostador N 2</b>	
<i>Tração</i>	Auto-propelido
<i>Valor (Euros)</i>	286.000,00
<b>Dimensões do equipamento</b>	
<i>Largura (m)</i>	6,4
<i>Altura (m)</i>	4,75
<i>Comprimento (m)</i>	5,15
<i>Rendimento (m<sup>3</sup>/h)</i>	4600
<b>Dimensões da leira de compostagem</b>	
<i>Largura (m)</i>	6,4
<i>Altura (m)</i>	2,6

### C.0.8 Caçambão

O caçambão escolhido foi o modelo de 35m<sup>3</sup> S.

Tabela C.8: Especificações do Caçambão S - 35 m<sup>3</sup>.

<b>Caçambão S</b>	
<i>Volume (m<sup>3</sup>)</i>	35
<i>Chassis requerido</i>	6 x 4
<i>Preço (R\$)</i>	85.000,00

### C.0.9 Chassis para Caçambão

O chassis escolhido para o caçambão foi o T.

Tabela C.9: Especificações do chassis para caçambão T.

<b>Chassis T</b>	
<i>Eixo</i>	6 x 4
<i>Potência (CV)</i>	250
<i>PBT (ton)</i>	27,6
<i>Preço (R\$)</i>	205.000,00

### C.0.10 Picador de Árvores

O picador de árvores escolhido foi o U.

Tabela C.10: Especificações do picador de árvores U.

<b>Picador de árvores U</b>	
<i>Preço (R\$)</i>	130.000,00
<i>Rendimento (ton/h)</i>	12-15
<i>Potência (CV)</i>	27

## *APÊNDICE D -- Estudo Econômico e Croqui*

Aqui estão anexados o Fluxo de Caixa e um Croqui da Usina de Compostagem, que foram apresentados e explicados nos itens 6.2 e 6.3.

### **D.1 Fluxo de Caixa**

# CENÁRIO 1

Despesas		Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Coleta de Resíduos (apenas grandes geradores)</b>	Unidades	R\$/unidade																					
Compactadores (19,2 m³)	3	100.000,00	300.000,00										300.000,00										
Chassis 6x2	3	225.000,00	675.000,00										675.000,00										
<b>Transporte de resíduos da usina para o transbordo</b>																							
Caçambão 35m³	1	85.000,00	85.000,00										85.000,00										
Chassis 6x4	1	205.000,00	205.000,00										205.000,00										
<b>Transporte do composto até o cliente</b>																							
Caçambão 35m³	1	85.000,00	85.000,00										85.000,00										
Chassis 6x4	1	205.000,00	205.000,00										205.000,00										
<b>Transporte de composto e carregamento de caçambas</b>																							
Pá-carregadeira - 3,2 m³	1	685.000,00	685.000,00										685.000,00										
Escavadeira adaptada - 1,5m³	1	400.000,00	400.000,00										400.000,00										
<b>Beneficiamento do composto</b>																							
Secador	2	50.000,00	100.000,00										100.000,00										
Moega	2	50.000,00	100.000,00										100.000,00										
Peneira rotativa	2	22.490,00	44.980,00										44.980,00										
Ensiacador	2	5.000,00	10.000,00										10.000,00										
<b>Pré processamento</b>																							
Picador rotativo	2	19.800,00	39.600,00										39.600,00										
Picador de árvore	1	130.000,00	130.000,00										130.000,00										
Carrinho	4	4.250,00	17.000,00										17.000,00										
Medidor de temperatura	2	4.400,00	8.800,00										8.800,00										
<b>Recepção dos veículos coletores</b>																							
Balança rodoviária	1	30.000,00	30.000,00										30.000,00										
<b>Central de triagem</b>																							
Calha de recebimento (20 m²)	2	20.000,00	20.000,00					20.000,00															
Esteira transportadora (20,0 x 1,0 m)	4	100.000,00	200.000,00					200.000,00															
<b>Operação &amp; Manutenção</b>			936.000,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00
<b>Situação 1</b>																							
<b>Usina de compostagem - Windrow</b>																							
Compostadores (R\$)	2	700.700,00	700.700,00					700.700,00															
Área de compostagem (m²)			4.050,00	4.050,00	4.050,00	4.050,00	4.050,00	12140	12140	12140	12140	12140	17535	17535	17535	17535	17535	17535	17535	17535	17535	17535	17535
Área de estoque (m²)			278,00	278,00	278,00	278,00	278,00	805	805	805	805	805	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Área da usina de compostagem (R\$)	1	11.700.000,00	11.700.000,00																				
Pavimentação (R\$)	250		1.082.000,00					2.154.250,00					1.447.500,00										
Instalação do galpão (R\$)	180		779.040,00					1.551.060,00					1.042.200,00										
<b>Total despesas (R\$)</b>			17.602.120,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	5.562.010,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	6.841.280,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00
<b>Receitas - Cenário Favorável</b>																							
<b>0,7</b>																							
Quantidade tratada de resíduos de grandes geradores (ton/dia)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Taxa de crescimento do resíduos de condomínios (%)	0,002																						
Taxa de crescimento do resíduo de grandes geradores (%)	0,00181								56	56	56	56	56	95	96	96	96	96	96	97	97	97	97
Quantidade tratada de resíduos domiciliares	55	0	0	0	0	0	0	0	56	56	56	56	56	95	96	96	96	96	96	97	97	97	97
Recebimento / Tratamento (R\$/ton)	35,00	35,00	36,05	37,13	38,25	39,39	40,57	41,79	43,05	44,34	45,67	47,04	48,45	49,90	51,40	52,94	54,53	56,16	57,85	59,59	61,37	63,21	
Incremento no recebimento (%)	0,03																						
Composto Classe A (R\$/ton)	120,00	120,00	123,60	127,31	131,13	135,06	139,11	143,29	147,58	152,01	156,57	161,27	166,11	171,09	176,22	181,51	186,96	192,56	198,34	204,29	210,42	216,73	
Composto Classe C (R\$/ton)	40,00	40,00	41,20	42,44	43,71	45,02	46,37	47,76	49,19	50,67	52,19	53,76	55,37	57,03	58,74	60,50	62,32	64,19	66,11	68,10	70,14	72,24	
Recebimento / Tratamento (R\$)			396.177,78	408.801,71	421.827,89	435.269,14	449.138,68	463.469,71	478.273,16	493.562,92	509.349,16	525.645,92	542.465,24	559.811,13	577.707,07	596.167,07	615.205,14	634.836,28	655.075,50	675.938,81	697.442,19	719.599,64	742.427,14
Composto Classe A (R\$)			679.161,91	700.802,93	723.133,52	746.175,66	769.952,03	794.486,01	819.801,75	845.924,16	872.878,94	900.692,62	929.392,56	959.007,00	989.565,09	1.021.096,89	1.053.633,43	1.087.206,72	1.121.849,80	1.157.596,76	1.194.482,77	1.232.544,12	1.272.896,96
Composto Classe C (R\$)								484.091,17	499.611,13	515.628,66	532.159,72	549.220,76	566.866,19	585.121,23	604.022,88	623.605,14	643.893,07	664.921,66	686.725,91	709.331,84	732.765,45	757.053,77	782.222,88
<b>Total de receita (R\$)</b>			0	1.075.339,69	1.109.604,63	1.144.961,41	1.181.444,80	1.219.090,71	2.589.186,89	2.671.950,05	2.757.358,74	2.845.497,55	2.936.453,73	4.111.445,24	4.266.154,13	4.396.969,56	4.531.799,66	4.670.767,73	4.814.000,88	4.994.811,05	5.147.966,87	5.305.822,88	5.468.523,45
<b>Balanco total</b>			- 17.602.120,00	139.339,69	173.604,63	208.961,41	245.444,80	4.342.919,29	1.357.986,89	1.440.750,05	1.526.158,74	1.614.297,55	3.904.826,27	2.689.445,24	2.844.154,13	2.974.969,56	3.109.799,66	3.248.767,73	3.392.000,88	3.572.811,05	3.725.966,87	3.883.822,88	4.046.523,45

IRR 3,8%



# CENÁRIO 3

Despesas	Ano	Situação 2																					
		0 2012	1 2013	2 2014	3 2015	4 2016	5 2017	6 2018	7 2019	8 2020	9 2021	10 2022	11 2023	12 2024	13 2025	14 2026	15 2027	16 2028	17 2029	18 2030	19 2031	20 2032	
<b>Coleta de Resíduos (apenas grandes geradores)</b>	Unidades	R\$/unidade																					
Compactadores (19,2 m³)	3	100.000,00	300.000,00																				
Chassis 6x4	3	225.000,00	675.000,00																				
<b>Transporte de resíduos da usina para o transbordo</b>																							
Caçambão 35m³	1	85.000,00	85.000,00																				
Chassis 6x4	1	205.000,00	205.000,00																				
<b>Transporte do composto até o cliente</b>																							
Caçambão 35m³	1	85.000,00	85.000,00																				
Chassis 6x4	1	205.000,00	205.000,00																				
<b>Transporte de composto e carregamento de caçambas</b>																							
Pá-carregadeira – 3,2 m³	1	685.000,00	685.000,00																				
Escavadeira adaptada – 1,5m³	1	400.000,00	400.000,00																				
<b>Beneficiamento do composto</b>																							
Secador	2	50.000,00	100.000,00																				
Moega	2	50.000,00	100.000,00																				
Peneira rotativa	2	22.490,00	44.980,00																				
Ensaçador	2	5.000,00	10.000,00																				
<b>Pré processamento</b>																							
Picador rotativo	2	19.800,00	39.600,00																				
Picador de árvore	1	130.000,00	130.000,00																				
Carrinho	4	4.250,00	17.000,00																				
Medidor de temperatura	2	4.400,00	8.800,00																				
<b>Recepção dos veículos coletores</b>																							
Balança rodoviária	1	30.000,00	30.000,00																				
<b>Central de triagem</b>																							
Calha de recebimento (20 m²)	2	20.000,00	20.000,00																				
Esteira transportadora (20,0 x 1,0 m)	4	100.000,00	200.000,00																				
<b>Operação &amp; Manutenção</b>			936.000,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	936.000,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.231.200,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00	1.422.000,00		
<b>Usina de compostagem – Bioextrato</b>																							
Bioextrato (RS)	17,5		192.319,31	192.667,41	193.016,14	193.365,50	193.715,49	548.807,50	549.868,24	550.931,04	551.995,90	553.062,82	802.641,28	809.383,23	809.738,32	810.094,06	810.450,43	810.807,46	817.552,63	817.910,94	818.269,91	818.629,52	
Compostadores (RS)	2	700.700,00	1.401.400,00																				
Área de compostagem (m2)			970,00	970,00	970,00	970,00	2910	2910	2910	2910	2910	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	
Área de estoque (m²)			278,00	278,00	278,00	278,00	805	805	805	805	805	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	
Área da usina de compostagem (RS)	1	11.700.000,00	11.700.000,00																				
Pavimentação (RS)	250		312.000,00																				
Instalação do galpão (RS)	180		224.640,00																				
<b>Total despesas (RS)</b>			16.978.420,00	1.128.319,31	1.128.667,41	1.129.016,14	1.129.365,50	2.410.525,49	1.780.007,50	1.781.068,24	1.782.131,04	1.783.195,90	5.629.192,82	2.224.641,28	2.231.383,23	2.231.738,32	2.232.094,06	2.232.450,43	2.232.807,46	2.239.552,63	2.239.910,94	2.240.269,91	2.240.629,52
<b>Recostas - Cenário Favorável</b>																							
<b>0,7</b>																							
Quantidade tratada de resíduos de grandes geradores (ton/dia)		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	
Taxa de crescimento do resíduos de condomínios (%)	0,002																						
Taxa de crescimento do resíduos de grandes geradores (%)	0,00181																						
Quantidade tratada de resíduos domiciliares		55	0	0	0	0	0	0	56	56	56	56	56	95	96	96	96	96	96	97	97	97	
Recebimento / Tratamento (RS/ton)		33,06	33,06	38,33	39,48	40,66	41,88	43,14	44,43	45,76	47,14	48,55	50,01	51,51	53,05	54,64	56,28	57,97	59,71	61,50	63,35	65,25	67,20
Incremento no recebimento (%)	0,03																						
Composto Classe A (RS/ton)		120,00	120,00	123,60	127,31	131,13	135,06	139,11	143,29	147,58	152,01	156,57	161,27	166,11	171,09	176,22	181,51	186,96	192,56	198,34	204,29	210,42	216,73
Composto Classe C (RS/ton)		40,00	40,00	41,20	42,44	43,71	45,02	46,37	47,76	49,19	50,67	52,19	53,76	55,37	57,03	58,74	60,50	62,32	64,19	66,11	68,10	70,14	72,24
Recebimento / Tratamento (RS)			421.185,89	434.606,69	448.455,12	462.744,83	477.489,87	1.393.339,94	1.437.914,00	1.483.914,02	1.531.385,64	1.580.375,93	2.362.352,29	2.453.661,21	2.528.379,81	2.605.375,29	2.684.717,10	2.766.476,78	2.873.176,05	2.960.668,36	3.050.826,78	3.143.732,59	
Composto Classe A (RS)			679.161,91	700.802,93	723.133,52	746.175,66	769.952,03	794.486,01	819.801,75	845.924,16	872.878,94	900.692,62	929.392,56	959.007,00	989.565,09	1.021.096,89	1.053.633,43	1.087.206,72	1.121.849,80	1.157.596,76	1.194.482,77	1.232.544,12	
Composto Classe C (RS)			0	0	0	0	0	0	484.091,17	499.611,13	515.628,66	532.159,72	549.220,76	569.966,19	599.173,23	1.029.148,43	1.060.022,88	1.091.823,57	1.124.578,27	1.170.381,41	1.205.492,85	1.241.657,64	
<b>Total de receita (RS)</b>			1.100.347,80	1.135.409,61	1.171.588,65	1.208.920,50	1.247.441,90	2.671.911,12	2.757.326,88	2.845.466,85	2.936.424,30	3.030.289,21	4.251.711,04	4.411.941,44	4.547.093,22	4.686.495,06	4.830.174,09	4.978.261,77	5.145.407,26	5.323.757,97	5.486.967,18	5.655.184,08	
<b>Balanco total</b>			- 16.978.420,00	- 27.971,51	6.742,20	42.572,51	79.555,00	- 1.163.083,58	891.909,62	976.258,63	1.063.335,81	1.153.228,41	- 2.598.903,51	2.027.069,76	2.180.458,21	2.315.355,00	2.454.401,01	2.597.723,66	2.745.454,31	2.925.854,63	3.083.847,03	3.246.697,27	3.414.554,55







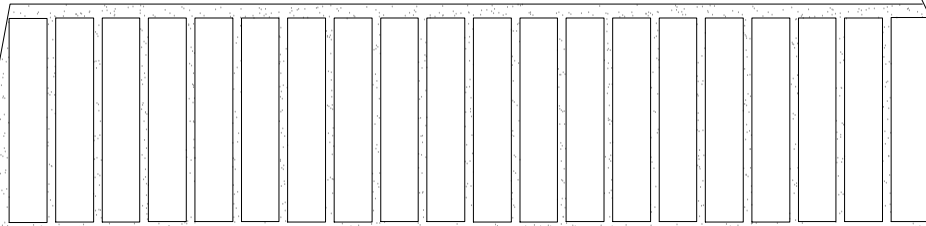
# CUSTOS COM MÃO DE OBRA

Mão de Obra - 3a Etapa								
Funcionário	1° Turno	2° Turno	3° Turno	4° Turno	Total	Salário (R\$)	Salário Total (R\$)	
Engenheiro Responsável pela Usina		1				1	8000	
Motorista de Caminhões		3	3			6	1500	
Coletores		6	6			12	600	
Motorista do Caçambão		1	1	1	1	4	1300	
Operador de pá-carregadeira e escavadeira		1	2	2	2	7	1500	
Operador do compostador		1	1	1	1	4	1500	
Balanceiro		1	1	1	1	4	600	
Catadores	15	15	15	15	15	60	600	
Auxiliar de Pré-Processamento	4	4	4	4	4	16	600	
Auxiliar de Compostagem	2	2	2	2	2	8	600	
Auxiliar de Beneficiamento	2	2	2	2	2	8	600	
Expedição - Motorista	1					1	1500	
Segurança	3	3	3			9	1500	
TOTAL							118500	1422000

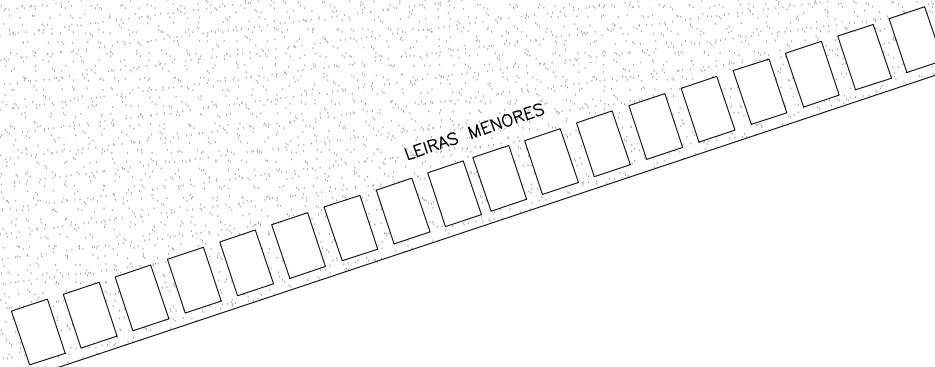
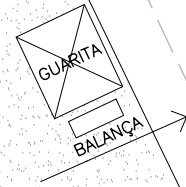
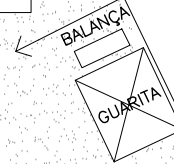
Mão de Obra - 2a Etapa								
Funcionário	1° Turno	2° Turno	3° Turno	4° Turno	Total	Salário (R\$)	Salário Total (R\$)	
Engenheiro Responsável pela Usina		1				1	8000	
Motorista de Caminhões		3	3			6	1500	
Coletores		6	6			12	600	
Motorista do Caçambão		1	1	1	1	4	1300	
Operador de pá-carregadeira e escavadeira		1	2	2	1	6	1500	
Operador do compostador		1	1	1	1	4	1500	
Balanceiro		1	1	1		3	800	
Catadores	12	12	12	12	12	48	600	
Auxiliar de Pré-Processamento	2	2	2	2	2	8	600	
Auxiliar de Compostagem	1	1	1	1	1	4	600	
Auxiliar de Beneficiamento	2	2	2	2	2	8	600	
Expedição - Motorista	1					1	1500	
Segurança	3	3	3			9	1500	
TOTAL							102600	1231200

Mão de Obra - 1a Etapa								
Funcionário	1° Turno	2° Turno	3° Turno	4° Turno	Total	Salário (R\$)	Salário Total (R\$)	
Engenheiro Responsável pela Usina		1				1	8000	
Motorista de Caminhões		3	3			6	1500	
Coletores		6	6			12	600	
Motorista do Caçambão		1	1	1	1	4	1300	
Operador de pá-carregadeira e escavadeira		1	1	1	1	4	1500	
Operador do compostador		1	1	1	1	4	1500	
Balanceiro		1	1	1		3	800	
Catadores - Triagem	5	5	5	5	5	20	600	
Auxiliar de Pré-Processamento	1	1	1	1	1	4	600	
Auxiliar de Compostagem	1	1	1	1	1	4	600	
Auxiliar de Beneficiamento	1	1	1	1	1	4	600	
Expedição - Motorista	1					1	1500	
Segurança	3	3	3			9	1500	
TOTAL							78000	936000

## **D.2 Esboço da Usina de Compostagem**



LEIRAS MAIORES



LEIRAS MENORES

ESCALA 1:1000