

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**SUBSÍDIOS PARA IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM  
EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO EM  
CORUMBATAÍ-SP.**

**LUCILENE DE AQUINO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. BERNARDO ARANTES DO NASCIMENTO TEIXEIRA**

São Carlos-SP  
2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

LUCILENE DE AQUINO

**SUBSÍDIOS PARA IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM  
EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO EM  
CORUMBATAÍ-SP.**

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

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

São Carlos-SP  
2012

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

A657si

Aquino, Lucilene de.

Subsídios para implantação do processo de compostagem em município de pequeno porte : estudo de caso em Corumbataí-SP. / Lucilene de Aquino. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

114 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Engenharia urbana. 2. Coleta seletiva. 3. Resíduos sólidos. I. Título.

CDD: 711 (20<sup>a</sup>)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCILENE DE AQUINO

Dissertação defendida e aprovada em 06/08 /2012  
pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira  
Orientador (DECiv/UFSCar)

Profª Drª Luciana Miyoko Massukado  
(Dep. Agroecologia/IFB)

Prof. Dr. Jorge Akutsu  
(DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Ricardo Silveira da Silva  
Coordenador do CPGEU

## **DEDICATÓRIA**

**À minha família, em especial à minha mãe por estar sempre presente nos momentos mais difíceis da minha vida e aos meus amigos que me apoiaram na realização deste trabalho.**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família por compartilhar comigo os desafios dessa caminhada.

Pela paciência e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho, agradeço ao orientador Prof.º Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira.

Pela colaboração e sugestões que enriqueceram este trabalho, agradeço aos amigos Aurora M. G. de França Souza, Engenheira Química da CETESB de Piracicaba; Luiz Antonio Serafim, Engenheiro Civil da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Meio Ambiente - SEPLADEMA de Rio Claro e Ivan Donizetti Marafon, Chefe da Agência do IBGE de Rio Claro.

À Prefeitura Municipal de Corumbataí que colocou à disposição todas as informações necessárias para o desenvolvimento do presente trabalho de pesquisa.

Aos funcionários do Programa da Coleta Seletiva de Corumbataí, em especial Reinaldo Uliane Junior, Roberto Soares da Silva e José Maria Santa Lucia, que auxiliaram nas caracterizações gravimétricas dos resíduos sólidos domiciliares.

Aos colegas de mestrado, em especial Augusto Azevedo da Silva e Marisa Cubas Lozano.

Aos amigos Marcelo Barbosa, Marcelo Kviatkovski e Maria Fernanda Laurito pelo apoio e disponibilidade oferecidas no desenvolvimento deste trabalho.

O Universo muda, evolui constantemente e fazemos parte dele. Nossas mudanças nos pensamentos e atitudes são inevitáveis para a nossa própria evolução.

*Michel Guerrero de Castro*

## RESUMO

**AQUINO, Lucilene de.** Subsídios para implantação do processo de compostagem em município de pequeno porte: Estudo de Caso em Corumbataí-SP. 2012. 114 fl. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana) ó Universidade Federal de São Carlos, 2012.

A compostagem é um dos mais antigos processos de reciclagem de resíduos orgânicos. Apesar de ser um tratamento ambientalmente adequado, sua utilização ainda é pouco difundida no que se refere à gestão municipal dos resíduos sólidos urbanos (RSU). O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo investigar a gestão dos RSU no município de Corumbataí-SP. Para isso, foi realizada caracterização gravimétrica dos RSU e foram analisadas alternativas de compostagem aplicáveis ao município. O estudo também buscou avaliar a percepção da população quanto ao assunto em questão, bem como sua aceitação da separação prévia dos resíduos orgânicos compostáveis (ROC). Inicialmente foi realizado um levantamento da Gestão e Gerenciamento dos RSU existentes no município. Em seguida, foram realizadas duas caracterizações gravimétricas, sendo uma no mês de junho e outra em dezembro. Para escolha da alternativa de compostagem, foram analisados os seguintes aspectos: quantidade de resíduos orgânicos; disponibilidade de área e acessibilidade; infraestrutura; equipamentos; mão de obra e impactos no entorno. Posteriormente foram aplicados questionários nas unidades domiciliares de Corumbataí, com o objetivo de avaliar o programa de coleta seletiva, bem como o conhecimento dos entrevistados sobre compostagem e o nível de aceitação deles para fazer a separação prévia dos resíduos orgânicos domiciliares. Constatou-se que o poder público vem gerenciando seus RSU de forma ambientalmente correta, e o programa de coleta seletiva existente tem apresentado boa eficiência. Das caracterizações gravimétricas realizadas nos meses de junho e dezembro, obteve-se um percentual elevado de matéria orgânica (80%), identificando-se, portanto, a viabilidade da implantação de um processo de compostagem. Nesse sentido, foi sugerida a utilização do sistema manual de leiras revolvidas, em virtude da tecnologia simplificada, constituída de equipamentos de fácil manutenção e de baixo custo de aquisição. A pesquisa realizada com a população constatou que 100% dos entrevistados participam da coleta seletiva e não têm dúvidas quanto ao processo de separação dos RSU. Além disso, para 89% dos entrevistados os serviços de coleta de lixo prestados pelos funcionários municipais foram avaliados como ótimo ou bom. Quanto à compostagem, 51% dos entrevistados apresentaram conhecimento sobre o assunto, além de saberem identificar quais dos resíduos poderiam ser compostados. Outro dado importante observado na pesquisa foi que 98% dos entrevistados estão dispostos a separar os resíduos orgânicos para a compostagem. A constatação da presença de um percentual significativo de matéria orgânica na composição dos RSU de Corumbataí justifica proporcionar uma destinação final mais nobre para esse tipo de resíduo. A compostagem é sugerida como uma alternativa para o tratamento dos mesmos. Existe uma perspectiva positiva quanto à introdução da separação de resíduos orgânicos compostáveis (ROC), uma vez que a prática da coleta seletiva encontra-se incorporada no hábito da população, conforme constatado na pesquisa de conhecimento e opinião dos moradores sobre a compostagem.

Palavras chaves: resíduos sólidos, coleta seletiva, compostagem

## ABSTRACT

AQUINO, Lucilene de. Subsidies for the implementation of the composting process in a small municipality. Case study: Corumbataí-SP. 2012. 114 fl. Thesis (Master's degree in Urban Engineering) - Federal University of São Carlos, 2012.

Composting is one of the oldest processes of recycling organic waste. Despite being an environmentally appropriate treatment, their use is still little known regarding the management of municipal solid waste (MSW). This study aimed to investigate the management of MSW in Corumbataí - SP. For this purpose gravimetric characterization of MSW were performed, and composting alternatives applicable to the municipality of Corumbataí were analyzed. The study also sought to assess the perception inhabitants of the city regarding the subject matter, as well as their acceptance regarding previous separation of compostable organic waste (COW). Initially a survey on the management from the MSW was implemented. Two gravimetric characterizations were carried out, being the first in June and the other in December. In order to choose the composting alternative the following aspects were analyzed: the amount of organic waste; the availability and accessibility of the area; the existing infrastructure, equipment, labor and impacts on the environment. Questionnaires were applied to each of the families, from house to house, in order to evaluate the existing selective collection program, as well as the amount of knowledge they had about composting. The level of their acceptance in doing separation of organic household waste was also evaluated. Results: We found that the public power is adapting its MSW in a way environmentally responsible, and the selective collection program has shown good efficiency. Through gravimetric characterizations performed in the months of June and December, we obtained a high percentage of organic material (80%), identifying thus the viability of implementing a composting process. We found that the public power is adapting its MSW in a way that is environmentally correct, and the selective collection program has shown a good efficiency. About gravimetric characterizations performed in the months of June and December, we obtained a high percentage of organic matter (80%), identifying the availability of implementing a composting process. It was suggested the use of manual system of rotated furrows because of simple technology, constituted from equipment of easy maintenance and low cost. The research performed with the population found that 100% of respondents participate on the selective collection and had no doubt about the process of waste unbundling. In addition, garbage collection services provided by municipal employees were rated as excellent and good in 89% of the interviewed. About composting, 51% of the respondents had knowledge about the subject, as well as waste that could be composted. Another important finding of this study was to observe that 98% of the interviewed are disposed to separate organic waste for composting. The statement of a significant percentage of organic matter present in the composition of the MSW from Corumbataí means to provide a final destination for the most noble organic waste, with composting as an alternative for the treatment of them. Since the practice of selective collection is incorporated into the habits of the population, there is a positive perspective on the introduction of a third separation for composting organic waste (ROC) as observed in the research about the knowledge and opinion of locals about composting. In this sense it was suggested that the manual system using plowed furrows because of the simplified technology, comprising equipment for easy maintenance and low cost. The survey conduct among the population found that 100% of the respondents participate in the selective collection and have no doubts about the process of separating the trash. Furthermore, 89% of respondents the garbage collection services provided by municipal employees were rated as excellent or good. As for composting, 51% of respondents had knowledge about it, and knowing identify which waste could be composted. Another important fact observed in the study was that 98% of respondents are willing to separate organic waste for composting.

**Keywords: solid waste, separate collection, composting**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva padrão da variação de temperatura durante o processo de compostagem.....	39
Figura 2: Máquina retro-escavadeira espalhando os resíduos para realização do processo de quarteamento .....	45
Figura 3: Coleta das amostras de RSU selecionado.....	48
Figura 4: Etapas da caracterização dos RSU.....	50
Figura 5: Acondicionamento e pesagem dos resíduos orgânicos resultante da triagem. ....	50
Figura 6: Caracterização dos RS das unidades escolares.....	51
Figura 7: Vista aérea do município de Corumbataí ó SP.....	57
Figura 8: Kit da coleta seletiva. ....	62
Figura 9: Coletores Seletivos.....	62
Figura 10: Cestos para área rural. ....	63
Figura 11: Sistema de coleta dos resíduos não recicláveis.....	64
Figura 12: Localização do aterro sanitário .....	65
Figura 13: Processo de cobertura dos RSU no aterro sanitário. ....	65
Figura 14: Sistema de coleta dos resíduos recicláveis. ....	66
Figura 15: Recebimento e separação dos resíduos recicláveis na central de triagem.....	67
Figura 16: Forma de secagem e embalagem da sacaria. ....	68
Figura 17: Triturador de galhos. ....	69
Figura 18: Forma de disposição dos resíduos de construção e demolição.....	70
Figura 19: Armazenamento dos pneus na central de triagem.....	71
Figura 20: Armazenamento dos resíduos eletro-eletrônicos. ....	71
Figura 21: Armazenamento das lâmpadas fluorescentes. ....	72
Figura 22:: Armazenamento do óleo de cozinha usado. ....	73
Figura 23: II Prêmio Chopin Tavares de Lima - CEPAM 2008.....	78
Figura 24: Prêmio Ação de Coleta Seletiva de Lixo Município Verde Azul 2009 .....	78
Figura 25: Características da composição orgânica das unidades escolares. ....	84
Figura 26: Leira em seção reta triangular.....	86
Figura 27:: Mapa de localização da Central de Triagem da Coleta Seletiva .....	88
Figura 28: Pátio da Central de Triagem da Coleta Seletiva. ....	88
Figura 29: Área do aterro sanitário.....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens dos tipos de sistemas de compostagem. ....	36
Quadro 2: Frequência das coletas realizadas.....	48
Quadro 3: Componentes mais comuns da composição gravimétrica. ....	49
Quadro 4: Período de realização da coleta e amostragem dos RS dos segmentos da área educacional. ....	51
Quadro 5: Coordenadas da Sede do Município. ....	56
Quadro 6: Sistema de distribuição de água no município de Corumbataí. ....	59
Quadro 7: Estrutura do Sistema de Esgotamento Sanitário de Corumbataí.....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Percentual médio da 1ª caracterização gravimétrica dos RSU de Corumbataí.....	82
Gráfico 2: Percentual médio da 2ª caracterização gravimétrica dos RSU de Corumbataí.....	82
Gráfico 3: Entrevistados, quanto ao sexo.....	93
Gráfico 4: Entrevistados, em relação à faixa etária. ....	94
Gráfico 5: Entrevistados, quanto ao nível de escolaridade. ....	94
Gráfico 6: Entrevistados, quanto à profissão.....	95
Gráfico 7: Número de moradores por domicílios. ....	96
Gráfico 8: Entrevistados que conhecem o destino dos resíduos recicláveis depois de recolhido.....	97
Gráfico 9: Destino dado aos resíduos recicláveis de acordo com os entrevistados.....	97
Gráfico 10: Entrevistados que conhecem o destino dado aos resíduos não recicláveis.....	98
Gráfico 11: Avaliação dos funcionários que realizam os serviços da coleta dos RSU.....	98
Gráfico 12: Entrevistados que conhecem a compostagem.....	99
Gráfico 13: Definição de compostagem de acordo com os entrevistados. ....	100
Gráfico 14: Opinião dos entrevistados sobre os resíduos que podem ser compostáveis. ....	101
Gráfico 15: Destino dado aos resíduos orgânicos pelos entrevistados. ....	102
Gráfico 16: Papel da compostagem na preservação do meio ambiente de acordo com os entrevistados.....	103
Gráfico 17: Entrevistados dispostos a separar os resíduos orgânicos para compostagem. ....	103
Gráfico 18: Itens relevantes para realização da separação dos resíduos orgânicos de acordo com os entrevistados.....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação dos materiais no total de RSU coletados no Brasil.....	22
Tabela 2: Quantidade diária de RSU e/ou públicos com diferentes formas de destinação final para os anos 2000 e 2008 .....	22
Tabela 3: Destino final dos RSU em diferentes países. ....	23
Tabela 4: Comparação dos metais pesados presentes nos RSU misturado e no de coleta seletiva.....	27
Tabela 5: Limites de metais pesados (mg/kg) de alguns países com norma de certificação para composto. ....	28
Tabela 6: Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos.....	28
Tabela 7: Lista dos métodos de compostagem utilizados nos Estados Unidos.....	30
Tabela 8: Número de domicílios por bairros para amostragem dos RSU.....	47
Tabela 9: Temperaturas mensais do município de Corumbataí ó SP. ....	57
Tabela 10: Precipitação do município de Corumbataí ó SP.....	58
Tabela 11: Precipitação anual e média do município de Corumbataí ó SP.....	58
Tabela 12: Categoria de consumo.....	60
Tabela 13: Quantidade estimada produzida de RSU com destino no aterro sanitário.....	64
Tabela 14: Quantidade estimada produzida de resíduos recicláveis.....	68
Tabela 15: Preços por faixas de consumo do Sistema de Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto.....	74
Tabela 16: Preços de serviços do Sistema de Distribuição de Água e Coleta de Esgoto. ....	75
Tabela 17: Estimativa das despesas mensais com a coleta dos RSU.....	76
Tabela 18: Resultado da 1ª Caracterização Gravimétrica por amostragem dos RSU de Corumbataí-SP, 2011.....	80
Tabela 19: Resultado da 2ª Caracterização Gravimétrica por amostragem dos RSU de Corumbataí-SP, 2011.....	81
Tabela 20: Resultado da caracterização dos componentes analisados e identificados por amostragem, com percentual em peso nas redes de ensino público. ....	84

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CETESB ó Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

RS ó Resíduos Sólidos

RSU ó Resíduos Sólidos Urbanos

ROC ó Resíduos Orgânicos Compostáveis

ABNT ó Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA ó Agência Nacional de Vigilância Sanitária

EMBRAPA ó Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE ó Instituto Brasileiro de Geografia

CEMPRE ó Compromisso Empresarial para Reciclagem

CEPAM ó Fundação Prefeito Faria Lima

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	16
1.1 Considerações Iniciais .....	16
1.2 Objetivo Geral.....	18
2 ASPECTOS CONCEITUAIS.....	19
2.1 Resíduos Sólidos ó Conceituação .....	19
2.2 Panorama dos Resíduos Orgânicos Domiciliares no Brasil .....	21
2.3 Compostagem: Aspectos Históricos.....	23
2.4 Conceitos de Compostagem.....	24
2.5 Características dos Resíduos Sólidos para Compostagem .....	26
2.6 A Compostagem no Contexto Mundial.....	29
2.7 Os Benefícios da Compostagem .....	33
2.8 Sistemas de Compostagem .....	34
2.8.1 Método Natural.....	34
2.8.1.1 Sistemas de leiras com revolvimento manual ou mecânico.....	34
2.8.2 Método Acelerado.....	35
2.8.2.1 Sistemas de leiras estáticas com aeração forçada.....	35
2.8.2.2 Sistemas fechados ou reatores biológicos.....	34
2.9 Fatores que Influenciam na Compostagem.....	37
2.10 Fatores Limitantes da Compostagem .....	42
3 MÉTODO.....	44
3.1 Caracterização do Município de Corumbataí .....	44
3.2 Diagnóstico da Gestão e Gerenciamento dos RSU de Corumbataí .....	44
3.3 Caracterização Gravimétrica dos RSU de Corumbataí .....	44
3.3.1 Determinação do tamanho da amostra .....	44
3.3.2 Procedimentos para coleta das amostras .....	47
3.3.3 Procedimentos para caracterização gravimétrica das amostras.....	49
3.4 Escolha do Método de Compostagem .....	52
3.5 Avaliação do Conhecimento e da Opinião da População Sobre Compostagem e o Nível de Aceitação para Separação Prévia dos Resíduos Orgânicos Compostáveis (ROC). .....	52
4 RESULTADO E DISCUSSÃO .....	54
4.1 Caracterização do Município de Corumbataí .....	54
4.1.1 Histórico .....	54
4.1.2 Características gerais da área de estudo .....	56
4.2 Descrição do Sistema de Saneamento .....	59
4.3 Descrição do Sistema de Gerenciamento dos RSU.....	61
4.3.1 O Programa de Coleta Seletiva de Lixo .....	61
4.3.1.1 Operação do Sistema de Coleta Seletiva .....	63
4.3.1.2 Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde.....	68
4.3.1.3 Gerenciamento dos Resíduos Verdes .....	69
4.3.1.4 Gerenciamento dos Resíduos de Construção e Demolição.....	70
4.3.1.5 Gerenciamento dos Resíduos Especiais.....	70
4.4 Despesas e Receitas Operacionais .....	73
4.4.1 Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto .....	73
4.4.2 Coleta dos RSU.....	75
4.5 Caracterização Gravimétrica dos RSU .....	79
4.6 Avaliação das Alternativas de Compostagem .....	85
4.6.1 Quantidade de Resíduos Orgânicos .....	85

4.6.2 Área disponível e acessibilidade.....	86
4.6.3 Infraestrutura .....	89
4.6.4 Mão de obra.....	90
4.6.5 Equipamentos .....	90
4.6.6 Impactos no entorno.....	91
4.6.7 Considerações Finais sobre a Alternativa .....	91
4.7 Avaliação do Conhecimento e a Opinião da População sobre Compostagem e o Nível de Aceitação com Relação a Separação Prévia dos ROC. ....	93
4.7.1 Perfil dos entrevistados .....	93
4.7.2 Avaliação da Coleta Seletiva.....	96
4.7.3 Questões sobre compostagem.....	99
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO .....	105
6 REFERÊNCIAS.....	108

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A geração de resíduos sólidos vem acompanhando a humanidade desde os primórdios das civilizações. Inicialmente por serem constituídos basicamente de sobras de alimentos, vegetais, excrementos e restos de animais, geravam poucos impactos ambientais, visto que eram rapidamente incorporados ao meio ambiente.

Esse cenário foi rapidamente modificado a partir da revolução industrial, que provocou profundas transformações nos processos de produção e consumo. Se por um lado o desenvolvimento tecnológico promoveu o conforto e bem-estar da população trazendo uma infinidade de produtos agregados a embalagens sofisticadas para acompanhar a vida moderna, por outro, aumentou a quantidade de embalagens a serem descartadas sem condições de se reintegrar ao ambiente, em decorrência de sua complexidade.

Em virtude dessa crescente geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), sua gestão constitui-se entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados pela maioria dos municípios. Infelizmente, poucas alternativas têm sido utilizadas para promover a gestão dos RSU devido à dificuldade de estabelecer um tipo de manejo adequado encontrado pela maioria dos municípios, que continuam, por exemplo, sob o embate entre aterro, compostagem, reciclagem ou incineração. Todavia, nenhum destes tratamentos se apresenta como uma única opção para resolver a destinação dos RSU.

Apesar da crescente onda das embalagens descartáveis, a composição dos RSU de países em desenvolvimento ainda é constituída, em sua maior parte, de matéria orgânica, que em processo de degradação nas áreas de aterro, gera líquidos altamente poluentes, os quais constituem a grande parcela de percolato, que são os principais contaminantes dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. Além disso, a geração de gases também contribui para a poluição atmosférica, principalmente no que diz respeito ao aquecimento global, com a emissão do gás metano. Soma-se a isso a proliferação de vetores que encontram alimento e abrigo na massa orgânica do lixo e que podem atingir diretamente ou indiretamente a população na transmissão de doenças.

Não só do ponto de vista ecológico, ambiental e sanitário, como também do ponto de vista econômico e social, torna-se uma grande incoerência aterrar os resíduos orgânicos. A concepção moderna da gestão dos RSU tem como princípios a minimização, a reutilização e a reciclagem destes resíduos.

No entanto, a prática da compostagem ainda é pouco difundida no âmbito da gestão municipal de RSU, seja por experiências mal sucedidas no passado ou simplesmente pela falta de conhecimento dos administradores públicos. Assim, na maior parte das vezes, os serviços se resumem à coleta de resíduos, varrição e limpeza pública, tendo como disposição final o aterro sanitário ou até mesmo áreas inadequadas ó os lixões.

Associado a isso, tem-se a falta de cultura do próprio cidadão que não incorpora no seu dia a dia a prática de separar e aproveitar os resíduos orgânicos para fins mais nobres que não simplesmente o descarte. Por outro lado, com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, surge uma nova abordagem para ações de compostagem, trazendo a valorização dos resíduos por meio de sua reutilização e reciclagem, tornando-se uma exigência legal e não apenas uma opção para as administrações públicas.

Assim, a compostagem volta a pertencer ao contexto da gestão de RSU, fazendo com que os municípios iniciem estudos e projetos sobre a reciclagem dos resíduos orgânicos, além de investirem num processo de conscientização de seu munícipe. Entretanto, é preciso estudar melhor o contexto e as condições favoráveis e desfavoráveis que permitam definir o modo de implantação e operação da compostagem.

## 1.2 Objetivo Geral

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo geral investigar a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) num município de pequeno porte (Corumbataí, SP), no contexto de uma futura implantação de processo de compostagem.

Para atender ao objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Diagnosticar a gestão e o sistema de gerenciamento dos RSU no município;
- b) Caracterizar os RSU do município, em termos de sua composição gravimétrica;
- c) Estudar alternativas de compostagem aplicáveis ao contexto do município;
- d) Avaliar o conhecimento e a opinião da população sobre a compostagem e o nível de aceitação com relação a separação prévia dos resíduos orgânicos compostáveis (ROC).

## 2 ASPECTOS CONCEITUAIS

### 2.1 Resíduos Sólidos ó Conceituação

Popularmente, o lixo é definido como todo e qualquer tipo de resíduo sólido produzido e descartado pelas atividades humanas, compondo-se de sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeiras, latas, vidros e outras substâncias descartadas no ambiente.

Contudo, a definição da terminologia lixo vai além dessa conceituação, pois conforme Lima (1995) sua origem e formação estão ligados a inúmeros fatores, tais como variações sazonais, condições climáticas, hábitos e costumes, variações na economia, etc.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, através da norma NBR 10.004: 2004 define tecnicamente resíduos sólidos como:

Restos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, conceitua em seu Artigo 3º do Capítulo II resíduos sólidos como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010)

As definições tornam evidentes a variedade e complexidade das abordagens sobre os resíduos sólidos, os quais podem ser classificados de várias maneiras. Dentre as duas formas que mais se destacam, estão a classificação quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto a sua origem e natureza. A norma brasileira anteriormente citada (NBR 10.004) classifica os resíduos no que diz respeito ao seu potencial de contaminação em:

- a. Resíduos Classe I, ou perigosos: constituídos por aqueles que, isoladamente ou por mistura, em função de suas características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, radioatividade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública (com aumento de mortalidade ou de morbidade) ou efeitos adversos ao meio ambiente, se manuseados ou dispostos sem os devidos cuidados;
- b. Resíduos Classe II, que por sua vez são divididos em:
  - Classe II A, ou não inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações da Classe I ó perigosos ou de Resíduos Classe II B ó inertes. Esses resíduos podem ter as seguintes propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;
  - Classe II B, ou inertes: são aqueles que não se solubilizam ou que tem nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, não apresentam problemas.

A classificação quanto à origem é o principal elemento para a caracterização dos RSU. De acordo com Dø Almeida e Vilhena (2002) os RSU podem ser classificados em: Domiciliar; Comercial; Público; Serviços de Saúde e Hospitalar; Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários e Ferroviários; Industrial; Agrícola e de Construção e Demolição. Dentro dessas classificações ressalta-se uma subclassificação dos resíduos de serviços de saúde que de acordo com a Resolução RDC nº 306/04 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA podem ser divididos em cinco grupos: Classe A ó resíduos potencialmente infectantes; Classe B ó resíduos químicos; Classe C ó rejeitos radioativos; Classe D ó resíduos comuns e Classe E ó perfurocortantes (ANVISA, 2004).

Classificação própria também recebe os resíduos referentes à construção civil e demolição (C&D) que são gerados nos municípios, tanto na cidade como no meio rural. A classificação desses resíduos está determinada pela resolução CONAMA 307:02, com a seguinte classificação:

- I- Classe A ó são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: materiais de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem; Restos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto; Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II- Classe B ó são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

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

IV- Classe D ó está formada por são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Essas classificações são fundamentais para o gerenciamento adequado dos diversos tipos de RS gerados em um município. O presente projeto de pesquisa terá como foco principal os resíduos orgânicos, que são a parcela constituída por matéria orgânica putrescível, ou seja, facilmente degradável pela ação de microorganismos. São constituídos pelas sobras de alimentos, cascas e bagaços de frutas e verduras, legumes, aparas e podas de jardim, serragem, entre outros. Destacam-se por constituir a maior parcela dos resíduos sólidos produzidos pelo homem.

## **2.2 Panorama dos Resíduos Orgânicos Domiciliares no Brasil**

Países em desenvolvimento como o Brasil apresentam um percentual mais elevado de resíduos orgânicos em relação aos países desenvolvidos, em virtude de suas características tropicais. Todavia, outros aspectos como desconhecimento do valor nutricional dos alimentos, nível de cultura regional e o nível de renda da população também influenciam no percentual de geração dos resíduos orgânicos.

De acordo com Lima (2001) os resíduos orgânicos representam em média 62% do lixo brasileiro, sendo que o desperdício de alimentos é apontado como uma das razões para o alto índice de matéria orgânica presente nos RSU. De acordo com um estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o brasileiro joga fora mais do que aquilo que come, em hortaliças, por exemplo, o desperdício chega a 37 quilos por habitante/ ano (REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia ó IBGE (2002) confirmam que os RSU coletados no Brasil apresentam em sua composição uma grande parte de matéria orgânica, superior a 50% em peso. De acordo com a Pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ó ABRELPE (2011), da composição gravimétrica total dos RSU no Brasil, 51,4% é constituído de matéria orgânica, conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Participação dos Materiais no Total de RSU coletados no Brasil

<b>Material</b>	<b>Participação %</b>	<b>Quantidade (t/ano)</b>
Metais	2,9	1.610.499
Papel, Papelão e TetraPak	13,1	7.275.012
Plástico	13,5	7.497.149
Vidro	2,4	1.332.827
Matéria Orgânica	51,4	28.544.702
Outros	16,7	9.274.251
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>55.534.440</b>

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2011)

Apesar do índice elevado de matéria orgânica produzida pelo país, são poucas as iniciativas de tratamento, pois conforme comparação constatada no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011) nos períodos de 2000 e 2008 os índices de tratamento dos resíduos orgânicos através da compostagem foram respectivamente 4,5% e depois reduzido para 0,8, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade diária de RSU e/ou públicos com diferentes formas de destinação final, para os anos 2000 e 2008.

<b>Destino Final</b>	<b>2000</b>		<b>2008</b>	
	<b>Quantidade (t/d)</b>	<b>%</b>	<b>Quantidade (t/d)</b>	<b>%</b>
Aterro sanitário	49.614,50	35,4	110.044,40	58,3
Aterro controlado	33.854,30	24,2	36.673,20	19,4
Vazadouros a céu aberto (lixão)	45.484,70	32,5	37.360,80	19,8
Unidade de compostagem	6.364,50	4,5	1.519,50	0,8
Unidade de triagem para reciclagem	2.158,10	1,5	2.592,00	1,4
Unidade de incineração	483,10	0,3	64,80	<0,1
Vazadouro em áreas alagáveis	228,10	0,2	35,00	<0,1
Locais não fixos	877,30	0,6	SI*	
Outra unidade	1.015,10	0,7	525,20	0,3
<b>Total</b>	<b>140.080,70</b>		<b>188.814,90</b>	

\*SI: sem informação. Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos ó Versão Preliminar para Consulta Pública (Setembro/2011)

Ainda na questão da reciclagem dos resíduos orgânicos, verifica-se que no Brasil, o índice de tratamento da matéria orgânica através da compostagem é inferior quando comparado a outros países, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3: Destinação final dos RSU em diferentes países

País	Aterros	Incineração com recuperação de energia	Compostagem	Reciclagem
Brasil	60-70% (aterros ou lixões)	--	1,5%	8%
México	97,6% (aterros ou lixões)	--	--	2,4%
Estados Unidos	55,4%	15,5%	29,1% compostagem + reciclagem	
Alemanha	50%	30%	5%	15%
França	48%	40%	12% compostagem + reciclagem	
Suécia	40%	52%	5%	3%
Austrália	80%	Menos 1%	insignificante	20%
Israel	87%	--	--	13%
Grécia	95% (aterros ou lixões)	--	--	5%
Itália	80%	7%	10%	3%
Reino Unido	83%	8%	1%	8%
Holanda	12%	42%	7%	39%
Suíça	13%	45%	11%	31%
Dinamarca	11%	58%	2%	29%

Fonte: Adaptado do CEMPRE (2004)

### 2.3 Compostagem: Aspectos Históricos

De acordo com Kiehl (2010) a compostagem é uma técnica que vem sendo praticada desde a antiguidade, como forma de fertilizar o solo, pois antes mesmo da era Cristã, os chineses, gregos e romanos já devolviam a seus solos os restos de plantas e resíduos animais. Um dos mais antigos registros do uso do composto na agricultura encontra-se em placas de argila no Vale da Mesopotâmia, há mais de 1000 anos antes do nascimento de Moisés (MARTIN;GERSHUNY, 1992).

Os Fenícios no Oriente e os Incas no Ocidente, também descobriram que plantando em patamares impediam as perdas de terras e de adubação, e os índios Maias na América, ao plantar milho, praticavam a adubação orgânica colocando peixes no fundo da cova. Na velha Roma os filósofos Catão, Plínio, Columela, Varrão, Vergílio, deixaram documentos com orientações de práticas agrícolas como estercação, calagem, adubação verde, rotação de

cultura e cobertura morta, sendo técnicas recomendadas até hoje pelos agrônomos aos agricultores (KIEHL, 2010).

Na Europa os agricultores amontoavam os restos orgânicos, deixando-os se decompor naturalmente e dando-lhes o nome de ãnitreiraö, uma vez que o nitrogênio orgânico durante o processo de decomposição se transformava em nitrato (KIEHL, 2010).

Todavia, a prática da compostagem perdeu sua popularidade nos períodos entre a Revolução Industrial e II Guerra Mundial, e somente no início dos anos 20, os estudos sobre o processo foram retomados, graças ao fitopatologista Albert Howard, que desenvolveu o famoso método de compostagem denominado Indore ou Howard no início do século XX, na cidade de Indore na Índia. Esse método foi modificado na Itália, alguns anos depois, por Giovanni Beccari, e logo em seguida surgiram outros métodos de compostagem que apresentavam técnicas de otimização e aceleração do processo, entre eles: Dano, Belstiville, Dumfries, Fairfield-Hardy, Frazer-Ewerson, Triga, Varro, Windrow, entre outros (RODRIGUES, 1996).

As primeiras experiências de compostagem no Brasil tiveram a iniciativa de Dafert, primeiro diretor do Instituto Agrônomo de Campinas que incentivou na época os agricultores a produzirem um fertilizante natural utilizando os próprios materiais de suas propriedades agrícolas. Essas iniciativas fizeram com que mais tarde a Escola Superior de Agricultura õLuiz de Queirozö iniciasse estudos sobre o processo de compostagem, com a publicação de livros técnicos diversos sobre o assunto (KIEHL, 2010).

## **2.4 Conceitos de Compostagem**

Popularmente, a compostagem é conhecida como um processo biológico de decomposição da matéria orgânica de origem animal e vegetal contida nos RSU, obtendo-se como resultado final, um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

A norma brasileira NBR 13591:1996 da ABNT, define compostagem:

(...) um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuados por uma população diversificada de microorganismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação, ou rico em nutrientes e prontificando-se para utilização na agricultura (maduro).

Segundo Lima (1995) a compostagem é o ato ou ação de transformar os resíduos orgânicos, através de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras.

Em outra definição mais detalhada Pereira Neto (1996) diz que a compostagem é um processo que recicla resíduos orgânicos, através da mineralização e humificação biológicas desses resíduos, para melhor destiná-los à utilização agrícola como fertilizantes orgânicos. Ainda segundo este autor, o processo de compostagem é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos e envolve necessariamente duas fases distintas, sendo a primeira de degradação ativa (necessariamente termofílica) e a segunda de maturação ou cura. Na fase de degradação ativa, a temperatura deve ser controlada a valores termofílicos, na faixa de 45 a 65°C. Já na fase de maturação ou cura, na qual ocorre a humificação da matéria orgânica previamente estabilizada na primeira fase, a temperatura do processo deve permanecer na faixa mesofílica, ou seja, menor que 45°C.

Como produto final do processo de compostagem, obtém-se o composto, que tem como principais características a presença de húmus e nutrientes minerais, e sua qualidade está em função da maior ou menor quantidade destes elementos (MONTEIRO et al,2001).

De acordo com Kiehl (1985) a palavra composto originou-se do vocábulo inglês *õcompostö* para designar o fertilizante, e os termos *compostar* e *compostagem* para indicar a ação ou ato de preparar o adubo.

Conforme Lima (1995), o composto depois de curado deve apresentar algumas características, tais como:

- granulometria: as partículas devem ter dimensões entre 0,1 e 2,0 mm;
- temperatura: quando exposto ao ar livre deve estar próxima à temperatura ambiente, de 3 a 5 graus centígrados superior;
- umidade: se estocados em pátios cobertos devem ser inferior a 35%;
- densidade: varia de 150 a 350 kg/m<sup>3</sup>;
- odor: tolerável, com cheiro de terra molhada;
- grau de decomposição: acentuado, a matéria original não pode ser identificada;
- coloração: varia de cinza escuro a negro;
- pH: varia de 7,6 a 8,0 ó alcalino;

- consistência: no caso do composto estar molhado, a consistência deve ser plástica, se o composto estiver úmido, esta deve ser friável, se estiver seco a consistência deve ser dura;

O composto pode ser aplicado para melhorar as condições do solo, dentre as quais podemos destacar: retenção de umidade em períodos secos, prevenção contra erosão, aumento da permeabilidade à água nos períodos de chuva, aperfeiçoamento da microestrutura do fornecimento de alguns nutrientes, prevenção da lixiviação, etc. (LIMA, 1991). Também age na agregação do solo tornando possível o agrupamento das partículas, estruturando-o. Essa estruturação permite a criação de espaços vazios, o que aumentará a porosidade do solo, e o composto ao ser incorporado no solo altera as formas de consistência do mesmo, podendo aumentar as possibilidades de exploração das terras cultiváveis, além de contribuir no fornecimento de nutrientes para as plantas.

## **2.5 Características dos Resíduos Sólidos para Compostagem**

O prévio conhecimento dos RSU para o processo de compostagem é um dos aspectos relevantes para garantir um composto de qualidade. Kiehl (1985) classifica de forma simplificada os materiais orgânicos em castanhos e verdes. Os castanhos são aqueles que contêm maior proporção de carbono como palha, serragem e folhas secas, e os resíduos verdes são os de maior proporção de nitrogênio, como: cascas de batata, legumes, hortaliças, cascas de frutas, cascas de frutos secos, borras de café, restos de pão, arroz, massa, cascas de ovos, folhas e sacos de chá, cereais e restos de comida cozida.

Dos resíduos orgânicos a serem compostados, não devem ser misturados à pilha de composto: madeira tratada, vidros, óleo, metal, plástico, couro, tinta e papel que podem ter um destino mais nobre através da reciclagem (CEMPRE, 2001).

Essa contaminação do composto por outros resíduos pode ser evitada através da separação prévia na fonte geradora dos resíduos orgânicos compostáveis, sugerindo que as donas de casa tenham recipientes separados, sendo um para o material especificamente orgânico, pois segundo Kiehl (2010) os RSU não selecionados nas residências contêm contaminantes e metais pesados. O autor ainda faz uma comparação dos metais pesados contidos nos RSU, provenientes de coleta misturada e no de coleta seletiva, conforme apresentado na Tabela 4:

Tabela 4: Comparação dos metais pesados presentes nos RSU misturado e no de coleta seletiva.

METAL	EUROPA		ESTADOS UNIDOS	
	Usina	Coleta Seletiva	Usina	Coleta Seletiva
Cádmio	3,9	1,2	3,7	1,1
Crômio	117	39	29	15
Cobre	354	53	349	64
Mercúrio	2,6	0,7	1,5	1,0
Níquel	63	25	31	8
Chumbo	565	98	324	74
Zinco	864	282	771	292

Todos os valores em mg/kg (ppm)

Fonte: Kiehl (2010)

A partir da leitura da Tabela 4 é possível verificar as diferenças significativas dos metais pesados existentes na massa de RSU, quando estes passam por processo de segregação na fonte através da coleta seletiva.

Segundo Monteiro et al (2001) o composto orgânico produzido deve ser regularmente submetido a análises físico-químicas para assegurar sua qualidade, para que não venha a prejudicar as culturas agrícolas e o consumidor. Na Tabela 5 são apresentados os valores permissíveis de metais pesados em compostos produzidos em alguns países da Europa, Brasil e Estados Unidos. A partir da leitura da tabela, verifica-se que a Holanda destaca-se como sendo um dos países que impõe limites mais severos em relação aos metais pesados, enquanto que a Espanha apresenta valores altos para todos os elementos, ao contrário da Dinamarca que não apresenta valores para todos os metais e impõe limites bem baixos para cádmio, chumbo, mercúrio e níquel.

Tabela 5: Limites de metais pesados (mg/kg) de alguns países com normas de certificação para composto.

Países	Elementos								
	As	Cd	Cr	Co	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Áustria	---	4	150	---	400	500	4	100	10
Bélgica <sup>1</sup>	---	5	150	10	100	600	5	50	10
Bélgica <sup>2</sup>	---	5	200	20	500	1000	5	100	15
Suíça	---	3	150	25	150	150	3	50	5
Dinamarca	25	1,2	---	---	---	120	1,2	45	---
França	---	8	---	---	---	800	8	200	---
Alemanha	---	1,5	100	---	100	150	1	50	4
Itália	10	1,5	100	---	300	140	1,5	50	5
Holanda <sup>1</sup>	25	2	200	---	300	200	2	50	9
Holanda <sup>2</sup>	15	1	70	---	90	120	1,7	20	2
Espanha	---	40	750	---	1750	1200	25	400	40
EUA	---	10	1000	---	500	500	5	100	10
Brasil*	20	5	200	---	150	150	1	70	5

As: Arsênio; Cd: Cádmio; Cr: Cromo; Co: Cobalto; Cu: Cobre; Pb: Chumbo; Hg: Mercúrio; Ni: Níquel; Zn: Zinco.

<sup>1</sup> Uso na agricultura.

<sup>2</sup> Uso na horticultura.

\* De acordo com a proposta de normatização.

Fonte: Adaptado de Brinton (2001) e Silva et al (2004).

No que diz respeito ao Brasil, a normatização de limites máximos de contaminantes permitidos em fertilizantes orgânicos, é determinado pela instrução normativa DAS nº 127, de 05/06/2006, conforme Tabela 6.

Tabela 6: Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos

Contaminante	Valor máximo admitido
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 ó número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos ó número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1,00
Salmonella sp	Ausência em 10 g de matéria seca

Fonte: Instrução Normativa DAS nº 27, 05 de junho de 2006.

## 2.6 A Compostagem no Contexto Mundial

De acordo com estudos de Slater e Frederickson (2001) a utilização do processo de compostagem em larga escala na Europa, iniciou-se na década de 1970, estendendo-se até 1980, quando se esperava que as usinas pudessem tratar em torno de 35% do total dos RSU. Apesar disso, segundo os autores, o composto produzido por estas usinas apresentava baixa qualidade em virtude da contaminação por materiais não compostáveis como vidro, plástico e outros detritos que vinham misturados aos resíduos orgânicos, além da presença de altas concentrações de metais pesados, que conseqüentemente contribuiu para o declínio do número de unidades de transformação de RSU. Nesse mesmo período, uma nova abordagem do processo de compostagem surgiu tendo como proposta a separação mais limpa dos resíduos biodegradáveis com o objetivo de obter um produto com mais qualidade para comercialização. Para Slater e Frederickson (2001) esse processo só foi possível em decorrência dos padrões e legislações ambientais que incentivaram o desenvolvimento de uma nova geração de instalações de compostagem em toda Europa. Constatou-se então, que o composto de boa qualidade tinha maior potencial de comercialização junto ao público, como também em sua utilização na agricultura. Assim, Slater e Frederickson (2001) constataram em suas pesquisas que países com política de segregação na fonte dos resíduos orgânicos e infraestrutura local, a citar Áustria, Bélgica, Dinamarca, Alemanha e Holanda coletaram e compostaram em média 85% de todos os resíduos orgânicos recolhidos, ao contrário do Reino Unido que recuperou em torno de 6% dos seus resíduos orgânicos, utilizando o processo de não segregação na fonte.

Quanto ao método de compostagem, os processos variam consideravelmente em toda a Europa. O mais simples utilizado é o sistema Windrow, que forma longas leiras, revolvidas por um veículo para melhorar a aeração e promover sua rápida decomposição, sendo este processo utilizado para a compostagem de resíduos de jardim. Outros processos tecnicamente mais avançados são fechados e empregam sistemas forçados de aeração para promover medidas de proteção do ambiente e controlar as emissões de odor. Este método é usado para processar as frações mais putrescíveis dos RSU, tais como os resíduos de cozinha (SLATER;FREDERICKSON, 2001).

A Espanha também vem desenvolvendo políticas ambientais que incluem metas de reciclagem e valorização, especialmente da matéria orgânica, onde promove-se o tratamento biológico com o objetivo de reciclar a fração orgânica e proteção do solo. Segundo Lopes et al (2010), para atender a esta diretiva, a Espanha instituiu a Lei nº 10/1998 que obrigou os

municípios com mais de 5.000 habitantes a coletar os resíduos separadamente, mas sem menção especial da fração orgânica. Por outro lado, a Catalunha tem uma regulamentação específica para os resíduos desde 1993, que propõe a coleta separada da fração orgânica segregada na fonte.

Nos Estados Unidos, Beecher e Goldstein (2010) relatam que as primeiras plantas de compostagem começaram a operar há 50 anos, sendo brevemente substituídas por aterros sanitários, e foi somente a partir dos anos 80 que a compostagem foi retomada como uma alternativa para as opções de gerenciamento dos RSU.

De acordo com dados da revista *Biocycle*, uma pesquisa realizada em 1983 identificou 61 projetos de compostagem e mais tarde outro levantamento em 1998 apontou a existência de 321 projetos, com 274 instalações. No entanto a mesma pesquisa realizada recentemente em maio de 2010 pela mesma revista registrou-seum total de 265 projetos de compostagem nos Estados Unidos, com um total de 258 em operação. Segundo Beecher e Goldstein (2010) a principal diferença entre os dados de 98 e 2010 é o número de projetos em desenvolvimento, pois em 1998, a *Biocycle* encontrou um total de 47 projetos em desenvolvimento, já em 2010, apenas um projeto está no planejamento e não há um piloto, este fato, segundo os pesquisadores, pode ser atribuído em grande parte, à lacunade 12 anos nacoleta de dados.

Em relação aos métodos de compostagem usados nos Estados Unidos, o processo mais utilizado é a compostagem de pilha estática aerada, conforme apresentado a seguir na Tabela 7, em que se encontram descritos os principais tipos de sistema utilizados segundo a pesquisa da Revista *Biocycle*.

Tabela 7: Lista dos métodos de compostagem utilizados nos Estados Unidos

<b>Tipo de sistema</b>	<b>Nº de instalações</b>
Pilha estática aerada	108
Leira	83
Sistemas fechados (In-vessel)	46
Leira aerada	08
Pilha estática	04
Pilha estática aerada fechada	04
Vermicompostagem	01
Não especificada	09
<b>Total de projetos</b>	<b>265</b>

Fonte: Adaptado de Beecher e Goldstein (2010).

No que diz respeito às experiências no Brasil, foi durante a década de 80 que as usinas de reciclagem e compostagem foram apresentadas como solução para o tratamento dos RSU. Todavia, a maior parte dos sistemas de compostagem trata a matéria orgânica proveniente da coleta regular, o que tem resultado em um composto de baixa qualidade, pois conforme Inácio e Miller (2009) a segregação da matéria orgânica na fonte é indispensável para que o processo de compostagem seja eficiente e econômico.

São poucas as experiências municipais que desenvolvem o processo de compostagem a partir de matéria orgânica separada na fonte, em virtude da falta de políticas que visem a gestão integrada dos RSU. Inácio e Miller (2009) relatam a experiência do município de Garopaba de Santa Catarina, que apesar de possuir uma população estimada de 13.000 habitantes, chega a atingir no verão uma população flutuante de 100.000 pessoas, por se tratar de uma região turística. A cidade não possuía nenhum tipo de tratamento dos RSU, apenas uma usina de triagem para separar os materiais recicláveis e o restante era destinado ao aterro sanitário fora dos limites do município. Este cenário foi modificado em 2002 com a implantação de um projeto piloto denominado *Reciclagem Orgânica*, que consistiu na separação prévia da matéria orgânica em pontos de grande geração como restaurantes e vilas de pescadores. Dos resultados alcançados, Inácio e Miller (2009) relatam que o projeto proporcionou economia ao município, pois houve diminuição dos resíduos a serem destinados para aterro particular. Conforme o levantamento dos autores, o sistema implantado apresentou custo de R\$ 73,33 para a coleta de 5ton/dia de resíduos contra R\$ 164,00 para coleta e destinação ao aterro, além disso, possibilitou aumento da eficiência da triagem dos materiais recicláveis que passou de 11% para 15,3% equivalente a 67,7 ton/mês, e outros benefícios sociais e ambientais como geração de empregos, mitigação das emissões de gás metano e lixiviação de chorume.

Outra experiência exitosa na Região do Sul, em Florianópolis (SC) foi o desenvolvimento do projeto *Revolução dos Baldinhos* idealizada pelos próprios moradores da localidade de Chico Mendes em parceria com o Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo (Cepagro). Segundo informações obtidas pelo Instituto Akatu, a iniciativa deu-se em virtude de uma epidemia de ratos que invadiu o bairro desta comunidade, ocasionando doenças e mortes. Assim em novembro de 2008, moradores, responsáveis pelo posto de saúde local, líderes comunitários e o Cepagro se reuniram para tentar resolver a epidemia, trazendo como proposta a separação dos resíduos orgânicos para a compostagem, retirando das ruas as sobras de alimentos, que atraíam os ratos. O Cepagro coordena o

trabalho, que é executado por sete jovens da localidade com o apoio da população. Eles sensibilizam as famílias para a separação do material para compostagem, gerenciam a coleta e a transformação dos resíduos orgânicos em compostagem. Cada família recebeu um baldinho de 50 litros para depositarem o lixo orgânico para compostagem, e são encaminhados para um dos 40 PEV (ponto de entrega voluntária) existente na localidade. Atualmente são mais de 250 residências que estão participando do programa e fabricam em média por mês 14 toneladas de adubo. O resultado deste trabalho tem estimulado a produção local de alimentos e por meio da agricultura urbana fortaleceu-se a segurança alimentar e a economia doméstica da comunidade. Adubando com o material por eles mesmos produzidos, os moradores hoje plantam em suas casas cebolinha, beterraba, pepino, couve-mineira, chuchu, tomate e pimenta-malagueta e muito mais. O projeto além de colaborar no aspecto financeiro, pois também viabiliza para as famílias a venda de parte do húmus produzido, diminui a quantidade de lixo destinado ao aterro da cidade, atenua o trânsito de transportes de caminhões de coleta, evitando emissão de CO<sub>2</sub>, e diminui os focos de leptospirose e outras doenças que eram trazidas pela exposição do lixo.

No Estado de São Paulo também há diversas iniciativas em relação a compostagem, a citar o exemplo da cidade de São Carlos, que em julho de 2006 iniciou o projeto piloto de coleta de resíduos orgânicos provenientes de restaurantes e lanchonetes de médio e grande porte, que passaram a ser encaminhados para o processo de compostagem na horta municipal.

Segundo dados do Plano Municipal de Saneamento de São Carlos (2011), atualmente 50 estabelecimentos participam do projeto, separando nas cozinhas de lanchonetes, restaurantes, supermercados, padarias, hospitais, escolas e universidades os resíduos orgânicos dos demais materiais. De acordo com dados da Prefeitura, citados em FIPAI (2010), o composto produzido é utilizado nas plantações da própria horta, reduzindo as despesas com fertilizantes e suplementos. De julho de 2006 a fevereiro de 2007, o projeto desviou do aterro sanitário aproximadamente 127 toneladas de resíduos orgânicos, o que representa 0,4% do total gerado no município para o mesmo período, a um custo significativamente menor que a coleta e disposição convencional: R\$ 84,00 contra R\$ 104,33t.

## 2.7 Os Benefícios da Compostagem

A compostagem vem sendo incentivada por diversos especialistas da área, em face dos inúmeros benefícios resultantes do uso de compostos gerados a partir desse processo. Assim, de acordo com Kiehl (2010) a compostagem tem como propósito transformar o material orgânico em material biologicamente estável, destruir organismos patogênicos, reter os nutrientes contidos na matéria orgânica (nitrogênio, fósforo, potássio) e fornecer um produto que propicie melhora nas condições do solo e suporte para o crescimento de plantas.

Segundo Martin e Gershuny (1992) a compostagem é um símbolo de todos os esforços da natureza para a construção do solo, e porque o composto é o construtor mais eficiente e prático do solo, tornou-se o coração do método da agricultura orgânica e jardinagem.

Outro benefício associado à compostagem é a otimização da vida útil dos aterros sanitários, uma vez que a maior parcela dos resíduos orgânicos deixará de ser enterrada, e conseqüentemente haverá redução da contaminação do solo, da água e do ar, além de racionalizar os custos de coleta e transporte dos RSU (LEITE et al, 2003). Esses benefícios também são citados por Silva Sanches (2000). De acordo com o autor, a compostagem elimina metade dos problemas decorrentes dos RSU, dando um destino útil aos resíduos orgânicos, evitando a sua acumulação em aterro e melhorando a estrutura do solo, devolvendo à terra os nutrientes de que necessita, aumentando a sua capacidade de retenção de água, permitindo o controle da erosão e evitando o uso de fertilizantes sintéticos.

Conforme Inacio e Miller (2009) o composto orgânico, por conter uma combinação de substâncias húmicas e elementos minerais, é um condicionante favorável para a fertilidade do solo. Os autores citam que os principais benefícios obtidos com o uso do composto no solo são: fonte de matéria-orgânica e nutrientes, elevação da capacidade de troca de cátions do solo; redução das perdas por lixiviação, melhoria da aeração e drenagem dos solos; aumento da estabilidade do pH do solo; melhor aproveitamento de fertilizantes minerais e incrementa a biodiversidade da microbiota do solo.

Diante dos benefícios citados pelos autores verifica-se que a compostagem é uma alternativa viável nos aspectos ambientais e deve ser incentivado seu processo. Porém, Vailati (1998) ressalta que os executores de projeto dessa natureza devem ter conhecimento técnico das questões decorrentes do processo de compostagem, de modo que seja assegurada a preservação do meio ambiente, melhoria nas condições de saneamento e benefícios à população.

## **2.8 Sistemas de Compostagem**

Os métodos de compostagem variam de processos artesanais até sistemas mais complexos, sendo que a escolha da técnica deve levar em consideração o tipo e a quantidade de matéria orgânica a ser utilizada, bem como o tempo de espera em que se pretende obter o produto final. De um modo geral destacam-se dois métodos de compostagem: o método natural e o método acelerado.

### **2.8.1 Método Natural**

#### **2.8.1.1 Sistemas de leiras com revolvimento manual ou mecânico**

Segundo Inácio e Miller (2009), o sistema de cura é o método mais difundido no Brasil, por se tratar de um processo simples e de baixo custo operacional, sendo recomendado para pequenas comunidades e áreas rurais. Segundo Pereira Neto (2007) esse sistema de compostagem processa-se com um mínimo de material (superior a 500 kg) para construir uma pilha de 1,6 m de altura. No caso de quantidade maior de material, o autor recomenda que este seja disposto em leiras e apresente uma configuração geométrica em forma triangular com aproximadamente 1,5 a 3,0 m de base e 1,6 de altura.

Lima (1995) aponta o sistema Kiehl como uma das alternativas viáveis para compostagem de pequenas quantidades de materiais. O sistema que foi desenvolvido pelo Professor Edmar José Kiehl com uma metodologia a custo zero. De acordo com Kiehl citado por Lima (1995) o composto pode ser feito manualmente, utilizando-se pás ou gadanho para o revolvimento da massa ou de forma mecânica. O processo consiste em duas fases distintas. Primeiramente faz-se a disposição da matéria-prima, quando os resíduos são dispostos em pilhas ou leiras de 3 a 4 metros de largura, com altura de 1,50 a 1,80 metros e com comprimento indeterminado. A técnica de preparo para formação das pilhas consiste em misturar duas ou quatro partes de restos de vegetais por uma parte de meios de fermentação, conforme sugerido por Kiehl (1998). A etapa seguinte consiste na irrigação e revolvimento, sendo que para manter a umidade da massa deve-se irrigá-la com água, mas não deve ser excessiva para não comprometer o processo, e o revolvimento do material se faz necessário para promover a homogeneização e aeração ativando assim os mecanismos de decomposição.

## **2.8.2 Método Acelerado**

### **2.8.2.1 Sistemas de leiras estáticas com aeração forçada**

Segundo Kiehl (1998) o sistema de leiras estáticas difere da compostagem natural, em virtude de não ter revolvimento da massa. O autor explica que nesse processo a mistura é colocada sobre uma tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto, não havendo necessidade de revolvimento das leiras ou pilhas. Esse processo possibilitou resolver um problema típico da falta de oxigênio no interior das leiras, além de promover um melhor controle da emissão de odores e redução na geração de chorume (INÁCIO;MILLER, 2009).

A pilha pode ter de 2 a 2,5 metros de altura e, geralmente, é coberta com uma camada de composto curado e peneirado, para reduzir os odores característicos. Cada pilha possui um soprador ou exaustor individual para melhor controlar a aeração. O ar é introduzido para prover de oxigênio a transformação biológica que ocorre dentro da pilha. O tempo de compostagem é de três a quatro semanas, e depois mais quatro a cinco semanas para a cura do material (KIEHL, 1998).

### **2.8.2.2 Sistemas fechados ou reatores biológicos**

Nesse sistema os resíduos ficam confinados em estruturas fechadas como container, cilindro de material metálico ou concreto e alvenaria. Por serem sistemas fechados, permitem o controle de todos os parâmetros das etapas de compostagem, pois não sofrem a influência das variações climáticas como chuva, vento ou neve (INÁCIO;MILLER, 2009).

Segundo Lima (1995), o sistema Dano é um exemplo desse processo e possui seis funções principais: recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento e cura do composto em pátio. Ainda conforme o mesmo autor, entre as funções citadas do processo, a bioestabilização é a parte mais importante, pois é quando os resíduos orgânicos sofrem fermentação para formação do composto. De acordo com a descrição do autor, o bioestabilizador é um cilindro metálico rotativo, com dimensões de 25 a 30 metros de comprimento e 3,5 de diâmetro, que gira continuamente, fazendo com que os resíduos sejam triturados por abrasão, sendo que o tempo de retenção da massa no bioestabilizador varia de 2 a 3 dias.

Independente da escolha do tipo de sistema de compostagem, Fernandes (1999) ressalta que para obter um composto de qualidade, é necessário um controle sobre a qualidade dos resíduos que serão utilizados, bem como uma definição criteriosa das proporções de

combinação dos resíduos e monitoramento do processo biológico. Ainda conforme o autor a escolha da tecnologia a ser utilizada nos processos de compostagem deve ser feita levando-se em consideração os critérios técnicos e econômicos. O Quadro 1 apresenta a comparação feita pelo autor das principais vantagens e desvantagens dos três sistemas de compostagem apresentados acima.

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens dos tipos de sistemas de compostagem.

<b>Sistema de compostagem</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Leiras revolvidas manual ou mecânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo investimento inicial;</li> <li>- Flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos;</li> <li>-Simplicidade de operação;</li> <li>-Uso de equipamentos simples;</li> <li>-Produção de composto homogêneo e de boa qualidade;</li> <li>- Rápida diminuição do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior necessidade de área, pois as leiras precisam ter pequenas dimensões e há necessidade de espaço livre entre elas;</li> <li>- Problema de odor mais difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento;</li> <li>- Muito dependente do clima. Em períodos de chuva o revolvimento não pode ser feito;</li> <li>- O monitoramento da aeração deve ser mais cuidadoso para garantir a elevação da temperatura;</li> </ul>
Leiras estáticas aeradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo investimento inicial;</li> <li>- Melhor controle de odores;</li> <li>-Fase de bioestabilização mais rápida;</li> <li>-Possibilidade de controle da temperatura e da aeração;</li> <li>-Melhor uso da área disponível que no sistema anterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Necessidade de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante a compostagem;</li> <li>-Operação também influenciada pelo clima;</li> </ul>
Compostagem em sistemas fechados ou reatores biológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menor demanda de área;</li> <li>-Melhor controle do processo de compostagem;</li> <li>-Independência de agentes climáticos;</li> <li>-Facilidade para controlar odores;</li> <li>-Potencial para recuperação de energia térmica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior investimento inicial;</li> <li>-Dependência de sistemas mecânicos especializados, o que torna mais delicada e cara a manutenção;</li> <li>- Menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos;</li> <li>- Risco de erro, difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado ou a tecnologia proposta for inadequada.</li> </ul>

Fonte: Fernandes (1999)

## 2.9 Fatores que Influenciam na Compostagem

Os RSU contêm naturalmente uma gama de microorganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica. Todavia, sendo um processo biológico, vários autores salientam que a aeração, relação carbono/nitrogênio, temperatura, tamanho das partículas, pH e umidade são elementos que influenciam diretamente no processo de compostagem (KIEHL 2010; MARTIN; GERSHUNY, 1992; PEREIRA NETO 2007; PESSIN et al, 2006) os quais serão detalhados a seguir para uma melhor compreensão.

- **Aeração**

A presença de oxigênio é fundamental tanto para atividade biológica como para acelerar a degradação da matéria orgânica. De acordo com Pereira Neto (2007) a aeração tem como função suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica, além de atuar como agente no controle da temperatura. Conforme Castilhos Junior (2003) a demanda por O<sup>2</sup> durante a compostagem, é bastante elevada e a falta deste elemento torna-se um fator limitante para a atividade microbiana e prolonga o ciclo de compostagem.

A principal forma de fornecer oxigênio para as leiras são os revolvimentos periódicos que devem ser feitos com maior frequência no início do processo, sendo que a aeração pode ocorrer por meios naturais (revolvimento) ou artificiais (mecânicas). Segundo Kiehl (1985) os revolvimentos manuais fazem com que as camadas externas passem a ocupar a parte interna, enquanto que por meios mecânicos as camadas do composto são misturadas, melhorando sua homogeneização. Ainda conforme o autor, os revolvimentos devem ser feitos quando a temperatura estiver muito alta (acima de 70°C), quando a umidade estiver acima de 55 ou 60%, e quando houver presença de moscas ou maus odores.

- **Relação carbono/nitrogênio (C/N)**

O carbono e o nitrogênio são essenciais para os microorganismos, pois estes necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas (FERNANDES, 1999).

Segundo Pereira Neto (2007) a intensidade da ação dos microorganismos decompositores está totalmente relacionada à diversificação e concentração de nutrientes, pois quanto mais diversificado os resíduos orgânicos na massa de compostagem, maior é a eficiência do processo. Inácio e Miller (2009) complementam afirmando:

A relação carbono/nitrogênio (C/N) de um determinado resíduo orgânico tem influência direta sobre a atividade microbiana e sobre os grupos que vão predominar em sua decomposição ou humificação. Quanto maior a C/N, maior o tempo de decomposição do material. (INÁCIO; MILLER, 2009)

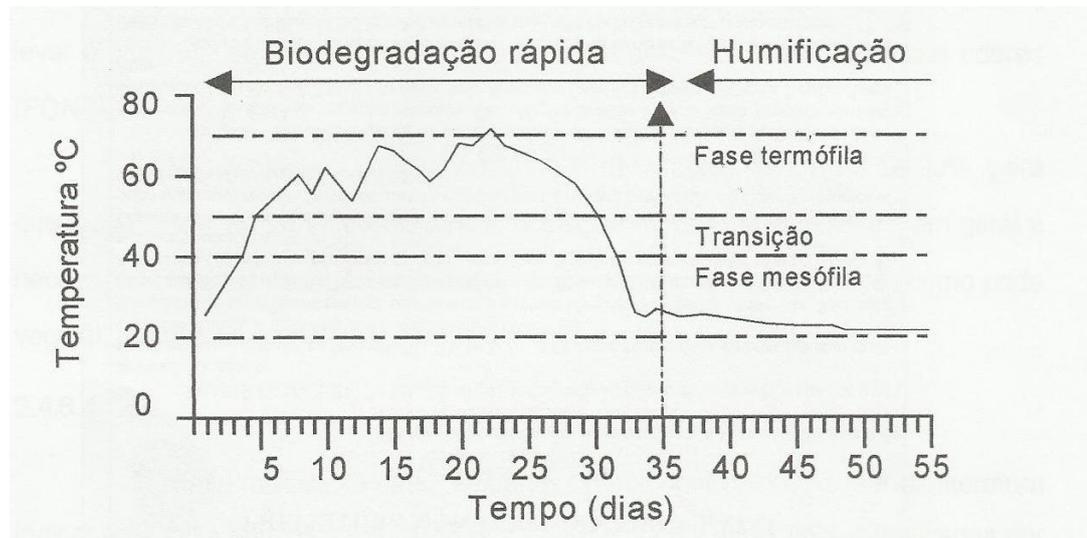
Em geral vários pesquisadores recomendam que a relação carbono/nitrogênio ideal para início da compostagem deve situar-se em torno de 25/1 e 35/1, com o carbono em maior número (KIEHL, 2010; PEREIRA NETO, 2007; INÁCIO; MILLER, 2009). Assim, para que o processo de compostagem tenha um desenvolvimento adequado, é importante atentar-se a esses parâmetros, pois de acordo com Kiehl (2004), se a relação C/N for acima de 50/1 haverá deficiência de nitrogênio e o tempo de maturação do composto será mais prolongado, e quando a relação C/N for menor que 10/1 a maturação é reduzida e ocorre perda de nitrogênio pela volatilização na forma de amônia e liberação de fortes odores.

A determinação da relação C/N também é utilizada como indicadora das três fases da matéria orgânica: a original, a semicurada e a estabilizada, sendo que o composto semicurado tende a apresentar uma relação igual a 18/1 e o composto estabilizado a relação será de 10/1 (KIEHL, 2004).

- **Temperatura**

A temperatura é um dos principais fatores que influenciam a compostagem, pois segundo Bidone (2001) é o fator mais indicativo do equilíbrio biológico na massa de compostagem, o que reflete na eficiência do processo. A temperatura tem variação conforme a fase em que se apresenta o processo de compostagem, conforme mostra a Figura 1 da curva-padrão da variação da temperatura.

Figura 1. Curva padrão da variação de temperatura durante o processo de compostagem



Fonte: Fernandes (1999)

Durante o processo de compostagem as temperaturas podem variar de 30 a 70°C, sendo que a média ideal de temperatura recomendada na literatura deve ser na faixa de 55°C, para garantir a eliminação dos microorganismos patogênicos, porém, alguns pesquisadores observaram que a ação dos micorganismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C e que acima deste valor o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica (FERNANDES, 1999).

Para Kiehl (1998) são as faixas de temperaturas que determinam a predominância de determinados grupos de organismos que podem ser classificados em: criófilo (temperatura ambiente), mesófilo (até 55°C) e termófilo (acima de 55°C).

Assim como a concentração de nutrientes, o equilíbrio da temperatura também é importante, pois conforme Fernandes (1999) se a leira registrar temperatura da ordem de 40-60°C no segundo ou terceiro dia é sinal que o ecossistema está bem equilibrado e que a compostagem tem chances de ser bem sucedida, caso contrário, é sinal de que algum parâmetro físico-químico (pH, relação C/N, umidade) não está sendo respeitado, limitando assim a atividade microbiana. Para Pereira Neto (2007) as características da matéria-prima, tipo de sistema utilizado, bem como o processo operacional e a configuração geométrica das leiras, também estão entre os fatores que podem influenciar na temperatura da massa de compostagem.

- **Tamanho das partículas**

Na literatura em geral podemos encontrar diferentes recomendações em relação ao tamanho das partículas, Pereira Neto (2007) recomenda que as partículas da massa de compostagem tenham em torno de 10 a 50 mm, já Castilho Junior (2006) considera que o tamanho das mesmas seja entre 25 e 75 mm.

Apesar das divergências com relação ao tamanho das partículas, alguns pesquisadores recomendam que quanto menor o tamanho das partículas, melhor é a decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos. Sob o ponto de vista microbiológico Inácio e Miller (2009) afirmam que quanto menor a granulometria do material, mais rápida será a decomposição pelos microorganismos que terão maior superfície de ação, local onde ocorre a decomposição. Entretanto, Kiehl (1998) salienta que, apesar de teoricamente as partículas finas sofrer uma decomposição mais rápida, porém na prática, a granulometria muito fina pode trazer problemas de aeração, compactação e encharcamento.

Desta forma, Pereira Neto (2007) recomenda que antes da montagem das leiras de compostagem, os resíduos devem sofrer uma correção no tamanho das partículas, com o objetivo de favorecer alguns fatores, entre eles: promover a homogeneização da massa de compostagem, melhorar a porosidade, ter menor compactação, maior capacidade de aeração e redução do tempo de compostagem.

- **pH**

De modo geral, sabe-se que os níveis de pH tem influência direta nas atividades microbianas. Vários estudos citados pela bibliografia especializada apontam que a faixa ideal do pH para desenvolvimento dos microorganismos deve ser entre 5,5 e 8,5, porém Pereira Neto (2007) aponta que experiências realizadas há vários anos pela Universidade Federal de Viçosa ó UFV, indicaram que a faixa de pH para a compostagem pode ser mais ampla atingindo valores entre 4,5 e 9,5.

Castilho Junior (2006) chama atenção em relação às misturas que serão utilizadas para alcançar um pH médio no desenvolvimento da atividade microbiana, pois segundo o autor, quando utilizadas misturas com pH próximo da neutralidade, o início da compostagem sofre uma queda sensível variando de 5,5 a 6,0 e quando a mistura apresentar um pH próximo a 5 ou inferior, há uma diminuição drástica da atividade microbiológica.

No final do processo, Kiehl (2007) relata que o adubo maturado deverá apresentar um pH acima de 7,8 e no processo de compostagem da fração orgânica dos RSU, o valor final do pH é superior a 8,5, caracterizando-se como um ótimo adubo para condicionamento de solos ácidos.

- **Umidade**

Inicialmente as condições de umidade da massa de resíduos vão ser determinadas de acordo com as características físicas dos materiais de entrada. Vários pesquisadores recomendam que a umidade deve ser mantida na faixa de 40% a 65% (INÁCIO; MILLER 2009; PESSIN et al, 2006; PEREIRA NETO, 2007).

Esse equilíbrio da faixa de umidade é importante porque tanto o excesso como a escassez de água é capaz de prejudicar a atividade microbológica (INÁCIO; MILLER 2009) sendo que teores elevados acima de 65% fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a passagem do oxigênio, podendo provocar zonas de anaerobiose. E teor de umidade inferior a 40% inibe a atividade biológica, bem como a velocidade de biodegradação (FERNANDES, 1999).

Como medida corretiva para o controle do teor de umidade da massa de compostagem, Kiehl (2007) recomenda que no caso de matéria prima com excesso de umidade, sugere-se adicionar resíduos que absorvam água, como por exemplo, vegetais secos e madeiras. E em situações de baixo teor de umidade é só adicionar água em quantidade compatível na pilha ou leira. Martin e Gershuny (1992) fazem algumas considerações com relação à escolha do local para montagem das pilhas ou leiras, levando em consideração as condições climáticas. Assim, os autores sugerem que em condições de clima úmido, deve-se optar por um local de fácil drenagem, para que a pilha nunca fique em uma piscina de água e em climas áridos, sugere-se afundar a pilha em uma cova rasa para reter a umidade.

## 2.10 Fatores Limitantes da Compostagem

Os resíduos orgânicos poderão produzir bons compostos desde que cuidadosamente pré-separados na fonte geradora, ou seja, é fundamental que as donas de casa tenham recipientes separados, um somente para o resíduo orgânico e outro para rejeitos.

O processo de separação prévia da matéria orgânica na fonte geradora vem sendo visto como um requisito importante para viabilizar um composto de qualidade, pois vários estudos têm avaliado a composição e características da fração orgânica, e a principal preocupação é a contaminação por metais pesados, bem como quanto ao que diz respeito a outros parâmetros envolvidos no processo de compostagem que afetam sua qualidade. Lopes et al (2010) em seu trabalho de pesquisa fez uma comparação dos sistemas de coleta e da composição da fração orgânica dos resíduos da Espanha, com base nos parâmetros de umidade, pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e nitrogênio. Segundo o autor, foram utilizadas amostras a partir de dois diferentes grupos de unidades de compostagem. O primeiro grupo incluiu as instalações que tratavam a fração orgânica separada na fonte, enquanto que o segundo incluiu o tratamento da fração orgânica separada mecanicamente dos RSU coletados. O resultado final da caracterização da fração orgânica obtida nas instalações espanholas apresentou diferenças significativas em relação ao sistema de coleta. As amostras do primeiro grupo apresentaram maiores valores de matéria orgânica, matéria orgânica total e nitrogênio orgânico, em contrapartida, o segundo grupo apresentou maiores valores para pH, condutividade elétrica e relação C/N. Mesmo com as diferenças significativas obtidas pelos dois grupos de amostras, o autor salienta que os dois métodos de tratamento são adequados para compostagem com referência aos parâmetros estudados, e que as diferenças observadas no estudo devem ser levadas em consideração no momento de preparar a mistura adequada, que permita um melhor desempenho do processo de compostagem. Todavia, o autor não especificou em seu estudo a presença de materiais contaminantes que poderiam estar presentes nas amostras estudadas, visto que também é um indicador importante para obtenção um composto de qualidade.

Outro fator limitante associado ao processo de compostagem está no custo elevado de investimentos que demanda, por exemplo, a necessidade de áreas para execução do processo, estudos de mercados para uso do composto e mão de obra qualificada para operar o sistema. Este último requisito é o que mais influencia na operação do sistema, pois segundo Pereira Neto (1996) na maioria dos casos quando os critérios técnicos não são bem definidos para o processo de compostagem, ocorrem os seguintes problemas:

- ineficiência do processo de pré-tratamento (triagem e trituração) da matéria orgânica, o que ocasiona a contaminação da massa da compostagem;
- pátios mal dimensionados que não comportam a produção mensal de matéria orgânica, causando a venda de produtos não estabilizados;
- processos desenvolvidos sem controle de temperatura, oxigenação e umidade, fatores que governam a eficiência do sistema;
- processos desenvolvidos sem nenhuma definição técnica do ciclo de revolvimento, que basicamente oxigena e controla a temperatura da massa de compostagem;
- processos que não incluem a fase de maturação e, portanto não produzem composto orgânico;
- falta de controle dos impactos ambientais associados aos processos, emissão de odores, chorume e atração de vetores, quando mal operado.

### **3 MÉTODO**

Este capítulo apresenta a caracterização do município de Corumbataí-SP, onde foi realizada a pesquisa. Descreve a gestão e gerenciamento dos RSU, bem como os procedimentos adotados para a caracterização dos RSU, visando diagnosticar o percentual de matéria orgânica produzida para verificar a viabilidade do processo de compostagem. E finalmente descreve o desenvolvimento da aplicação da pesquisa de conhecimento e opinião da população sobre compostagem e o nível de aceitação em relação à separação prévia dos resíduos orgânicos.

#### **3.1 Caracterização do Município de Corumbataí**

A caracterização do município foi realizada através de levantamento de informações junto à Prefeitura Municipal de Corumbataí, na literatura e por meio de visitas *in loco* para conhecimento do local de estudo.

#### **3.2 Diagnóstico da Gestão e Gerenciamento dos RSU de Corumbataí**

O diagnóstico da gestão e gerenciamento dos RSU atualmente executado no município deu-se por meio de levantamento das informações nas secretarias municipais envolvidas, entrevistas com os responsáveis pelo setor de limpeza pública e com o coordenador do programa da coleta seletiva.

Outras informações complementares foram obtidas por meio de conversas informais com os funcionários municipais, bem como observações *in loco* realizadas durante o acompanhamento nos dias de coleta dos RSU em alguns bairros da cidade, além da obtenção de registros fotográficos.

#### **3.3 Caracterização Gravimétrica dos RSU de Corumbataí**

##### **3.3.1 Determinação do tamanho da amostra**

A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra dos RSU analisados, ou seja, determina o tipo e a quantidade de resíduos gerados.

Uma vez que o município de Corumbataí já desenvolve a coleta seletiva, sendo os resíduos separados em seco e úmido na fonte geradora, a caracterização gravimétrica se pautou pela amostragem dos RSU que são encaminhados para o aterro sanitário, visto que o

objeto da pesquisa é diagnosticar o percentual de matéria orgânica produzida, para analisar a viabilidade de um processo de compostagem.

Inicialmente adotou-se o método de quarteamento NBR 10.007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) visando obter uma amostragem da quantidade total dos RSU coletados que seriam dispostos no aterro sanitário. Porém, um teste piloto realizado no dia 13/05/2011 apresentou algumas dificuldades na hora de se realizar a triagem dos resíduos, vistos que estes se encontravam muito compactados em virtude da própria compactação do caminhão e também pelo próprio processo de quarteamento realizado com a retro-escavadeira, além de agregar partículas de areia no momento da homogeneização dos resíduos, alterando sua composição (Figura 2).

Figura 2: Máquina retro-escavadeira espalhando os resíduos para realização do processo de quarteamento



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Dessa forma, optou-se por fazer a coleta separada das amostras de resíduos antes da coleta propriamente dita, realizada pelo caminhão. Para determinação do tamanho da amostra, adotou-se a metodologia proposta por Gil (1999), e foram considerados os seguintes fatores: extensão do universo, nível de confiança estabelecido, erro máximo permitido e a percentagem com que o fenômeno se verifica. Ainda de acordo com a metodologia do autor acima citado, existem duas fórmulas básicas para calcular o tamanho da amostra para populações infinitas e finitas, conceituando-se populações infinitas como aquelas que apresentam mais de 100.000 habitantes, enquanto que nas finitas o número é inferior a 100.000 habitantes.

Assim, para determinar o tamanho da amostra, utilizou-se a fórmula para população finita, conforme equação abaixo, visto que a população do município de Corumbataí é de 3.935 habitantes (IBGE, 2007). A pesquisa abrangeu a área urbana totalizando 875 residências (Dados Prefeitura).

#### EQUAÇÃO

$$n = \frac{z^2 p \cdot q \cdot N}{e^2 (N - 1) + z^2 p \cdot q}$$

onde:

n = tamanho da amostra;

z = nível de confiança escolhido, expresso em número de desvios-padrão;

p = percentagem com a qual o fenômeno se verifica;

q = percentagem complementar;

N = tamanho da população;

e = erro máximo permitido

Assim para determinação do tamanho da amostra da pesquisa foram utilizados os seguintes valores:

- Nível de confiança de 95% (dois desvios), logo  $z = 2$ ;
- 95% de ocorrência do fenômeno; logo  $p = 95$  e  $q = 5$ ;
- $N = 875$  elementos;
- Erro máximo permitido  $e = 4,5\%$

A aplicação da fórmula resultou numa amostra de 85 elementos para amostragem dos RSU de Corumbataí, porém, para efeito de confiabilidade, o número foi elevado para 90. Para que as amostras tivessem uma representatividade, foi feito um levantamento junto ao setor de água da prefeitura para identificar a quantidade total de domicílios por bairro.

Diante da determinação do tamanho da amostra e feito o levantamento do número total de domicílios por bairro, aplicou-se a metodologia de cálculo utilizada pelo IBGE para determinar a quantidade de amostras por bairro, como também o intervalo entre as residências para obtenção das mesmas, de modo a obter uma representatividade das amostras.

Para determinação do número de residências por bairro, o cálculo se baseou no número total de residências/bairro multiplicado pelo total de amostra (90) e dividido pelo número total de domicílios da área urbana (875). Para determinar o intervalo entre as residências, o número total de residências/bairro foi dividido pelo resultado obtido no cálculo para determinação do número de residências por bairro. Assim os resultados dos cálculos encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8: Número de domicílios por bairros para amostragem dos RSU.

<b>Bairro</b>	<b>Nº de Residências</b>	<b>Nº de Residências para amostragem</b>	<b>Intervalo entre as Residências</b>
Centro	373	38	10
Jardim Cristina	48	05	10
Núcleo	51	05	10
Jardim Jóia	25	03	8
Vale do Sol	53	05	11
Vale do Sol II	51	05	10
Olivio Mina	83	09	9
Residencial da Colina	42	04	11
Beira Rio	30	03	10
Jardim das Laranjeiras	83	09	9
Jardim Iracema	36	04	9
<b>Total</b>	<b>875</b>	<b>90</b>	

OBS. Não estão incluídos os prédios públicos e igrejas.

### 3.3.2 Procedimentos para coleta das amostras

Para a identificação das residências onde seriam coletadas as amostras, utilizou-se um mapa da área urbana fornecido pelo Departamento de Engenharia da Prefeitura Municipal. O processo de coleta das amostras foi feito em parceria com a prefeitura municipal, com auxílio dos funcionários responsáveis pelos serviços de coleta dos RSU, que coletaram as amostras dos RS nos domicílios selecionados antes da coleta propriamente dita (Figura 3).

Figura 3: Coleta das amostras de RSU selecionado.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

As amostras foram coletadas conforme detalhamento no Quadro 2, tendo-se a preocupação de realizar as coletas em dois meses diferentes (junho e dezembro), sendo três amostras na primeira semana de cada mês e uma por semana até o término do mês, prevalecendo os mesmos dias.

Quadro 2: Frequência das coletas realizadas.

<b>Mês</b>	<b>Semana</b>	<b>Dias</b>
Junho/2011	1 <sup>a</sup>	Segunda-feira Quarta-feira Sexta-feira
	2 <sup>a</sup>	Quarta-feira
	3 <sup>a</sup>	Quarta-feira
	4 <sup>a</sup>	Quarta-feira
Dezembro/2011	1 <sup>a</sup>	Segunda-feira Quarta-feira Sexta-feira
	2 <sup>a</sup>	Quarta-feira
	3 <sup>a</sup>	Quarta-feira
	4 <sup>a</sup>	Quarta-feira

Após a coleta das amostras, o caminhão foi pesado em balança de carga de uma granja particular localizada próxima à área do aterro sanitário municipal, e em seguida as amostras foram encaminhadas para o pátio da central de triagem da coleta seletiva, onde foram depositados em lona plástica e posteriormente os próprios funcionários da coleta realizaram a triagem das amostras coletadas.

### 3.3.3 Procedimentos para caracterização gravimétrica das amostras

O procedimento de amostragem dos RSU foi realizado no pátio da central de triagem da coleta seletiva, havendo um contato inicial para verificar a disponibilidade do local para o desenvolvimento da atividade.

Para a realização da triagem dos materiais obteve-se o apoio dos próprios servidores municipais da coleta, mediante autorização da Prefeitura Municipal. Os funcionários utilizaram os equipamentos de proteção individual (EPI) necessários, como luvas, máscaras, óculos, botas. Quanto aos materiais utilizados segue lista abaixo:

- ✓ Lona preta;
- ✓ Pás;
- ✓ Enxadas;
- ✓ Facas;
- ✓ Sacos plásticos;
- ✓ Tambores plásticos de 50 litros cada;
- ✓ Balança com capacidade para 200 kg.

Para definição dos componentes a serem analisados na caracterização gravimétrica, Monteiro et al (2001) sugere que os itens devem ser separados conforme o Quadro 3.

Quadro 3: Componentes mais comuns da composição gravimétrica.

Matéria Orgânica	Metal ferroso	Borracha
Papel	Metal não ferroso	Couro
Papelão	Alumínio	Pano/trapos
Plástico maleável	Vidro claro	Ossos
Plástico rígido	Vidro escuro	Cerâmica
Pet	Madeira	Agregado fino

Fonte: Adaptado de Monteiro et al (2001)

No presente trabalho de pesquisa adaptou-se o procedimento sugerido por Monteiro et al (2001), simplificando os componentes a serem analisados tais como: papel/papelão, embalagem longa vida, plásticos, vidros, metais, matéria orgânica, tecidos, couros, isopor e incluiu-se a categoria sanitários. Essa composição simplificada foi adotada, visto que o objetivo da pesquisa foi avaliar a composição orgânica encontrada nos RSU, para determinar a viabilidade do processo de compostagem.

A Figura 4 apresenta as etapas da caracterização gravimétrica das amostras coletadas dos RSU selecionados.

Figura 4: Etapas da caracterização dos RSU



A) Amostra coletada. B) Início da caracterização dos resíduos. C) Amostra parcialmente caracterizada. D) Componentes já separados para pesagem.

Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Os materiais separados foram acondicionados em sacos plásticos e posteriormente pesados no local, exceto os resíduos orgânicos que foram acondicionados em tambores plásticos de 50 lt para as pesagens (Figura 5).

Figura 5: Acondicionamento e pesagem dos resíduos orgânicos resultante da triagem.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Paralelamente ao processo de caracterização da amostragem dos RSU, realizou-se separadamente uma coleta e amostragem dos resíduos sólidos de quatro setores relacionados à área da Educação (Quadro 4), visto que, uma vez que apresentam um número significativo de alunos, tendem a apresentar maior geração de RS.

Quadro 4: Período de realização da coleta e amostragem dos RS dos segmentos da área educacional.

<b>Setores da Educação</b>	<b>Atividade</b>	<b>Data</b>
EMEF. Profª Maria de Lourdes Pedroso Perin	Coleta/Amostragem	17.06.2011
EMEI Dona Helena		
Creche Municipal		
Centro Profissionalizante		

A coleta dos RS nas unidades escolares também foi realizada pelos servidores da coleta de RSU, que encaminharam as amostras para o pátio da central de triagem, sendo depositadas em lona plástica, iniciando-se em seguida o processo de caracterização gravimétrica com, o rompimento dos sacos plásticos e posterior separação dos componentes existentes na amostra (Figura 6). Os materiais separados foram acondicionados em sacos plásticos e pesados no local.

Figura 6: Caracterização dos RS das unidades escolares



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

### 3.4 Escolha do Método de Compostagem

A escolha do método de compostagem pautou-se pela bibliografia que dá conta dos principais processos desenvolvidos atualmente. As variáveis citadas a seguir foram consideradas para efeito de concepção e estudo, visando definir a escolha do método de compostagem:

- a) quantidade de resíduos orgânicos;
- b) área disponível e acessibilidade;
- c) mão de obra (exigência e disponibilidade);
- d) infraestrutura necessária;
- e) equipamentos necessários;
- f) impactos no entorno;

A partir destas variáveis e da realização de um pré-dimensionamento das alternativas de como estas variáveis poderiam ser consideradas no contexto local, chegou-se à escolha do método que se mostrou mais adequado.

### 3.5 Avaliação do Conhecimento e da Opinião da População sobre Compostagem e o Nível de Aceitação para Separação Prévia dos Resíduos Orgânicos Compostáveis (ROC).

O conhecimento e a opinião da população sobre compostagem e o nível de aceitação para separação prévia dos ROC, foram avaliados por meio da aplicação de um questionário, que de maneira simples, pode ser entendido como uma técnica de investigação composta por um número de questões apresentadas por escrito às pessoas (GIL, 2007).

A amostra objeto desta avaliação foi a mesma obtida conforme metodologia descrita no item 4.3.1, levando-nos a entrevistar os moradores das mesmas residências que tiveram seus RS coletados separadamente para as caracterizações gravimétricas. Porém, a escolha da pessoa a ser entrevistada na residência, foi direcionada preferencialmente para o sexo feminino, pois de um modo geral são as mulheres que lidam com a maior parte dos resíduos sólidos e seria o público mais apto a responder as questões.

O questionário (Apêndice A) foi composto por onze questões, sendo que algumas perguntas foram fechadas apresentando um conjunto de alternativas para que o entrevistado escolhesse a opção que melhor representasse seu ponto de vista. Outras questões eram abertas de modo a reunir dados qualitativos para demonstrar a percepção dos entrevistados em relação à compostagem.

O questionário aplicado objetivou obter as seguintes informações:

- b) Identificar o perfil do entrevistado;
- c) Avaliar o sistema de coleta seletiva de Corumbataí;
- d) Investigar o nível de conhecimento dos entrevistados sobre compostagem quanto a: quais resíduos podem ser usados, a importância desta prática, o interesse em participar de um programa com este intuito e a aceitação dos entrevistados em realizar a separação prévia dos resíduos orgânicos para compostagem;

A pesquisa ocorreu durante os meses de fevereiro e março de 2012 e os dados foram trabalhados em forma de gráficos, apresentados no Capítulo 5 deste estudo.

## **4 RESULTADO E DISCUSSÃO**

### **4.1 Caracterização do Município de Corumbataí**

#### **4.1.1 Histórico**

A história do município de Corumbataí ó SP tem início em 03 de março de 1821, no final do período do Brasil Colônia, quando o Governador da então Província de São Paulo, Carlos Augusto Oeybhausen, concedeu a Francisco da Costa Alves, uma enorme gleba de terras nos Sertões do Morro Azul: a chamada Sesmaria do Rio Corumbataí. No ano de 1844, com a divisão da Sesmaria entre os filhos de Costa Alves, Domingos José da Costa Alves inicia uma nova fazenda no extremo norte da antiga sesmaria, denominando-a de õFazenda São Joséõ.

Em 1884 a Companhia Rio Claro de Estradas de Ferro, mais tarde Rio Claro Railway, estendeu seus trilhos da cidade de Rio Claro até a Cidade de São Carlos do Pinhal (atualmente São Carlos), e foi construída uma estação nas proximidades da sede da Fazenda São José com o nome de Corumbatahy. Nos anos que se seguiram, começaram, a se instalar nas proximidades da estação, pequenos comerciantes que deram origem ao povoado.

Em 1885, a Empresa Barão do Pinhal & Cia ligava por via férrea Rio Claro a São Carlos, passando pela Sesmaria do Rio Corumbataí. Assim, foram surgindo as primeiras moradias e conglomerados urbanos. Mais tarde, no final do século XIX, o restante da õFazenda São Joséõ foi vendido pelos herdeiros dos Costa Alves para a Companhia da Pequena Propriedade que tinha por objetivo vender pequenas áreas de terras para lavradores com poucos recursos.

Em 1905, foi criado o núcleo colonial Jorge Tibiriçá, que loteou parte da Sesmaria para imigrantes russos, alemães, lituanos, espanhóis, todos atraídos pelas facilidades em adquirir pequenas propriedades agrícolas.

Durante o mandato do Governador Jorge Tibiriçá entre os anos de 1904 e 1908, teve-se como meta a criação de núcleos coloniais para fixação dos imigrantes estrangeiros em solo paulista, com a finalidade de aumentar a produção agrícola. Esta finalidade coincidia plenamente com os planos e propósitos da Companhia da Pequena Propriedade: seus diretores entraram em entendimento com o Governo do Estado para fixação de um núcleo colonial nas terras da õFazenda São José do Corumbataíõ.

Em 1905, o Governo do Estado reserva uma área de 20 alqueires na margem direita do Rio Corumbataí, onde se encontrava a estação ferroviária, que seria destinada à futura povoação e a um centro industrial e comercial do núcleo. O mesmo Governo envia o Engenheiro Tertuliano Gonçalves para levantar os contornos do Núcleo Colonial e projetar a planta da futura povoação que constou de 4 ruas e 5 avenidas. O local que entre as avenidas 1 e 2 e as ruas 3 e 4 foi reservado para a construção de uma Igreja e seu respectivo pátio, em devoção a São José.

No ano de 1908, Corumbataí já contava com um distrito policial, um subdelegado e dois praças. Por volta de 1910 o povoado de Corumbataí abrigava uma moderna olaria e uma serraria. Em 1912 é concluída a Igreja Matriz de São José no terreno que havia sido reservado por ocasião da criação do núcleo colonial.

Em 1912, foi lançada a pedra fundamental da capela em louvor a São José de Corumbataí. Por volta de 1918, o governo adquiriu as fazendas Boa Vista e Santana de Baixo para loteá-las.

Em dezembro de 1919, o povoado de Corumbataí, foi elevado à Categoria de Distrito de Paz. Com o núcleo colonial prosperando, o povoado de Corumbataí crescia e novas casas foram sendo construídas e no ano de 1920 o povoado já dispunha de energia elétrica. Em 1923 a Igreja Matriz de São José foi elevada à condição de Paróquia, pertencendo a Diocese de São Carlos.

A década de 1920 foi muito promissora ao município de Corumbataí, que além de já contar com postes de eletricidade, dispunha de um clube recreativo e cinema, porém faltava água encanada domiciliar para os moradores. Apenas no final de 1938, foi inaugurado o sistema de abastecimento urbano de água.

As ideias de emancipação do município começaram a surgir em 1929, entretanto somente em 24 de dezembro de 1948 Corumbataí conseguiu sua emancipação política através da Lei Estadual nº 233/1948, graças ao empenho do jovem Deputado Estadual Ulysses Guimarães. Na ocasião o governador do estado era a figura emblemática do Dr. Adhemar Pereira de Barros. As primeiras eleições municipais em Corumbataí aconteceram no dia 13 de março de 1949, que elegeu o prefeito e os vereadores.

#### 4.1.2 Características gerais da área de estudo

O município está localizado no vale formado pelo Rio Corumbataí, na latitude  $22^{\circ}13'13''\text{S}$  e longitude  $47^{\circ}37'31''\text{W}$ , com uma altitude média de 600 m.s.m e com 278 km<sup>2</sup> de área. Está a 210 km de distância da capital de São Paulo ó SP e possui como cidades limítrofes os seguintes municípios: Analândia e Santa Cruz da Conceição (Norte), Leme (Leste), Rio Claro (Sul), Itirapina (Oeste) (Quadro 5).

Quadro 5: Coordenadas da Sede do Município.

<b>Coordenadas da Sede do Município</b>	
UTM da Sede do Município	23K 229343.22 m L
	7540427.79 m S
Latitude	22°13'13" S
Longitude	47°37'31" W
Altitude	600 m
Ponto Culminante	Morro S. Urbano (1.043m)

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Cartografia (2007)

Segundo o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2007, a população do município é de 3.935 habitantes, sendo aproximadamente 2.124 habitantes residentes na área urbana e 1.811 residentes na área rural. A extensão territorial do município é de 279 km<sup>2</sup>, sendo 247,0 km<sup>2</sup> pertencentes à área rural e 3,2 km<sup>2</sup> à área urbana.

O município de Corumbataí ó SP não sofreu mudanças drásticas com o pequeno processo de urbanização que ocorreu desde a sua fundação (Figura 7). Atualmente, podem-se diagnosticar as mesmas características, principalmente no meio rural, como citada por Petrone (1961)

As habitações, em geral, localizam-se na meia encosta. Normalmente estão mais ou menos próximas de nascentes (de 100 a 500 metros de distância)... O õhabitatõ é disperso, as casas estão distanciadas uma das outras 500, 1.000 e mais metros. Raramente encontramos alguma habitação nas várzeas. Quando as colinas são mais baixas, as habitações localizam-se no alto, em um nível que corresponde õgrosso modoõ a da meia encosta das demais. (PETRONE, 1961)

Figura 7: Vista aérea do município de Corumbataí ó SP.



Fonte: Prefeitura Municipal de Corumbataí-SP.

Quanto ao seu clima, segundo a Classificação Climática de Köppen ó Geiger o município é classificado como do tipo Cwa, sendo este caracterizado como seco no período de inverno com temperaturas inferiores a 18°C e chuvoso no período do verão, com temperaturas superiores a 22°C, conforme a Tabela 9. O município de Corumbataí possui a seguinte característica climática: chuvoso nos meses de outubro a março, indicando estes meses a concentração de 80% da precipitação anual, e período seco, entre os meses de abril a setembro.

Tabela 9: Temperaturas mensais do município de Corumbataí ó SP.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura (MAX)	29,8	30,2	30,0	28,7	25,9	25,1	25,7	28,1	28,6	30,0	29,7	30,2
Temperatura (MED)	24,1	24,4	23,9	21,9	19,1	18,4	18,5	20,6	21,6	23,1	23,5	24,0
Temperatura (MIN)	18,4	18,6	17,7	15,0	12,3	11,6	11,4	13,0	14,5	16,1	17,2	17,8

Fonte: Centro de Análise e Planejamento Ambiental ó CEAPLA (UNESP/Rio Claro, 2009)

Referente ao Índice Pluviométrico, o município apresenta o mês de janeiro como sendo o de maior precipitação, com índices superiores a 215 mm. Já no período seco, os meses de julho e agosto mostraram precipitação menor ou igual a 25 mm, conforme Tabela 10.

Tabela 10: Precipitação do município de Corumbataí ó SP.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (mm)	265	224	138	50	43	37	15	16	57	91	104	154

Fonte: Centro de Análise e Planejamento Ambiental (2009)

Nos meses de julho e agosto, o município de Corumbataí ó SP recebe aproximadamente 31 mm de chuva, sendo este valor considerado como uma das menores médias da região. A precipitação anual no município é de aproximadamente 1.194 mm de chuva/ano, distribuídos em aproximadamente 90 dias de chuva, conforme a Tabela 11.

Tabela 11: Precipitação anual e média do município de Corumbataí ó SP.

<b>Precipitação Anual (mm)</b>	1194
<b>Média Precipitação (mm)</b>	99,5

Fonte: Centro de Análise e Planejamento Ambiental (2009)

A vegetação do município de Corumbataí ó SP segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Florestal (IF) atestam que o Bioma predominante é o Cerrado e a Mata Atlântica. As áreas Florestais ocupam 23% da área do município de Corumbataí ó SP e encontra-se em alguns remanescentes, como nas margens dos cursos d'água, topos de morros e em outras APPs.

Atualmente, o uso do solo do município é representativo em sua área rural, com grande parte composta por pastagens, cana-de-açúcar, cultura perene e reflorestamento. Assim, a base micro-econômica do município está na agropecuária com destaque para a produção de gado de corte, avicultura de corte, reflorestamento de eucalipto e pecuária de leite.

Não há existência de grandes pólos industriais no município, sendo que Corumbataí está inserido nas APAs Corumbataí/Botucatu/Tejupá, que foram instituídas pelo Decreto Estadual nº 20.960 de 08/06/1983 e APA Piracicaba/Juqueri Mirim instituída pela Lei Estadual nº 7.438 de 14/07/1991.

## 4.2 Descrição do Sistema de Saneamento

Atualmente é a própria Prefeitura Municipal que opera os Serviços de Abastecimento de Água e Esgoto do município, atendendo a 100% da população urbana. O abastecimento de água para a população é feito através da captação de 02 (duas) nascentes localizadas no Sítio Monte Alegre e na Sub Bacia do Ribeirão Boa Vista. Estas captações operam por gravidade, e o volume captado, segundo dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal e aferidos no Plano Diretor de Combate às Perdas no próprio Sistema de Abastecimento do município, é de aproximadamente 10 L/s (CORUMBATAÍ, 2010).

A água captada segue para a Estação de Tratamento de Água (ETA), e, depois de tratada é bombeada para os reservatórios semi-enterrados contidos na própria ETA. A operação da ETA é do tipo filtração com unidades e contém: filtro dinâmico, filtração rápida de fluxo ascendente, filtro lento e reservatórios, adição de hipoclorito de sódio líquido e pastilha de ácido fluorsilícico (flúor).

O sistema de distribuição de água do município de Corumbataí pode ser resumido, conforme Quadro 6.

Quadro 6: Sistema de distribuição de água no município de Corumbataí.

Rede de Distribuição	
Extensão da rede	19 km
Diâmetro da tubulação	20 e 40
Material de rede	20% da rede de ferro e 80% rede de PVC
Idade da rede	Aproximadamente 40 anos

Fonte: Corumbataí (2010).

As demandas do município de Corumbataí são descritas por categorias que são divididas em faixas de consumo, conforme a Tabela 12.

Tabela 12: Categoria de consumo.

Categoria	Ligações	%
Residencial	826	77,20
Comercial	44	4,11
Industrial	8	0,75
Pública	31	2,90
Beneficente	8	0,75
Rural	153	14,30
Total	1070	100

Fonte: Corumbataí (2010).

O Sistema de Esgotos Sanitários do município de Corumbataí, apresenta atualmente índice de coleta e tratamento de 100% da área urbana. A estrutura do sistema de esgotamento sanitário pode ser resumida conforme Quadro 7.

Quadro 7: Estrutura do Sistema de Esgotamento Sanitário de Corumbataí.

Sistema de Esgotamento Sanitário de Corumbataí	
Nº de ligações	900 unidades
Rede (km)	13 km
Tratamento	Lagoa de Estabilização

Fonte: Corumbataí (2010).

O esgoto coletado é levado para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) operada pela própria Prefeitura Municipal. Esta é composta por apenas 1 (uma) lagoa de estabilização (lagoa facultativa), ou seja, com atividades anaeróbias (no fundo da lagoa) e aeróbias (na parte superficial), com dimensões de 70,80 m de largura, 140,91m de comprimento e 1,50m de profundidade, da crista do talude até o fundo, disposta numa área total de 29.578,414 m<sup>2</sup>.

A ETE está em operação desde 1995, recebe o esgoto através de tubulações com diâmetro de 200 mm. Encontra-se localizada na estrada municipal Corumbataí-Ferraz (antigo trecho ferroviário da FEPASA) a uma distância de aproximadamente 2 km da cidade. A ETE é cercada por alambrados para evitar a entrada de pessoas não autorizadas ou ainda a circulação de animais, já que nas áreas vizinhas da estação, existe o manejo de bovinos e suínos.

### **4.3 Descrição do Sistema de Gerenciamento dos RSU**

Assim como o abastecimento de água e esgoto, o sistema de gestão e gerenciamento dos RSU também é operado pela Prefeitura Municipal. De acordo com dados obtidos pelo setor responsável pela limpeza pública do município de Corumbataí, a cidade apresentava uma situação crítica com a disposição final de seus RSU, que eram depositados em um local inadequado. Este fato comprometia a qualidade hídrica, promovendo a contaminação do solo, ar e favorecendo a proliferação de vetores transmissores de doenças. Esse cenário foi modificado há 17 anos (em janeiro de 1995), quando o Poder Público interveio com a implantação de um programa de coleta seletiva de lixo, que além de propor novas alternativas para o destino dos RSU, também provocou uma profunda mudança na percepção ambiental de sua comunidade. No que diz respeito a existência do Plano Municipal de Resíduos Sólidos, instrumento obrigatório instituído pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, constatou-se que, até o término do levantamento das informações, o município ainda não tinha feito a elaboração do mesmo.

#### **4.3.1 O Programa de Coleta Seletiva de Lixo**

O Programa de Coleta Seletiva de Lixo em Corumbataí teve início em janeiro de 1995, através da parceria entre o Poder Público Municipal e o Instituto de Geociências e Ciências Exatas ó IGCE da UNESP ó Campus Rio Claro. Todo o histórico da etapa de concepção e implantação pode ser obtido a partir dos trabalhos de Pós Graduação de Brescansin (1997) e Aquino (2007) que em seu trabalho de especialização apresenta uma abordagem geral do Programa de Coleta Seletiva após 10 anos de implantação.

Para a realização da separação do lixo na fonte geradora, o poder público distribui gratuitamente em todos os domicílios, comércios e indústrias um kit (Figura 8) composto por um balde plástico de 20 litros na cor laranja, destinado aos resíduos não recicláveis (restos de comidas, cascas de frutas e verduras, sanitários, etc.) e um saco de ráfia na cor branca, no qual se lê impresso õReciclávelö, para o depósito dos resíduos passíveis de reciclagem, tais como plásticos, metais, vidros e papéis.



Figura 10: Cestos para área rural.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

#### 4.3.1.1 Operação do Sistema de Coleta

O sistema de coleta seletiva de lixo abrange 100% dos domicílios urbanos atingindo uma população de 2.124 habitantes (IBGE, 2007) e atende uma média de 10% das propriedades rurais com a coleta de materiais recicláveis, obedecendo a um calendário com datas pré-determinadas. Na área urbana a coleta seletiva ocorre em dias alternados da semana sendo:

##### a) Coleta dos resíduos não recicláveis

A coleta é realizada três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) por um caminhão compactador que percorre todas as residências. Os resíduos não recicláveis (constituídos de sobras de alimento, cascas de frutas, verduras, sanitários e rejeitos) acondicionados no balde são despejados no caminhão e o balde é devolvido ao morador conforme representado na Figura 11.

Figura 11: Sistema de coleta dos resíduos não reciclável.



- A) Acondicionamento dos resíduos não recicláveis na fonte geradora em recipiente tipo balde de 20 lt.  
 B) Recolhimento dos resíduos acondicionados no balde. C) Disposição dos resíduos no caminhão.  
 D) Devolução do balde na residência.

Foto: Lucilene de Aquino, 2011

A quantidade de RSU que são encaminhados para o aterro sanitário é da ordem de 40 ton/mês, tendo uma produção *per capita* de aproximadamente 628 g/hab.dia, conforme demonstrado na Tabela 13.

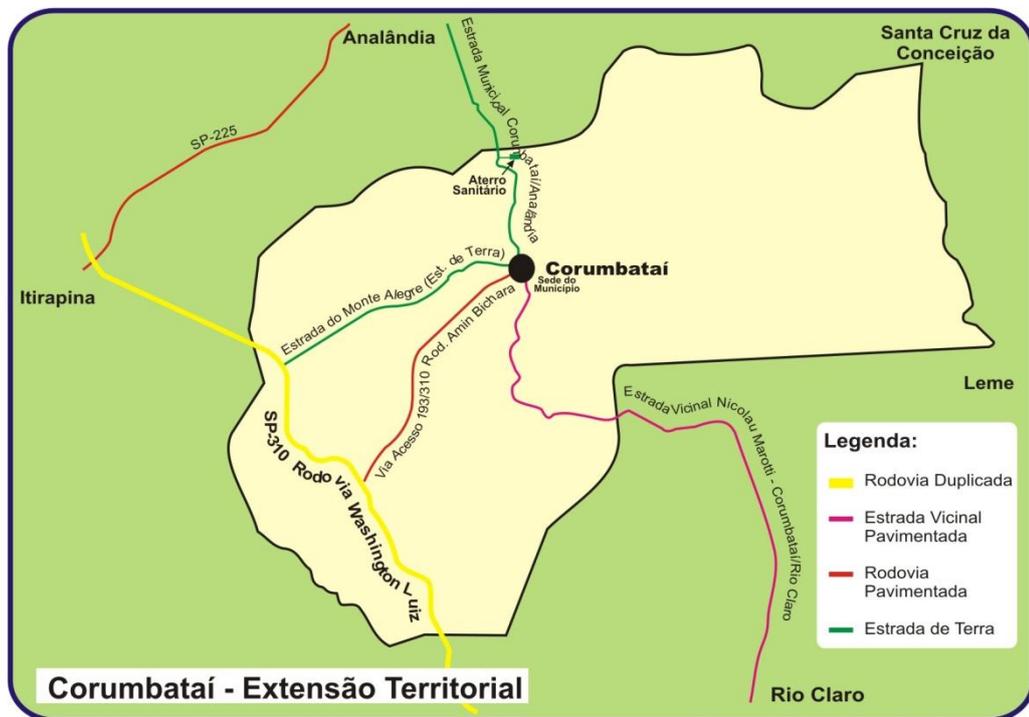
Tabela 13: Quantidade estimada produzida de RSU com destino no aterro sanitário.

Ano	Habitantes (população urbana) IBGE 2007	Geração per capita de RSU (g/hab.dia)	Geração de RSU (ton/mês)
2010	2.124	628	40

Fonte: Prefeitura Municipal de Corumbataí (2010).

O aterro sanitário municipal está localizado no Sítio dos Coqueiros a 5 km da cidade sentido estrada municipal Corumbataí-Analândia (Figura 12). O aterro possui uma área de 24.211,33 m<sup>2</sup> e encontra-se localizado geograficamente na longitude 47°37'33" e latitude: 22°11'03", UTM ó X 228661 e Y: 7544409.

Figura 12: Localização do aterro sanitário



Os resíduos são depositados em valas, compactados mecanicamente por uma pá carregadeira e cobertos com solo escavado da própria área (Figura 13). O aterro sanitário está enquadrado como adequado com nota 8,3, de acordo com o índice de Qualidade de Resíduos (IQR) referente ao ano de 2009, bem como Licença de Operação emitida pela CETESB com validade até 30/11/2015.

Figura 13: Processo de cobertura dos RSU no aterro sanitário.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

**b) Coleta dos resíduos recicláveis**

Para a coleta dos resíduos recicláveis é utilizado um caminhão com carroceria do tipo baú para armazenamento dos materiais, que são coletados pelo sistema porta a porta (Figura 14), uma vez por semana, às terças-feiras, e durante o processo de coleta ocorre a troca do saco cheio pelo vazio.

Figura 14: Sistema de coleta dos resíduos recicláveis.



A e B) Acondicionamento dos materiais recicláveis na fonte geradora em sacos de rafia;  
C) Recolhimento dos materiais recicláveis porta a porta; D) Caminhão utilizado na coleta dos materiais recicláveis.

Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Após a coleta, os materiais são encaminhados para a central de triagem, onde passam por um processo de separação mais específico, de acordo com o tipo de material, sendo em seguida prensados e armazenados para sua comercialização (Figura 15).

Figura 15: Recebimento e separação dos resíduos recicláveis na central de triagem.



A e B) Recebimento dos materiais na central de triagem; C) Acondicionamento dos materiais no interior da central de triagem; D) Etapa de triagem dos materiais recicláveis.

Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Os sacos utilizados para o depósito de materiais recicláveis nas residências recebem uma lavagem manual, ou seja, a sacaria fica de molho por um dia em tanques de alvenaria com água e sabão, sendo seguidamente enxaguados e pendurados em um varal para secagem (Figura 16). Posteriormente os sacos são recolhidos e embalados para ser utilizados novamente nas residências, o que torna a embalagem reutilizável por vários meses.

Figura 16: Forma de secagem e embalagem da sacaria.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Em média são coletados 10 ton/mês de materiais recicláveis, gerando uma produção per capita de aproximadamente 157 g/hab.dia, conforme demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14: Quantidade estimada produzida de resíduos recicláveis.

<b>Ano</b>	<b>Habitantes (população urbana) IBGE 2007</b>	<b>Geração de Resíduos per capita Recicláveis (g/hab.dia)</b>	<b>Geração de Resíduos Recicláveis (ton/mês)</b>
2010	2.124	157	10

Fonte: Prefeitura Municipal de Corumbataí

Segundo informações da Coordenação do Programa de Coleta Seletiva, a comercialização dos materiais recicláveis é realizada em média a cada dois meses, sendo direcionada para sucateiros da região, os quais se encarregam de retirar os materiais com funcionários e veículos próprios. Os recursos financeiros arrecadados são depositados em conta específica da Prefeitura Municipal e utilizados para subsidiar algumas despesas do próprio programa, tais como aquisição de balde e saco, confecção de informativos para campanhas de conscientização, compra de equipamentos e outras necessidades para o funcionamento do sistema.

#### **4.3.1.2 Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde**

De acordo com as informações obtidas pelo setor responsável da prefeitura, a coleta e o tratamento dos RS provenientes dos serviços de saúde do município de Corumbataí, é realizada por Empresa Privada específica, denominada Transpolix Ambiental, contratada pela

Prefeitura Municipal para realização dos serviços para o ano de 2011, a um custo anual de R\$ 16.344,00 (dezesseis mil reais e trezentos e quarenta e quatro reais).

A retirada dos resíduos de saúde é feita a cada 15 (quinze) dias na Unidade Básica de Saúde, a única no município. As clínicas odontológicas que totalizam 03 (três) unidades também são orientadas a encaminhar os resíduos provenientes de suas atividades para a respectiva unidade de saúde, para posterior coleta e tratamento.

Em média, a quantidade coletada pela empresa contratada totaliza um montante de 120 kg/mês, e após a coleta, esses volumes são encaminhados ao Aterro Ecosul Ltda., localizado no município de Poços de Caldas ó MG, onde são incinerados.

#### 4.3.1.3 Gerenciamento dos Resíduos Verdes

Atualmente, os resíduos provenientes da varrição de vias públicas, capinas e roçadas, bem como da coleta de resíduos arbóreos, também são gerenciados pela Prefeitura Municipal que, no final de 2010 obteve recursos financeiros do Fundo Estadual de Controle e Poluição ó FECOP da Secretaria Estadual de Meio Ambiente para aquisição de um triturador de galhos, visando diminuir o volume dos resíduos resultantes de podas e limpeza de praças e jardins.

O triturador possui uma carreta acoplada para armazenamento do material triturado, sendo acionado por um trator (Figura 17). A coleta é realizada uma vez por semana - as quintas-feiras, e os resíduos resultantes da trituração são armazenados no pátio da central de triagem da coleta seletiva e posteriormente doado para os produtores rurais do município. A média dos resíduos triturados atinge o montante de 2 ton./semana, porém os índices tendem a variar conforme as épocas do ano.

Figura 17: Triturador de Galhos.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

#### 4.3.1.4 Gerenciamento dos Resíduos de Construção e Demolição

Quanto aos resíduos da construção civil, o município de Corumbataí ainda não apresenta um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), previsto na Resolução CONAMA nº 307/2002.

A disposição desses resíduos pelos geradores ainda permanece nas vias públicas em frente às residências e estabelecimentos comerciais, sendo que o serviço de coleta é realizado pela própria prefeitura somente às sextas-feiras. Após a coleta, esses resíduos são depositados em áreas de transbordo, afastados do perímetro urbano e posteriormente utilizados na própria manutenção de estradas ou em aterros.

Não foi possível obter dados da produção de resíduos da construção civil gerada no município de Corumbataí, porém por tratar-se de uma cidade de pequeno porte, visualmente é possível verificar a baixa geração desses resíduos (Figura 18).

Figura 18: Forma de disposição dos resíduos de construção e demolição.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

#### 4.3.1.5 Gerenciamento dos Resíduos Especiais

##### a) Pneumáticos Inservíveis

A Prefeitura Municipal possui uma parceria com um ECO PONTO da ANIP ó Associação Nacional Industrial de Pneumáticos, instalado na cidade de Leme-SP, que recebe os pneus usados recolhidos na cidade de Corumbataí, os quais são encaminhados para a reciclagem. Os pneus recolhidos dos domicílios, oficinas e borracharias são encaminhados para a central de triagem da coleta seletiva e depositados em um galpão coberto (Figura 19), para posteriormente serem encaminhados ao respectivo ECO PONTO da cidade de Leme.

Figura 19: Armazenamento dos pneus na central de triagem .



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

b) **Resíduos Eletro-Eletrônicos, Pilhas e Baterias**

De acordo com as informações fornecidas pela coordenadoria do programa da coleta seletiva, os resíduos eletro-eletrônicos, pilhas e baterias são recebidos na central de triagem junto com a coleta dos resíduos recicláveis. Os funcionários realizam a separação específica dos mesmos e os armazenam em local separado (Figura 20). A destinação é feita através da contratação de empresas especializadas no tratamento e reciclagem a um custo médio de R\$ 0,40 por quilo de material.

Figura 20: Armazenamento dos resíduos eletro-eletrônicos.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

c) **Lâmpadas Fluorescentes**

As lâmpadas fluorescentes também são coletadas juntamente com a coleta dos resíduos recicláveis e encaminhadas para a central de triagem, onde são acondicionadas em uma caixa de madeira (Figura 21) de modo a evitar que se quebrem e liberem mercúrio, que é altamente tóxico.

Figura 21: Armazenamento das lâmpadas fluorescentes.



Foto: Lucilene de Aquino

O tratamento e destinação adequados para as lâmpadas ocorreram a partir do ano de 2011, através da contratação de empresa terceirizada para realizar o processo de descontaminação das lâmpadas. Atualmente é a empresa Naturalis Brasil da cidade de Itupeva-SP, que tem prestados os serviços de descontaminação das lâmpadas, ao custo de R\$ 0,78 (setenta e oito centavos) por unidade.

d) **Óleo de Cozinha**

A campanha *Recicla Óleo Corumbataió* teve início em 2008, quando a população foi orientada por meio de informativos de como participar. De acordo com as orientações, o morador deve acondicionar o óleo de cozinha usado em uma garrafa PET e depois colocá-la junto com a coleta dos materiais recicláveis. Os óleos comestíveis após serem coletados, são armazenados em recipientes próprios na central de triagem da coleta seletiva (Figura 22).

Figura 22: Armazenamento do óleo de cozinha usado.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Desde o início da campanha já foram arrecadados em torno de 1800 litros de óleo de cozinha usado, segundo informações da coordenação do programa. Porém a participação da população ainda é baixa, fazendo-se necessário reforçar novamente a campanha.

#### **4.4 Despesas e Receitas Operacionais**

##### **4.4.1 Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto**

O município possui a Lei nº 1.177 de 01 de abril de 2004 que institui o Sistema de Taxas e Serviços de distribuição de água e coleta de esgoto e a prestação e cobrança de outros serviços afins, prestados pela Prefeitura Municipal de Corumbataí e dá outras providências.

De acordo com a Lei, o custo do metro cúbico de água tem um valor fixo com base na Unidade Fiscal do Município de Corumbataí, calculado em função da produção, operação, manutenção, recuperação, expansão, custeio e administração, necessários ao funcionamento do sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto (CORUMBATAÍ, 2004). A conta de água é calculada em função de faixas de consumo definidas pelo volume hidrometrado ou consumo mínimo, cujo limite é de 10m<sup>3</sup> (dez metros cúbicos), ainda que não alcançado este piso. Para cada ligação é emitida mensalmente uma única conta, com data de vencimento todo dia 10 de cada mês. Os valores por m<sup>3</sup> crescem com as faixas de consumo, embora sejam decrescentes dentro de cada faixa, conforme demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15: Preços por faixas de consumo do Sistema de Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto.

Consumo de Água (m <sup>3</sup> )	Preços (R\$)*
De zero a 10,00	8,30
De 10,1 a 20,00	16,60
De 20,01 a 30,00	30,60
De 30,01 a 40,00	61,60
De 40,01 a 50,00	96,50
De 50,01 a 70,00	136,70
De 70,01 a 100,00	162,40
Acima de 100	290,00

\*Válido para as categorias: residencial, comercial, industrial, público, igreja e rural.

Fonte: Corumbataí (2010).

Os serviços prestados e os respectivos materiais atendem às normas e padrões de cobrança da Municipalidade, representando o custo dos serviços de obras (ligações, redes, consertos, manutenção entre outros), administrativos ou não (expedientes, certidões, atestados, consultas técnicas, análises e exames laboratoriais entre outros), acrescidos da taxa de administração de até 20% (vinte por cento). Exemplos de valores cobrados são apresentados na Tabela 16.

**Tabela 16: Preços de serviços do Sistema de Distribuição de Água e Coleta de Esgoto.**

<b>Serviços do Sistema de Distribuição de Água e Coleta de Esgoto</b>	<b>Valores R\$</b>
Ligação de água ó mão de obra e materiais, com hidrômetro, por ligação	115,80
Ligação de esgoto ó mão de obra e materiais, por ligação	77,20
Hidrômetro por unidade avulsa	69,40
Mão de obra instalação hidrômetro avulso	13,51
Desmanche e reconstrução de calçadas, por m <sup>2</sup>	25,09
Corte e reposição de asfalto, por m <sup>2</sup>	77,20
Manutenção de hidrômetro-troca, vedante, reparo de vazamento, re-apertos, etc.	13,51
Religação de água-hidrômetro lacrado, por ligação	13,51
Desligamento de água õplugõ, por desligamento	13,51
Religação de água cortada na calçada, por religação	13,51

Fonte: Corumbataí (2010).

A estimativa de receita do Sistema de Água e Esgoto para o ano de 2011 foi da ordem de R\$ 220.000,00, sendo uma média de R\$ 18.300,00 mensais. Não foi possível identificar as despesas específicas com o respectivo sistema, pois os gastos são empenhados na dotação de Saneamento Básico e Meio Ambiente juntamente com as despesas do sistema de RSU.

#### **4.4.2 Coleta dos RSU**

No município de Corumbataí não há tarifa ou taxa referente aos serviços da coleta e tratamento dos RSU. Para obtenção das informações referente às despesas operacionais foi realizado um contato direto com os responsáveis do Departamento Contábil, Recursos Humanos e Compras. De acordo com o Departamento de Contabilidade da Prefeitura, no momento não existe uma dotação específica para RSU e conforme citado anteriormente as despesas desse setor também são empenhadas na Dotação de Saneamento Básico e Meio Ambiente, incluindo as despesas com os serviços de água e esgoto.

Entretanto, foi feita, a partir de levantamento obtido com os respectivos setores da prefeitura, uma estimativa das despesas mensais com a coleta de RSU, apresentada na Tabela 17.

Tabela 17: Estimativa das despesas mensais com a coleta dos RSU.

<b>Item</b>	<b>Despesas Com a Coleta Seletiva (R\$)</b>	<b>Despesas Sem a coleta seletiva (R\$)</b>
<b>Folha de Pagamento</b>		
Proventos	10.283,00	5.521,00
FGTS	822,00	441,00
INSS	2.210,00	1.187,00
Total	13.315,00	7.149,00
<b>Administrativas</b>		
Energia	110,00	110,00
Telefone/Internet	400,00	400,00
Material de limpeza e café	330,00	330,00
Material de escritório	150,00	150,00
Total	990,00	990,00
<b>Equipamento Individual de Segurança ó EPIs</b>		
	62,00	62,00
<b>Frota</b>		
Manutenção (troca de óleo, reparos e troca de peças).	87,00	50,00
Seguro	218,00	0,00
Combustível (diesel)	1.025,00	615,00
Total	1.330,00	665,00
<b>Material para a Coleta Seletiva</b>		
Sacos para lixo reciclável	825,00	
Balde para o lixo não reciclável	270,00	
Tampas e alças avulsas	194,00	-----
Total	1.289,00	
<b>Total</b>	<b>16.986,00</b>	<b>8.866,00</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Diante dos levantamentos apresentados na Tabela 17, a estimativa de despesa com a coleta de RSU incluindo a coleta seletiva é da ordem de R\$ 17.000,00 mensais, totalizando uma despesa anual de R\$ 204.000,00. De acordo com a Dotação Orçamentária do Município, o valor empenhado para o Saneamento Básico e Meio Ambiente previsto para o ano de 2011 foi de R\$ 274.503,33. Deste modo, as despesas com os serviços de coleta dos RSU corresponderam a 74% do valor empenhado na Dotação de Saneamento Básico e Meio Ambiente.

Ressalta-se, que apesar de não existir uma tarifa ou taxa referente aos serviços da coleta e tratamento dos RSU, o Programa de Coleta Seletiva apresenta uma receita financeira obtida pela comercialização dos materiais recicláveis. Em 2011 arrecadou-se em média R\$ 1.800,00 mensais com venda dos materiais recicláveis, o que totalizou uma média de receita anual de R\$ 21.600,00. Esses recursos também são empregados nas despesas com o sistema de coleta seletiva, como na aquisição de balde e saco, confecção de material informativo, compra de EPIs, entre outras necessidades.

Assim, pode-se deduzir esse valor (R\$ 21.600,00) das despesas orçamentárias, ficando o custo da coleta dos RSU reduzido para R\$ 182.400,00, correspondendo a 66% do valor empenhado para Saneamento Básico e Meio Ambiente. Ainda conforme a tabela 16, só o programa de coleta seletiva absorve desta dotação orçamentária R\$ 8.100,00 por mês (= R\$ 16.986,00 ó R\$8.886,00), ou R\$ 97.200,00 por ano. Deduzindo a receita de R\$ 21.600,00, o custo da coleta seletiva foi de R\$ 75.600,00 por ano, correspondendo a 28% da dotação orçamentária para saneamento e meio ambiente.

Em termos econômicos a coleta seletiva de fato se constitui em um programa oneroso para a administração pública, não sendo financeiramente autossustentável, como indica a pesquisa CICLOSOFT do CEMPRE (2010). Apesar dos custos com a coleta seletiva estarem diminuindo, o custo médio desta nas grandes cidades está calculado em US\$ 204,00 ou R\$ 367,20/ton, sendo cerca de 4 vezes maior que o custo da coleta convencional.

Por outro lado, no caso de Corumbataí, em que a coleta seletiva desvia 10 toneladas/mês de materiais passíveis de reciclagem, é possível prever um aumento da vida útil do aterro sanitário, além de uma possível diminuição dos custos com sua operação, apesar de não ser possível mensurar esses valores, devido à ausência de informações do setor responsável.

Estes custos seriam ainda maiores no caso de municípios que não possuem coleta seletiva e enviam seus RSU para aterros privados, como a cidade de Analândia, cujas características geográficas e populacionais são parecidas com Corumbataí. De acordo com o departamento responsável daquela cidade, a Prefeitura tem enviado em média 62 ton/mês de resíduos para um aterro particular a um custo de R\$ 55,00/ton, além de custear R\$ 1,81 por km rodado, percorrendo uma distância de 214 km entre ida e retorno (é feita uma viagem por semana). Contabilizando os valores, a Prefeitura de Analândia tem uma despesa mensal de cerca de R\$5.000,00 (ou R\$ R\$ 60.000,00 anuais), apenas com a disposição dos RSU.

Outro aspecto positivo da coleta seletiva é a visibilidade do município a nível Regional e Estadual através das conquistas de várias premiações (Figuras 23 e 24) entre elas o

1º lugar no II Prêmio Chopin Tavares de Lima "Novas Práticas Municipais" da Fundação Prefeito Faria Lima e CEPAM e posteriormente em 2009, o Prêmio de Melhor Programa de Coleta Seletiva outorgado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo.

Figura 23: II Prêmio Chopin Tavares de Lima - CEPAM 2008



Fonte: Foto de Lucilene de Aquino, 2011

Figura 24: Prêmio Ação de Coleta Seletiva de Lixo Município Verde Azul 2009



Fonte: Foto de Lucilene de Aquino, 2011

#### **4.5 Caracterização Gravimétrica dos RSU**

Os resultados obtidos na realização das caracterizações gravimétricas dos RSU destinados ao aterro sanitário de acordo com a metodologia descrita no item 4.3 estão representados nas tabelas 18 e 19 e nos gráficos 1 e 2.

Tabela 2: Resultado da 1ª Caracterização Gravimétrica por amostragem dos RSU de Corumbataí-SP, 2011.

<b>Data de Amostragem</b>	<b>06.06</b>		<b>08.06</b>		<b>10.06</b>		<b>15.06</b>		<b>22.06</b>		<b>29.06</b>		<b>Média das amostragens</b>	
<b>Tipos de Materiais</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>% de cada elemento</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>% de cada elemento</b>										
Matéria Orgânica	377	79,0	371	81,0	375	83,0	281	80,0	248	77,0	208	77	310	80
Sanitários	45	9,0	40	9,0	36	8,0	36	10,0	28	9,0	36	13,3	37	9,5
Plástico	30	6,0	25	5,0	16	3,5	16	5,0	18	6,0	14	5,2	20	5
Papel	10	2,0	15	3,0	12	3,0	5	1,5	10	3,0	6	2,2	10	2,6
Tecido	10	2,0	5	1,1	6	1,4	6	1,72	9	2,82	2	0,8	6	1,5
Couro	05	1,4	0	0	1	0,22	0,5	0,15	0,5	0,16	0	0	1	0,26
Metal	01	0,20	1	0,22	0,5	0,11	1	0,30	2	0,62	1	0,4	1	0,26
Alumínio	01	0,20	1,5	0,34	1,5	0,33	1,5	0,43	1	0,31	1,5	0,6	1,3	0,35
Longa Vida	0,5	0,10	1	0,22	0,5	0,11	1	0,30	1	0,31	0,5	0,2	0,75	0,20
Isopor	0,5	0,10	0	0	0,5	0,11	0	0	0,5	0,16	0	0	0,25	0,07
Vidro	0	0	0,5	0,12	1	0,22	2	0,6	2	0,62	1	0,3	1	0,26
<b>Peso Amostra</b>	480	100	460	100	450	100	350	100	320	100	270	100	388	100
<b>Peso total</b>	<b>4.160 kg</b>		<b>3.271 kg</b>		<b>3.310 kg</b>		<b>2.890 kg</b>		<b>2.880 kg</b>		<b>2.470 kg</b>		<b>3.164 kg</b>	

Tabela 3: resultado da 2ª Caracterização Gravimétrica por amostragem dos RSU de Corumbataí-SP, 2011

<b>Data de Amostragem</b>	<b>05.12</b>		<b>07.12</b>		<b>09.12</b>		<b>14.12</b>		<b>21.12</b>		<b>28.12</b>		<b>Média das amostragens</b>	
<b>Tipos de Materiais</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>% de cada elemento</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>% de cada elemento</b>										
Matéria Orgânica	375	83,33	292	78,5	303	73,5	245	73,0	342	83,0	345	80,6	317	79,0
Sanitários	29	6,45	37	10,0	37	9,0	35	10,0	28	7,0	30	7,0	33	8,0
Plástico	23	5,11	18	5,0	30	7,0	22	6,5	20,5	5,0	21	4,91	22	5,6
Papel	09	2,0	02	0,55	18,5	4,5	12	4,0	08	2,0	11	2,57	10	2,6
Tecido	11	2,45	12	3,0	12	3,0	16	5,0	07	2,0	15	3,5	12	3,0
Couro	0	0	0	0	0	0	02	0,6	01	0,22	0	0	0,5	0,15
Metal	0,5	0,11	0	0	01	0,2	0,5	0,15	01	0,22	01	0,24	0,8	0,16
Alumínio	01	0,22	02	0,55	07	2,0	02	0,6	01	0,22	03	0,7	2,7	0,72
Longa Vida	01	0,22	01	0,4	0,5	0,10	0,5	0,15	0,5	0,12	01	0,24	0,75	0,22
Isopor	0	0	08	2,0	0	0	0	0	0	0	01	0,24	1,5	0,38
Vidro	0,5	0,11	0	0	03	0,7	0	0	01	0,22	0	0	0,75	0,17
<b>Peso Amostra</b>	450	100	372	100	412	100	335	100	410	100	428	100	401	100
<b>Peso total</b>	<b>4.360 kg</b>		<b>3.720 kg</b>		<b>3.550 kg</b>		<b>3.900 kg</b>		<b>4.110 kg</b>		<b>4.140 kg</b>		<b>3.963 kg</b>	

Gráfico 1: Percentual médio do resultado da 1ª caracterização gravimétrica dos RSU de Corumbataí

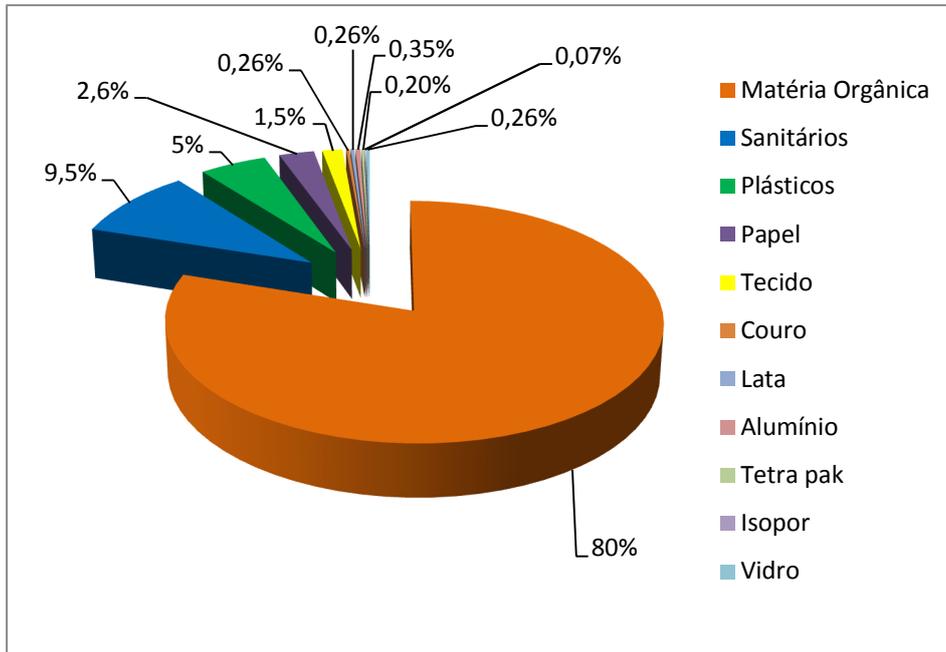
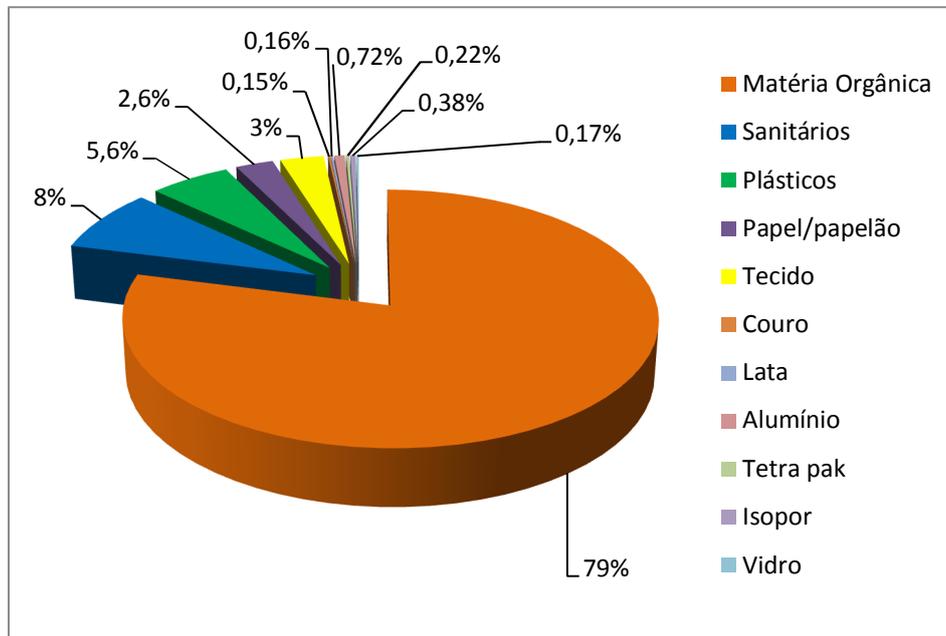


Gráfico 2: Percentual médio do resultado da 2ª caracterização gravimétrica dos RSU de Corumbataí



Os resultados obtidos pelas caracterizações gravimétricas das amostras coletadas demonstraram que não houve diferenças significativas entre as amostragens realizadas nos períodos correspondidos a junho e dezembro. A matéria orgânica correspondeu ao componente mais significativo da composição gravimétrica atingindo um percentual médio de

80% na amostragem do mês de junho e 79% no mês de dezembro. Em segundo lugar ficaram os resíduos sanitários que apresentaram uma média de 9,5% (junho) e 8% (dezembro) da composição total das amostras. Salienta-se que o índice elevado de matéria orgânica se deu por causa da coleta seletiva, pois boa parte dos resíduos passíveis de reciclagem são desviados do aterro sanitário.

No que diz respeito aos materiais recicláveis encontrados, também não houve diferenças significativas entre as amostragens realizadas no mês de junho e dezembro (Gráficos 1 e 2). O componente mais representativo foi o plástico com o percentual médio de 5%, seguido do papel e papelão que tiveram uma média de 2,6% e os outros componentes verificados como metal, alumínio, longa vida, vidro e isopor apresentaram percentuais inferiores em relação aos demais. Pode-se constatar que o programa da coleta seletiva tem apresentado uma boa eficiência, pois os materiais recicláveis encontrados representaram menos que 10% da composição dos resíduos sólidos. Como consequência, a quantidade de matéria orgânica foi proporcionalmente maior, atingindo 80%, cujo índice está mais elevado em comparação a outros municípios que apresentam uma média de 60% em sua composição.

Apenas constatou-se que na 2ª caracterização, os resíduos do tipo tecido, alumínio e isopor tiveram um aumento no percentual médio em relação a 1ª caracterização realizada em junho. A porcentagem de tecido elevou-se de 1,5% para 3,0%; o alumínio de 0,35% para 0,72% e o isopor de 0,07% para 0,38%, conforme visualizado no Gráfico 2.

O percentual elevado desses materiais pode ter ocorrido em virtude do próprio aumento da quantidade de RSU constatado no mês de dezembro, considerando se tratar de um período festivo e do pagamento de proventos.

Em termos quantitativos, verificou-se que nas primeiras semanas dos meses amostrados, a produção de RSU foi maior, provavelmente em decorrência do período de recebimento de proventos, o que implica no aumento de consumo, bem como de descarte de embalagens. No entanto, na amostragem do mês de dezembro verificou-se que a quantidade de RSU das semanas subsequentes foi maior que a produzida no mês de junho, apresentando uma média de 3.963 kg por coleta, o equivalente a 20% a mais da produção média dos RSU.

Não é possível confirmar se está ocorrendo um aumento na produção de resíduos, pois foram analisados apenas dois períodos, sendo que talvez possa ser um fator sazonal, principalmente por se tratar de um mês com consumo elevado em decorrência de festividades e pagamento de 13º salário.

Em relação aos resultados obtidos na amostragem dos RS produzidos nas unidades escolares, a caracterização gravimétrica apontou o mesmo percentual de matéria orgânica (80%) produzida na área urbana, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 20: Resultado da caracterização dos componentes analisados e identificados por amostragem, com percentual em peso nas redes de ensino público.

Setores da Educação	Tipos de Materiais	Peso (kg)	% de cada elemento
EMEF. Profª Maria de Lourdes Pedroso Perin	Matéria Orgânica	175	80,0
EMEI Dona Helena	Sanitário (fralda, papel higiênico, absorvente)	25	11,5
	Plástico	12	6,0
Creche Municipal	Papel	5	2,0
	Cerâmica	1	0,5
Centro Profissionalizante	<b>Total</b>	<b>218</b>	<b>100</b>

Apesar da composição orgânica encontrada nas redes de ensinos serem similar em relação ao índice da área urbana, foi realizada somente uma caracterização gravimétrica, e constatou-se uma predominância de sobras de frutas, principalmente cascas de laranjas e sobras de alimentos (Figura 25).

Figura 25: Características da composição orgânica das unidades escolares.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Diante do percentual elevado de matéria orgânica presente nos RSU e das unidades escolares, identificou-se potencial para a viabilidade de um processo de compostagem, promovendo um destino mais nobre para esses resíduos.

#### **4.6 Avaliação das Alternativas de Compostagem**

Existem diversas variáveis que devem ser avaliadas na escolha de um método de compostagem. No presente estudo, foram considerados os seguintes aspectos: quantidade de resíduos orgânicos, disponibilidade de área e acessibilidade, infraestrutura, equipamentos, mão de obra e impactos no entorno, os quais são discutidos a seguir:

##### **4.6.1 Quantidade de Resíduos Orgânicos**

A quantidade de resíduos orgânicos não interfere na implantação de um processo de compostagem, pois ela pode ser executada em pequena escala, desde que sejam garantidas as condições necessárias. De acordo com Pereira Neto (2007) a partir de 500 kg de material é perfeitamente viável realizar a compostagem.

No presente estudo de caso, as caracterizações gravimétricas apontaram um percentual de 80% de matéria orgânica presente nos RSU de Corumbataí. Assim do total de 4 ton/coleta em média gerada, 3,2 ton/coleta são passíveis de compostagem.

Outros pontos de geração que também apresentaram percentual significativo de matéria orgânica foram as unidades escolares, cujo percentual também foi de 80% da sua composição total.

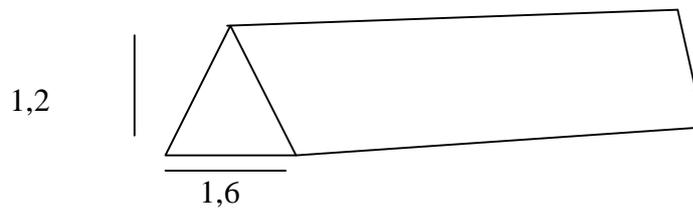
Além disso, pode ser introduzido junto aos resíduos orgânicos compostáveis, os resíduos verdes produzidos no município, que totalizam em média 2 toneladas por semana, de modo a melhorar o equilíbrio C/N no processo de compostagem.

Assim, em virtude da composição dos RSU de Corumbataí apresentar em sua maior parte resíduos orgânicos, a compostagem torna-se uma alternativa mais nobre para a destinação a destinação final dos ROC.

#### 4.6.2 Área disponível e acessibilidade

Partindo-se da utilização do método de compostagem que necessita de maior área, sendo este o processo manual de leiras revolvidas, foi aplicada a metodologia de cálculo sugerida por Pereira Neto (2007) para dimensionamento da Unidade de Compostagem, adotando-se leiras (Figura 26) com seção reta triangular com 1,20 m de altura e 1,60 m de largura, a qual é apresentada abaixo, para 3,2 ton/coleta de resíduos orgânicos:

Figura 26: Leira em seção reta triangular.



- a) Cálculo do comprimento da leira (L):

$$\text{Área de seção triangular } A_s = \frac{1,60 \times 1,20}{2} = 0,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Densidade da massa de compostagem (D)} = 570 \text{ kg/m}^3$$

- b) Volume da leira de compostagem (V)

$$V = \frac{3.200 \text{ (kg/coleta)}}{570 \text{ (kg/m}^3)} = 5,6 \text{ m}^3/\text{coleta}$$

- c) Comprimento da leira (L)

$$L = \frac{V}{A_s} = \frac{5,6}{0,96} = 5,9 \text{ m/coleta adotando-se } 6\text{m/coleta}$$

Assim as dimensões da leira seriam para cada coleta: 1,6m x 1,2m x 6,0m

d) Cálculo da área do Pátio de Compostagem

$$\text{Área base da leira } A_b = 1,6 \times 6,0 = 9,6 \text{ m}^2/\text{coleta}$$

$$\text{Área de folga para reviramento da leira } A_f = 9,6 \text{ m}^2/\text{coleta}$$

$$\text{Cada leira ocupará: } A_b + A_f = 19,2 \text{ m}^2 \text{ adotando-se } 20 \text{ m}^2/\text{coleta}$$

Levando em consideração que o período de compostagem do material (fase ativa e fase de maturação) seja de 100 dias, e que seja montada uma leira por coleta de RSU (três vezes na semana), a área útil ( $A_u$ ) do pátio de compostagem será:

$$A_u = 20 \text{ m}^2/\text{coleta} \times 45 \text{ coletas (equivalente a 100 dias)} = 900 \text{ m}^2$$

Adotando-se uma margem de segurança de 10% para área de circulação e estacionamento, tem-se uma área adicional de 90 m<sup>2</sup>. Assim a área total do pátio de compostagem será de:

$$A_t = 900 + 90 = 990 \text{ m}^2$$

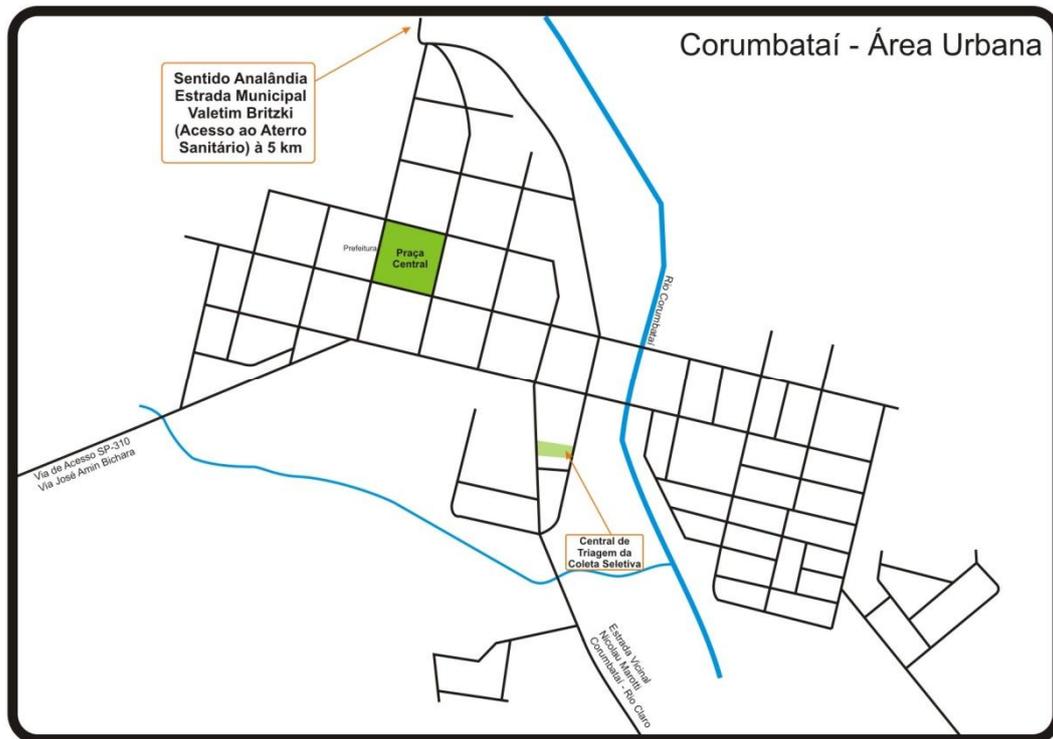
Para determinação do cálculo da área total da unidade, Pereira Neto (2007) salienta que uma unidade de compostagem deve contemplar um galpão de 50 m<sup>2</sup> para triagem dos resíduos orgânicos, sede administrativa de 70 m<sup>2</sup> (escritório, banheiro e almoxarifado), além de uma baia de 70 m<sup>2</sup> para estocagem do adubo maturado. Desse modo, a área total da unidade de compostagem ( $A_c$ ) será:

$$A_c = 990 + 50 + 70 + 70 = 1.180 \text{ m}^2$$

Assim para implantação da Unidade de Compostagem, o Município de Corumbataí precisará de aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup> de área para dimensionar as leiras, bem como acondicionar um galpão para triagem, estocagem e sede administrativa.

Portanto, para a área obtida para o sistema de leiras (1.200 m<sup>2</sup>), a prefeitura municipal já dispõe de pelo menos duas áreas, sendo elas: o aterro sanitário e a central de triagem da coleta seletiva (Figura 27).

Figura 27: Mapa de localização da Central de Triagem da Coleta Seletiva



A Central de Triagem da Coleta Seletiva possui em suas dependências um pátio de 1.300 m<sup>2</sup> de área livre, atualmente utilizado apenas para armazenar equipamentos ou estocar materiais para obras da Prefeitura (Figura 28). O acesso é fácil, visto que se encontra instalado dentro da área urbana do município.

Figura 28: Pátio da Central de Triagem da Coleta Seletiva.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

O aterro sanitário possui uma área de 24.200 m<sup>2</sup>, sendo que atualmente apenas 2.650 m<sup>2</sup> estão sendo utilizados com as valas para disposição dos RSU (Figura 29).

Figura 29: Área do aterro sanitário.



Foto: Lucilene de Aquino, 2011

Apesar de apresentar uma disponibilidade maior de área, sua localização está a 5 km de distância da cidade, o que implica na necessidade de transporte para os funcionários que vierem a operar a unidade de compostagem.

Salienta-se que foram consideradas essas áreas em virtude da escolha do sistema de compostagem manual por leiras revolvidas, se forem utilizadas técnicas mecanizadas (sistemas de leiras estáticas aeradas ou sistemas fechados), a demanda de áreas será menor.

#### **4.6.3 Infraestrutura**

Das opções de áreas disponíveis, o pátio da central de triagem da coleta seletiva já contempla boa parte da infraestrutura necessária. O local já dispõe de instalação elétrica, abastecimento de água e uma sede administrativa, necessitando apenas da construção de um galpão para a triagem dos ROC e local para armazenagem do composto maturado.

No que diz respeito ao aterro sanitário, apesar da disponibilidade de área ser maior do que a existente na central de triagem, este não possui infraestrutura para instalação da Unidade de Compostagem, devido à ausência de rede de energia elétrica e abastecimento de água. Além disso, também deverá contemplar o galpão para a triagem dos resíduos,

pavimentação da área para montagem das leiras, área administrativa (escritório, banheiro, refeitório) e local de armazenamento do composto maturado.

#### **4.6.4 Mão de obra**

A mão de obra é um dos fatores que mais influenciam no processo operacional de uma Unidade de Compostagem. No sistema manual de leiras revolvidas há uma demanda maior de mão de obra, visto que os revolvimentos devem ser feitos periodicamente, para suprir a demanda de oxigênio das pilhas de composto. Por sua vez, a opção da utilização do método de leiras estáticas com aeração natural, apresenta vantagens em relação à redução de mão de obra, visto que não há necessidade dos revolvimentos.

Os sistemas de revolvimentos mecânicos e métodos acelerados, apesar de preverem um número menor de operadores, por outro lado, exigem recursos humanos qualificados para operar os equipamentos.

Embora, teoricamente haja necessidade de maior demanda de mão de obra para operar o sistema manual de leiras revolvidas, por outro lado, em face da pequena produção de ROC constatada no presente estudo de caso, indica que o número de operadores tende a ser reduzido.

#### **4.6.5 Equipamentos**

Os tipos de equipamentos que serão utilizados dependerão da escolha do processo de compostagem a ser implantado. Para o sistema de leiras revolvidas, podem-se utilizar apenas enxadas e pás como ferramentas para fazer o revolvimento manual das pilhas. Outra alternativa de revolvimento segundo Kiehl (2010) é a utilização de um trator com pá carregadeira, a qual promove uma boa homogeneização dos materiais contidos na leira, porém não tritura componentes mais grosseiros.

Ainda conforme Kiehl (2010) existem máquinas específicas para triturar materiais grosseiros e revolver o composto, a citar o equipamento compostador e máquina compostadora. Segundo o autor a diferença entre esses equipamentos é que, enquanto o compostador é movimentado por um trator para promover a trituração e o revolvimento, a máquina compostadora é autopropulsora, ou seja, ela própria se locomove sobre a leira.

Quanto aos processos de compostagem em leiras estáticas aeradas e sistemas fechados, ambos são dependentes de processos mecanizados, sendo que no primeiro sistema, os resíduos são colocados sobre uma tubulação perfurada, conectada a um soprador industrial,

e a aeração necessária é fornecida por injeção de ar sob pressão ou por sucção. O segundo processo realizado em reatores biológicos, apesar de oferecer um maior controle sobre todos os fatores que influenciam o processo de compostagem, requer maior sofisticação tecnológica, além de sua manutenção ser mais onerosa.

De um modo geral os processos de compostagem mecanizados visam a utilização de equipamentos mais sofisticados e energia elétrica, implicando em um alto custo de investimento, sendo indicados para serem utilizados quando há uma maior produção de materiais a serem compostados, o que não condiz com a realidade do caso de estudo.

#### **4.6.6 Impactos no entorno**

De acordo com Inácio e Miller (2009) a operação de uma unidade de compostagem deve levar em consideração os fatores ambientais e a minimização de riscos ambientais, pois segundo os autores, entre os possíveis impactos ambientais negativos da compostagem citam-se:

- a) emissões de odores e efluentes ao ambiente em torno à área de compostagem;
- b) riscos à saúde ocupacional dos operadores;
- c) atração e proliferação de moscas e outros vetores nas leiras;
- d) impactos da aplicação do composto orgânico no solo;
- e) a estética de um pátio de compostagem que também é um fator que influencia na aceitação da comunidade.

Salienta-se que os itens b e d não estão diretamente relacionados com o impacto no entorno da área a ser utilizada para instalação de uma unidade de compostagem. Assim a escolha do método de compostagem, seu gerenciamento e o tipo de resíduo que será utilizado como matéria prima, são fatores que podem influenciar no potencial de impacto em um pátio de compostagem.

#### **4.6.7 Considerações Finais sobre a Alternativa**

Em face da escala de produção de ROC do município de Corumbataí e considerando os aspectos acima citados, a aplicação do método manual de pilhas ou leiras revolvidas apresenta maiores possibilidades de implantação, pois segundo Carmichael (1999) este modelo de sistema continua sendo o mais utilizado para a compostagem de RSU, pois do

ponto de vista operacional se caracteriza como um processo flexível, de baixo custo e que utiliza equipamentos simples. No entanto, esse sistema simplificado de compostagem se caracteriza pela necessidade de um maior número de mão-de-obra para realizar os revolvimentos frequentes das leiras que promovem a aeração, bem como o controle da temperatura do material em decomposição.

Apesar do sistema se caracterizar por uma demanda maior de mão-de-obra e evidenciar a necessidade de pátios com grandes dimensões, constata-se que esses fatores não inviabilizam sua aplicação, visto que são requisitos que podem ser disponibilizados pelo poder público.

Em relação ao local para a instalação de uma unidade de compostagem, o pátio da central de triagem da coleta seletiva, apesar de possuir parte da infraestrutura necessária, apresenta condições desfavoráveis, visto que se encontra instalada dentro da área urbana. Assim um descontrole na operação do sistema, poderá num primeiro momento provocar a emissão de odores e atrair vetores, podendo causar incômodos aos moradores do entorno. Por outro lado, a utilização da área do aterro sanitário minimizaria esses impactos, devido à sua distância da área urbana do município, porém implica na acessibilidade, por encontrar-se a 5 km de distância.

Ambos os locais analisados possuem áreas disponíveis para o dimensionamento de uma Unidade de Compostagem, sendo que a tomada de decisões ficará a cargo do poder executivo, levando em consideração as consultas públicas com a população ou a realização de um estudo mais detalhado, visando escolher a área que melhor atenda aos requisitos.

Salienta-se que independente da escolha do processo de compostagem a ser empregado, a qualidade do composto estará intrinsecamente relacionada se houver uma separação prévia dos resíduos orgânicos na fonte geradora.

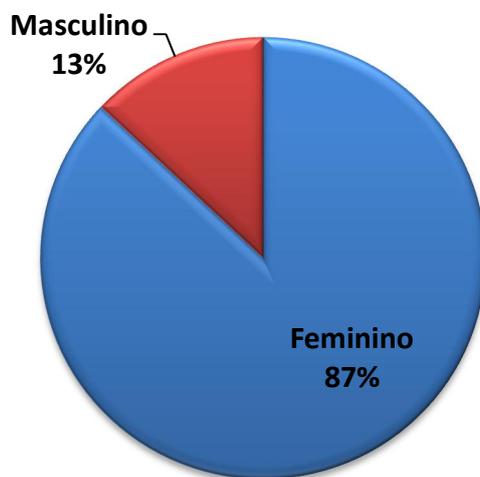
## 4.7 Avaliação do Conhecimento e a Opinião da População Sobre Compostagem e o Nível de Aceitação com Relação a Separação Prévia dos ROC.

### 4.7.1 Perfil dos entrevistados

Os 90 entrevistados que compuseram esta amostra, estão representados de acordo com o sexo, faixa de idade, nível de escolaridade, profissão e a quantidade de pessoas que residem no domicílio.

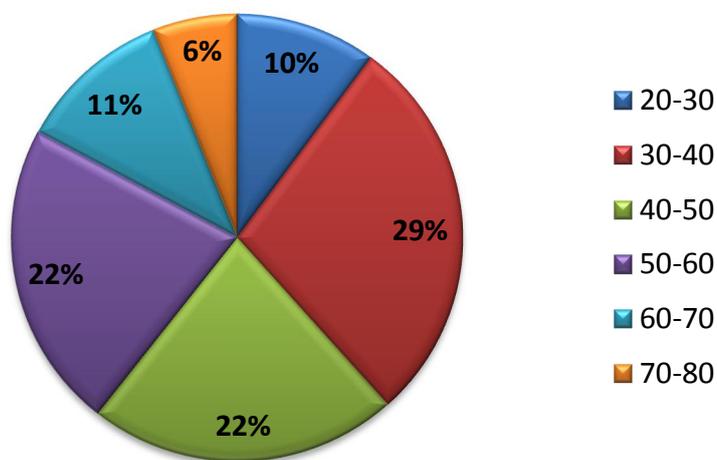
Do total dos entrevistados, 87% corresponderam ao sexo feminino e 13% foi do sexo masculino conforme demonstrado no Gráfico 3. A predominância de respondentes do sexo feminino foi intencional durante o processo da aplicação da pesquisa, visto que na maior parte das vezes são as mulheres que lidam com os RSU em suas residências e seria o público alvo para ter uma melhor percepção sobre o assunto.

Gráfico 3: Entrevistados, quanto ao sexo.



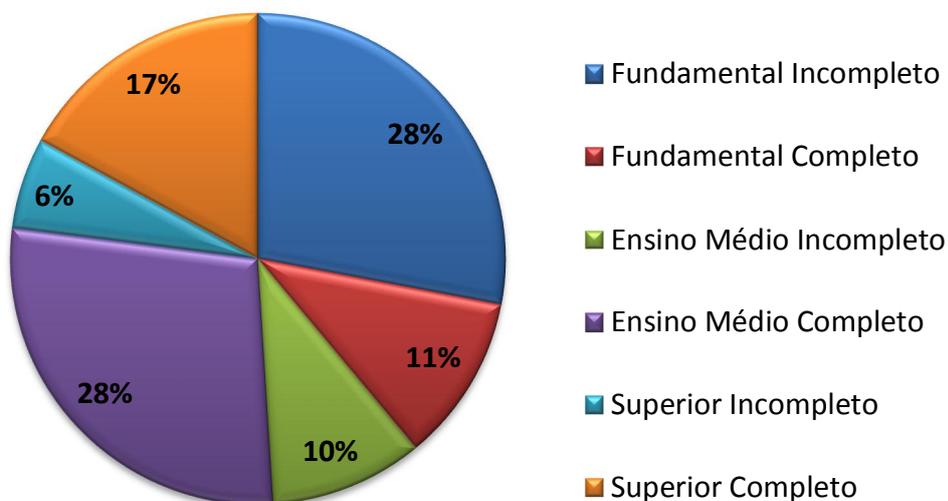
Quanto à faixa etária (Gráfico 4), 73% dos entrevistados corresponderam às idades dos 30 aos 60 anos, seguido de 11% que corresponderam à faixa dos 60-70 anos; 10% dos 20-30 anos e 6% na faixa dos 70-80 anos.

Gráfico 4: Entrevistados, em relação à faixa etária.



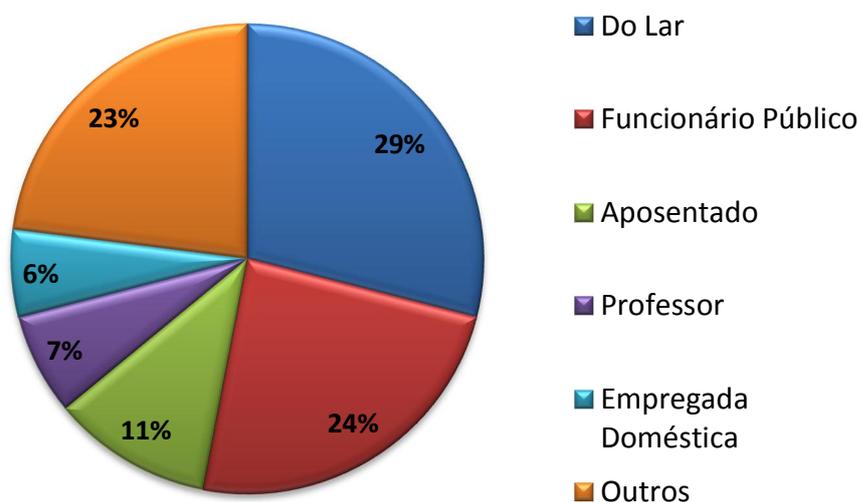
Quanto ao nível de escolaridade (Gráfico 5), 56% dos entrevistados possuíam o ensino fundamental incompleto e ensino médio completo; 17% tinham o ensino superior completo; 11% o ensino fundamental completo; 10% declararam ter o ensino médio incompleto e 6% dos entrevistados com ensino superior incompleto. Assim, o nível de escolaridade dos respondentes foi bem diversificado, abrangendo desde o ensino fundamental até o nível superior.

Gráfico 5: Entrevistados, quanto ao nível de escolaridade.



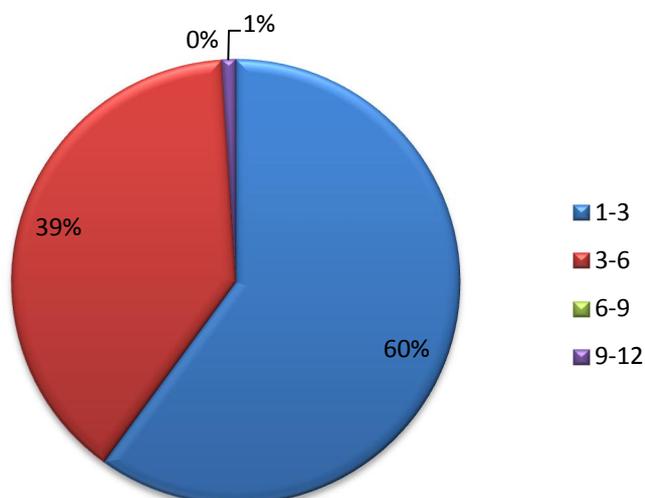
No que diz respeito à profissão, a maioria dos respondentes estava na categoria dona de casa (29%) e funcionários públicos (24%) conforme demonstrado no Gráfico 6. A categoria aposentados correspondeu a 11%, seguido de 7% na categoria professores e 6% empregadas domésticas. Os 23% entrevistados restantes se encaixaram em outras categorias (mecânico, cozinheira, estudante, cabeleireira, comerciante, secretária, autônomo, pedreiro, bancária, produtor rural, empresária, costureira, motorista e operador de caixa).

Gráfico 6: Entrevistados, quanto à profissão.



O Gráfico 7 mostra que dos domicílios pesquisados, 60% são constituídos de no máximo até 3 membros, sendo em seguida 39% constituídos de 3 a 6 pessoas e apenas 1% possuíam entre 9 a 12 pessoas.

Gráfico 7: Número de moradores por domicílios.



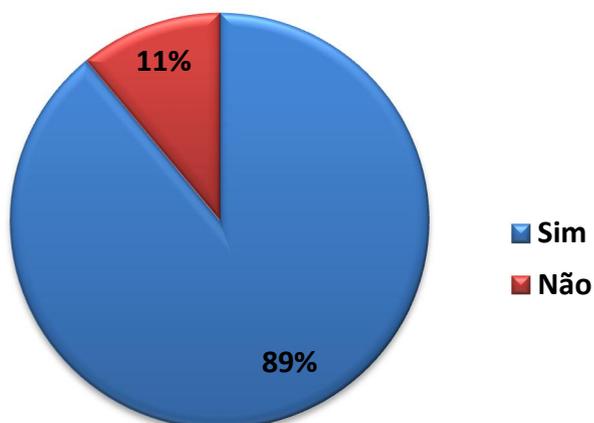
#### 4.7.2 Avaliação da Coleta Seletiva

As perguntas de 1 a 5 consistiram em avaliar o desenvolvimento do programa da coleta seletiva já existente, visando verificar o nível de envolvimento da comunidade. Nesse sentido a primeira pergunta foi:

“Você realiza a separação do lixo em sua residência?” ó 100% dos entrevistados responderam que sim, bem como afirmaram não terem dúvidas no processo de separação dos RSU, conforme especificado na pergunta 2 (ótem dúvidas no processo de separação do lixo?). É importante observar, entretanto, que na caracterização dos RSU feita com a mesma amostra selecionada dos entrevistados, foram identificados resíduos que deveriam estar separados para a coleta dos materiais recicláveis. Portanto, embora 100% afirmaram realizar a separação e que não têm dúvidas, a prática apresenta algumas alterações.

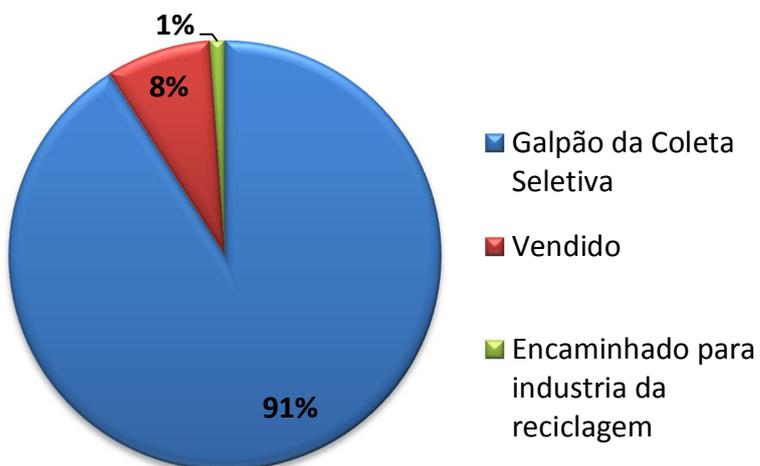
Quanto à pergunta 3 ó “Conhece o destino dado para o lixo reciclável depois de recolhido pelo caminhão da coleta?”óConstatou-se que 89% dos entrevistados conheciam o local de destinação dos resíduos recicláveis e 11% declararam desconhecer o destino do mesmo (Gráfico 8).

Gráfico 8: Entrevistados que conhecem o destino dos resíduos recicláveis depois de recolhido.



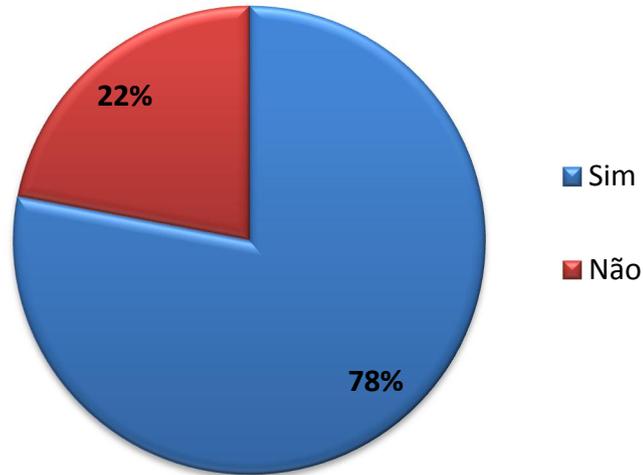
Dos entrevistados que afirmaram conhecer o destino dos resíduos recicláveis, 81% disseram que eram enviados para o galpão da coleta seletiva; 7% afirmaram que os materiais eram vendidos e 1% responderam que eram encaminhados direto para a indústria de reciclagem (Gráfico 9).

Gráfico 9: Destino dado aos resíduos recicláveis de acordo com os entrevistados.



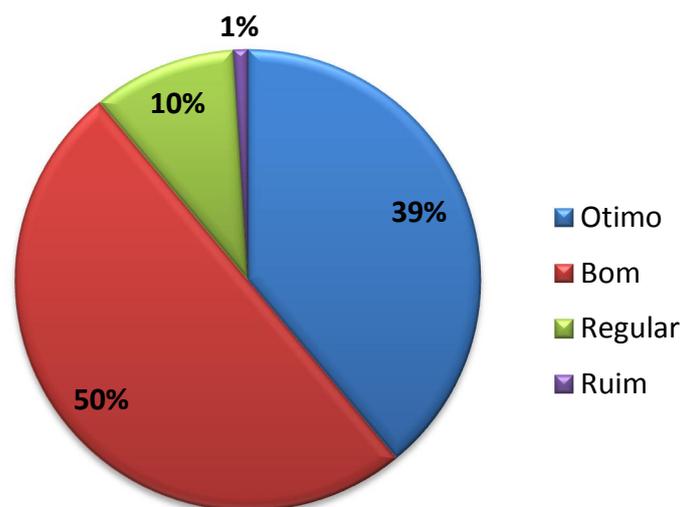
A pergunta 4 é "Conhece o destino dado para o lixo não reciclável depois de recolhido pelo caminhão da coleta?" é 78% dos respondentes que afirmaram conhecer a disposição final dos resíduos não recicláveis, indicaram como destino, o aterro sanitário e 22% disseram não ter conhecimento (Gráfico 10).

Gráfico 10: Entrevistados que conhecem o destino dado aos resíduos não recicláveis.



Sobre o grau de satisfação dos entrevistados em relação aos serviços da coleta dos RSU executados pela Prefeitura, 50% avaliaram como um bom serviço, 39% disseram ser um ótimo trabalho, 10% avaliaram como um serviço regular e apenas 1% avaliaram como ruim, conforme demonstrado no Gráfico 11.

Gráfico 11: Avaliação dos funcionários que realizam os serviços da coleta dos RSU.

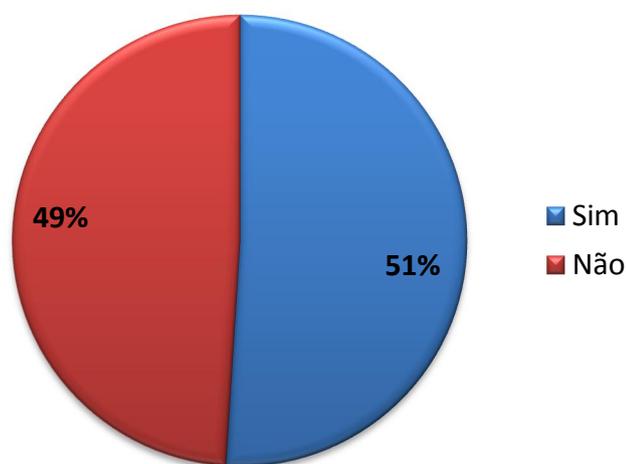


De um modo geral, constatou-se que a prática da coleta seletiva está incorporada nos hábitos dos respondentes. Verificou-se também, um bom conhecimento dos entrevistados com relação aos destinos dos RSU, no entanto, o fato de uma porcentagem ainda não ter ideia do local de destinação dos mesmos, reflete na necessidade de novas campanhas de orientações. Outro dado relevante foi em relação à avaliação da coleta dos RSU, em que a maior parte dos entrevistados está satisfeita com os respectivos serviços.

#### 4.7.3 Questões sobre compostagem

A pergunta 6 ó ÷Você já ouviu falar em compostagem?ö- Apesar de metade dos entrevistados afirmarem ter ouvido sobre compostagem (51%), a outra parte (49%) nunca tinha ouvido falar sobre o processo (Gráfico 12). Dessa forma é importante que se desenvolva um trabalho mais amplo com a população, abordando o significado do processo de compostagem, bem como seus benefícios ambientais.

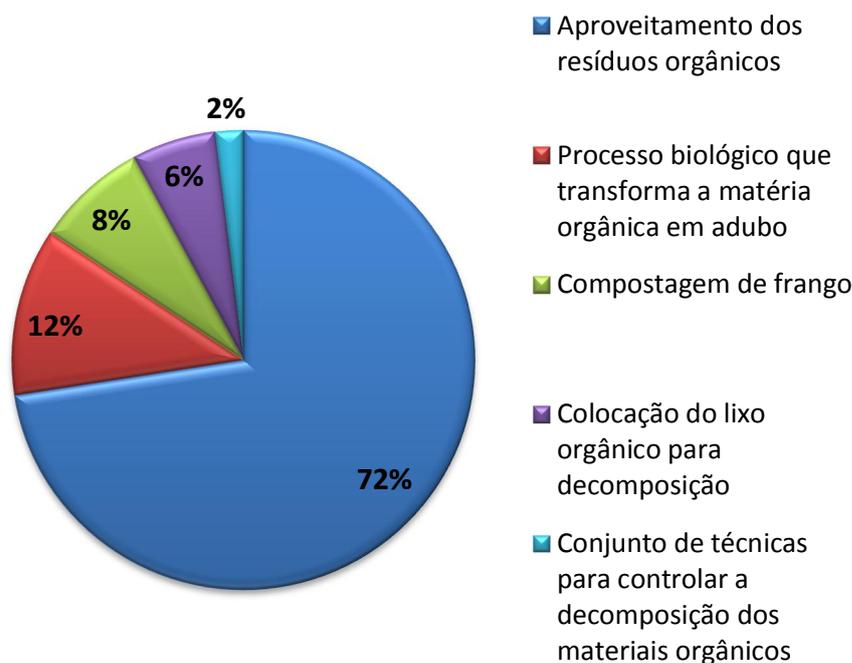
Gráfico 12: Entrevistados que conhecem a compostagem.



Na opinião dos entrevistados que afirmaram ter conhecimento sobre compostagem (Gráfico 13), 37% disseram tratar-se de um processo de aproveitamento do lixo orgânico como sobras de alimento, cascas de frutas e verduras; 6% informaram que é um processo biológico de transformação da matéria orgânica em adubo; 4% tinham conhecimento sobre compostagem de frango; 3% informaram que se tratava da colocação do lixo orgânico para decomposição e 1% conceituou como um conjunto de técnicas para controlar a decomposição dos materiais orgânicos. Pode-se verificar que, exceto aqueles que declararam conhecer

somente o processo de compostagem de frango, os demais demonstraram ter um bom entendimento do que se tratava o processo.

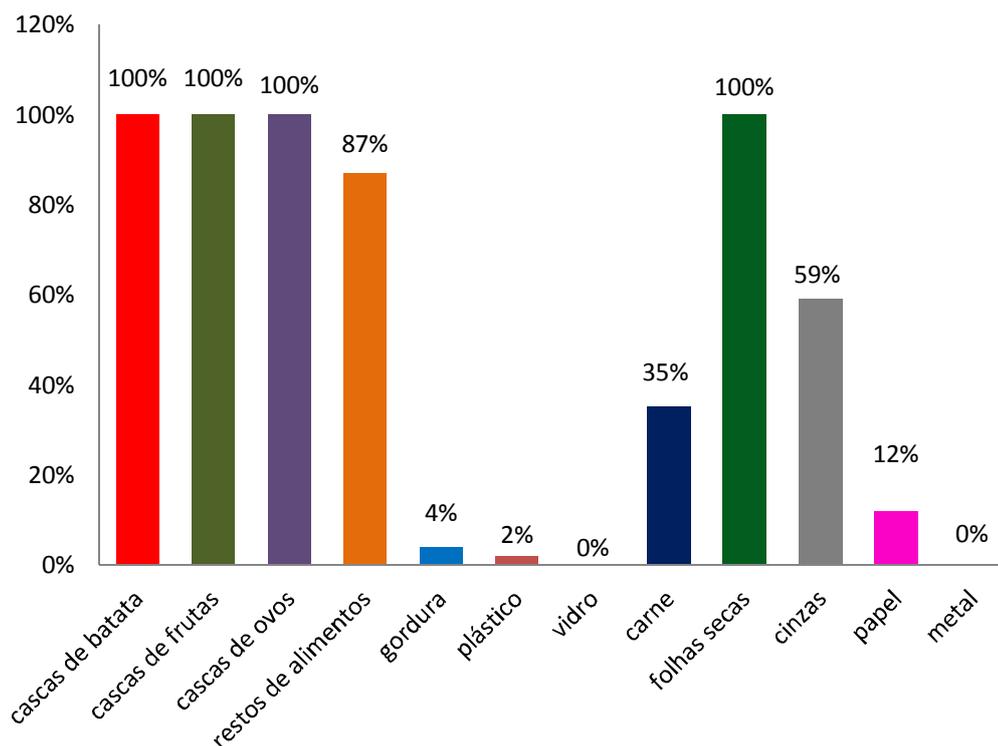
Gráfico 13: Definição de compostagem de acordo com os entrevistados.



Para os entrevistados que afirmaram ter conhecimento sobre o processo de compostagem, foi feita a pergunta 7: “Na sua opinião quais destes resíduos podem ser usados para fazer compostagem?”

De acordo com o Gráfico 14, 100% dos respondentes que afirmaram ter conhecimento sobre compostagem, citaram que os resíduos de cascas de batata, de frutas, cascas de ovos e folhas secas compreendiam os materiais que poderiam ser utilizados. Apesar da constatação de um bom entendimento dos entrevistados na diferenciação dos resíduos, nota-se um percentual diferenciado em relação aos itens restos de alimentos e cinzas que representaram respectivamente 87% e 59% na opinião dos entrevistados.

Gráfico 14: Opinião dos entrevistados sobre os resíduos que podem ser compostáveis.

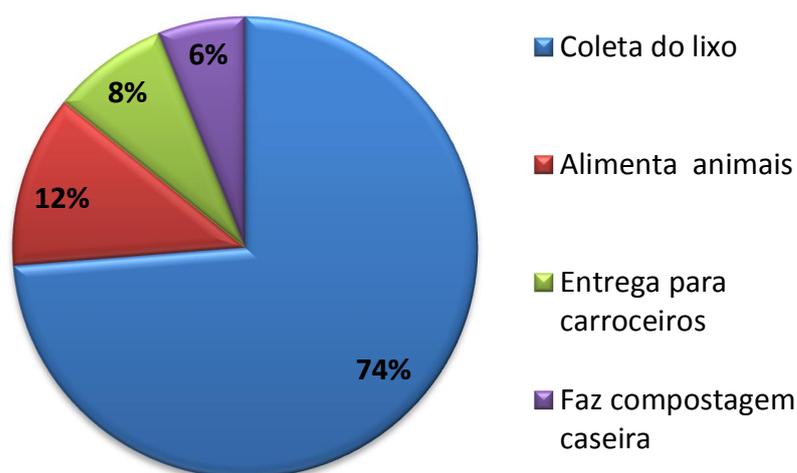


Além disso, verificou-se certa diferenciação nas respostas dos entrevistados em relação ao item carne (35%), papel (12%) e gordura (4%). De fato são resíduos que merecem certa atenção, pois exceto o papel, que dependendo da sua tipologia, permite sua decomposição de forma mais lenta ou acelerada, os outros itens teoricamente são passíveis de compostagem. Porém, para alguns autores, a citar Campbell (1999) não é aconselhável juntar carne, peixe, ossos, laticínios e gorduras aos materiais orgânicos, pois são resíduos de difícil decomposição, além de atrair animais indesejáveis.

Observou-se também, que a maioria dos entrevistados tem ciência que materiais recicláveis não são passíveis de compostagem, como pode ser observado no gráfico, em que metal e vidro não foram mencionados. E apenas o plástico que foi citado por 2% dos entrevistados. Assim, salienta-se, a importância um trabalho de orientação e esclarecimentos com a população, em relação aos tipos de resíduos que podem ser compostáveis.

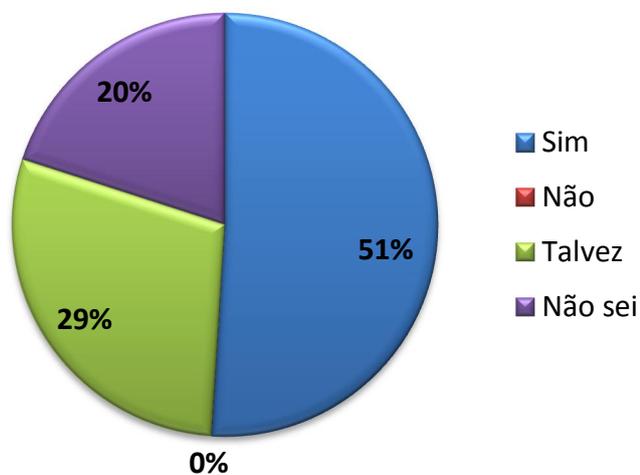
Na pergunta 8 ó õQual destino que você dá para o lixo orgânico?ö ó 73% dos entrevistados responderam colocar para a coleta do lixo; 12% disseram alimentar animais; 8% entregam para carroceiros e 6% afirmaram fazer compostagem caseira (Gráfico 15). Constatase, que apesar de não existir iniciativa do poder público no sentido de reaproveitar os resíduos orgânicos, uma parcela dos entrevistados, ou seja, 26% já separa, o que reflete numa perspectiva positiva para introdução da separação prévia dos ROC.

Gráfico 15: Destino dado aos resíduos orgânicos pelos entrevistados.



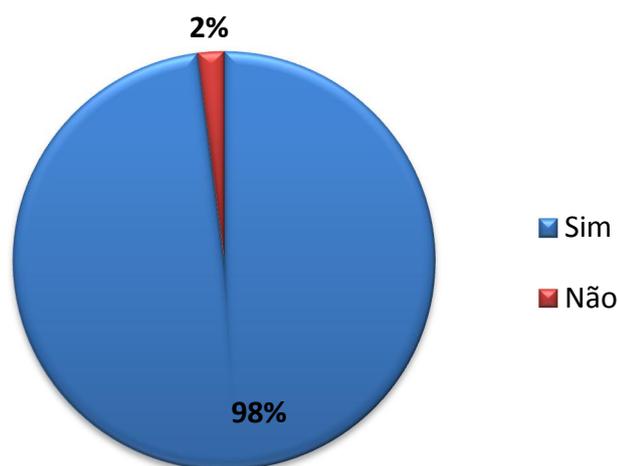
A pergunta 9 ó õVocê acha que a compostagem pode ajudar a preservar o meio ambiente?ö foi feita para todos os entrevistados, havendo a preocupação de explicar o significado do processo de compostagem para aqueles que nunca tinham ouvido falar sobre o assunto. Assim do total dos entrevistados, 51% afirmaram que o processo é benéfico para a preservação ambiental; 29% respondentes disseram talvez e 20% responderam que não sabiam (Gráfico 16). Observa-se que os respondentes que afirmaram que a compostagem é benéfica para o meio ambiente, foram os mesmos que disseram ter conhecimento sobre o respectivo processo.

Gráfico 16: Papel da compostagem na preservação do meio ambiente de acordo com os entrevistados.



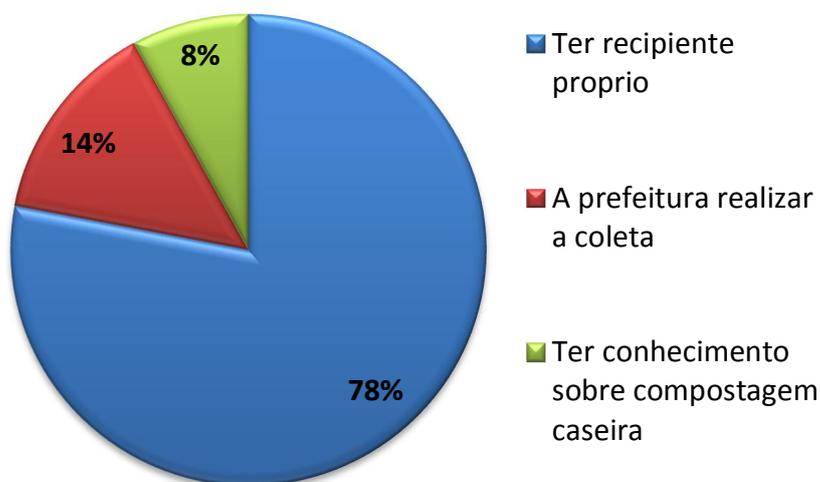
Pergunta 10 é "Você estaria disposto a separar o lixo orgânico para a compostagem?" 98% dos entrevistados mostraram dispostos a separar os resíduos orgânicos, enquanto que apenas 2% entrevistados não demonstraram interesse (Gráfico 17). Um indicador bastante expressivo, constatando que o fato do morador já ter o hábito de fazer a coleta seletiva, não haveria dificuldades em realizar uma terceira separação para os resíduos orgânicos.

Gráfico 17: Entrevistados dispostos a separar os resíduos orgânicos para compostagem.



Pergunta 11 ó ãO que facilitaria para vocª fazer a separaçªo do lixo orgªnico em sua residªncia?õõ ter um recipiente para armazenar o resíduo orgªnico foi a escolha de 78% dos entrevistados, enquanto que 14% afirmaram a importªncia da Prefeitura fazer a coleta e 8% demonstraram interesse em ter conhecimento sobre compostagem caseira (Grªfico 18).

Grªfico 18: Itens relevantes para realizaçªo da separaçªo dos resídusos orgªnicos de acordo com os entrevistados.



Como só havia a possibilidade de uma resposta, esta questão na verdade indicou qual seria o fator que mais facilitaria no processo de separaçªo dos ROC. Nesse caso, o recipiente apareceu como o mais importante, concluindo-se que a escolha por um vasilhame para acondicionar os respectivos resídusos, estª no fato do morador jª ter o hªbito de acondicionar os RSU em recipientes.

Pode-se verificar diante das informaçªes, que a maior parte dos entrevistados apresenta um bom entendimento sobre compostagem, bem como dos resídusos que podem ser compostados. Apesar de nªo haver nenhuma iniciativa no município, uma parcela dos entrevistados jª realiza a separaçªo dos ROC para outras finalidades de aproveitamento. Assim mediante constataçªo de que a maior parte dos entrevistados estaria disposta a fazer a separaçªo previa dos ROC, as perspectivas sªo favorªveis para implantaçªo de um processo de compostagem.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Apesar do processo de compostagem se caracterizar como um dos processos mais antigos de reciclagem, ainda vem sendo pouco praticado em países como o Brasil, em que a composição média dos resíduos orgânicos constitui-se em mais de 50% da composição física dos RSU.

No entanto, esse panorama tende a mudar, pois de acordo com a Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), a compostagem é vista como uma forma de destinação final dos resíduos orgânicos, ambientalmente adequada, em que a adoção desse processo pelos municípios, passa a ser uma imposição legal e não mais uma escolha tecnológica.

Em Corumbataí, a existência do programa de coleta seletiva instituída desde 1995, constitui-se entre as premissas propostas pela respectiva legislação. Apesar da constatação de que o programa não é autossustentável financeiramente, por outro lado, quando bem gerenciado, pode proporcionar ao poder público e à sociedade, ganhos sociais através da geração de empregos e melhoria na saúde pública, ganhos ambientais como a redução da contaminação do ar, solo e água; aumento da vida útil do aterro sanitário, além da economia de matéria prima, energia e água.

Dos RSU enviados para o aterro sanitário, constatou-se através das caracterizações gravimétricas que 80% é de matéria orgânica, a maior porcentagem, seguida pelos resíduos sanitários (9,5%). Dos resíduos recicláveis encontrados, o plástico teve uma maior representatividade, com 5% e os demais itens encontrados, constituíram menos de 10% do total dos RSU amostrados, o que demonstra uma boa eficiência da coleta seletiva.

Diante do percentual considerável de matéria orgânica produzida, a implantação de um sistema de compostagem seria viável para o tratamento desses resíduos, pois um dos impactos de sua decomposição em aterro sanitários é a geração do chorume, e atualmente o município não possui um tratamento adequado para esses lixiviados, que ficam concentrados na própria vala do aterro sanitário. Além disso, irá contribuir no aumento da vida útil do mesmo.

Quanto à escolha do método de compostagem, a indicação do processo natural dos sistemas de leiras com revolvimento manual seria mais atrativo, levando em consideração os aspectos técnicos, operacionais e principalmente pela geração de resíduos orgânicos, pois apesar de 80% dos resíduos constituírem de matéria orgânica, sua produção é pequena atingindo uma média de 3,2 ton/coleta. Apesar do sistema simplificado de compostagem se

caracterizar pela necessidade de mão-de-obra mais intensiva e de maiores áreas para seu desenvolvimento, não fica inviabilizada sua aplicação, pois há disponibilidade.

No que diz respeito ao local de implantação da unidade de compostagem, o trabalho apontou pelo menos duas alternativas, porém ambas apresentaram características positivas e negativas. A decisão ficará a cargo do poder executivo, levando em consideração os impactos no entorno, bem como as consultas públicas com a população, visando escolher a área que melhor atenda aos requisitos.

Os resultados da pesquisa de opinião indicaram que os moradores continuam participando do programa de coleta seletiva, bem como estão satisfeitos com os serviços de coleta dos RSU executados pela Prefeitura Municipal. Com relação ao conhecimento dos entrevistados sobre o processo de compostagem, verificou-se que, apesar da metade dos entrevistados afirmarem ter ouvido falar sobre o processo, a outra metade desconhecia o processo, fato esse que implica em um trabalho mais intensivo de orientação e conscientização sobre o assunto.

Pode-se constatar também, que os respondentes que afirmaram ter conhecimento sobre compostagem, apresentaram um bom entendimento sobre quais resíduos podem ser compostados. Apesar de não haver atualmente, qualquer iniciativa pública de coleta e aproveitamento dos ROC, 26% dos entrevistados já fazem a separação dos mesmos.

Além disso, 98% dos entrevistados se mostraram receptivos à ideia de separar os resíduos orgânicos, caso o poder público venha a implantar um sistema de coleta e compostagem. Pode-se deduzir que esse processo de assimilação e participação, seria em parte, resultado do município já ter instituído o programa da coleta seletiva e o próprio morador já ter adquirido o hábito de fazer a separação dos resíduos.

De um modo geral, as perspectivas são favoráveis em relação à implantação de um processo de compostagem no município de Corumbataí. Pois um dos aspectos fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho está na participação dos moradores em realizar a separação prévia dos ROC, o que foi constatado nos resultados da pesquisa de avaliação e opinião, em que a população entrevistada se mostrou receptiva em separar os ROC. Ainda sim, tem-se a necessidade da realização de um trabalho mais amplo de conscientização, de modo a induzir a participação de toda a comunidade.

Porém, tem-se a necessidade da elaboração do projeto final, identificando as reais necessidades materiais para implantação de um sistema de compostagem, definindo o local e modelo a ser utilizado.

A partir do desenvolvimento da pesquisa, pode-se fazer algumas sugestões para trabalhos futuros.

- Fazer uma avaliação dos custos reais do sistema dos RSU, incluindo os custos operacionais com o aterro sanitário;
- Que o presente estudo sirva de base para outros diagnósticos que vierem a ser necessários, bem como subsidiar o poder público na proposta de implantação de um processo de compostagem;
- Realizar novas caracterizações gravimétricas em outros períodos, a título de obter um diagnóstico mais detalhado da quantificação e composição dos RSU;
- Ampliar as pesquisas de avaliação e opinião da população em relação à temática compostagem;
- Por fim recomenda-se que a Prefeitura Municipal de Corumbataí, avance no sentido de implantar o aproveitamento dos ROC, bem como, dê continuidade no programa de coleta seletiva de lixo, sendo referência para outros municípios que desejarem implantá-la;

## 6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC 306 de 07 de Dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Disponível em:

<[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ca3f71804a17ddd2a90da9aa19e2217c/Alerta\\_1108\\_RDC\\_n\\_306.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ca3f71804a17ddd2a90da9aa19e2217c/Alerta_1108_RDC_n_306.pdf?MOD=AJPERES)> Acesso em 11 abril 2011.

AQUINO, Lucilene de. **A trajetória da coleta seletiva de lixo no município de Corumbataí ó SP. 2007**. Monografia (Especialização em Planejamento territorial e geoprocessamento) ó Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA E RESÍDUOS ESPECIAIS ó ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2008. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>> Acesso em abril de 2011.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2011. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>> Acesso em janeiro de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos ó classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Informação e documentação ó compostagem: NBR 13591. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

BEECHER, N; GOLDSTEIN N. Biosolids composting in the United States: 2010 update. **Biocycle**, p. 35-41, december, 2010. Disponível em:

<[http://www.sourcewatch.org/images/9/9d/Sludge\\_Compost\\_Facilities\\_NEBRA\\_report\\_2010.pdf](http://www.sourcewatch.org/images/9/9d/Sludge_Compost_Facilities_NEBRA_report_2010.pdf)> Acesso em 11 abril 2011.

BERRIOS, M.R. **Amostragem de lixo domiciliar na cidade de Corumbataí**. Rio Claro: DPR/IGCE/UNESP, 1993.

BIDONE, F.R.A. (org.). **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais**. Rio de Janeiro: RIMA/ABES, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em 16 out. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>> Acesso em 11 abril 2011.

BRESCANSIN, B.R Implantação de Aterro Sanitário e Coleta Seletiva de Lixo no Município de Corumbataí (SP). Dissertação de Mestrado. IGCE/UNESP/Rio Claro, 1997.

BRITON, W.F. An International look at compost standards. **Biocycle**, p. 74-76, abril, 2001.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. de et al. Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos. In: \_\_\_\_\_. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Florianópolis: ABES, 2003.

CAMPBELL, STU. Manual de compostagem para hortas e jardins. Como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico; tradução de Marcelo Jahnel. São Paulo: Nobel. 1999. 144p.

CARMICHAEL, C.J. **Economic and social aspects of food waste composting alternatives for New York State Communities**.1999. Thesis (Master of Science Degree). College of Environmental Science and Forestry, State University of New York.Syracuse, N.Y. 147 p.

CENTRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro: CEAPLA/IGCE/UNESP, 2009. Disponível em: <<http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/>> Acesso em 04 jun. 2011.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Compostagem: a outra metade da reciclagem**. 2.ed. São Paulo: CEMPRE, 2001.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Brasil ocupa boa posição no cenário mundial de reciclagem. **CEMPRE Informa**, n. 75, p.2-3, 2004.

CORUMBATAÍ. Plano Diretor de Perdas Totais em Sistemas de Abastecimento Público de Corumbataí. Corumbataí: [s.l.], 2010.

CORUMBATAÍ. Lei nº 1.177 de 01 de abril de 2004. Institui o Sistema de Taxas e Serviços de distribuição de água e coleta de esgoto e a prestação e cobrança de outros serviços afins, prestados pela Prefeitura Municipal de Corumbataí e dá outras providências. Corumbataí: [s.l.], 2004.

DIAS, G.F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 2. ed. São Paulo: Gaia, 1993.

DALMEIDA M.L.O; VILHENA A. (coord). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2.ed.Brasília: CEMPRE,2002.

FAGGIONATO, S. Percepção ambiental.In: CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURAL. **Educação ambiental através da visão integrada de Bacia Hidrográfica via internet**. São Carlos: USP, [2002]. Disponível em: <[http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m\\_a\\_txt4.html](http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html)>Acesso em: 09 mar. 2011.

FERRARA, L. D. A. As cidades ilegíveis: percepção ambiental e cidadania. In: RIO, V. Del; OLIVEIRA, L. de (org.). **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. EdUFSCar: São Carlos, SP 1996.

FERNANDES, F., SILVA, S. M. C. P da. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

GIL, A C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTAÍSTICA. Contagem da população e estimativa da população 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>. Acesso em: 28 out. 2011.

INÁCIO, C.T ; MILLER, P.R.M. **Compostagem**: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INSTITUTO AKATU. Disponível em: <http://www.akatu.org.br/Temas/Alimentos/Posts/Revolucao-dos-Baldinhos-agricultura-urbana-e-consumo-consciente-transformam-uma-comunidade>. Acesso em : 14 ago. 2012.

JARDIM, N.S. et al (Coord.) **Lixo Municipal: manual de gerenciamento**. 1ª edição. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995, 278 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985.

\_\_\_\_\_. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Degaspari, 1998.

\_\_\_\_\_. **Novo fertilizantes orgânicos**. 1.ed. Piracicaba: Ceres, 2010.

LEITE, V.D. et al. Bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos. In: CASSINI, S.T. (org.). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003.

LIMA, L.M.Q. **Tratamento de lixo**. São Paulo: Hemus,1991.

\_\_\_\_\_. **Lixo: Tratamento e Biorremediação**. Ed. Hemus 3ª edição, 1995.

LIMA, J.D. **Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Campina Grande: ABES, 2001.

LOPES, M. et al **Evaluation of MSW organic fraction for composting: Separate collection or mechanical sorting**. Resources, Conservation and Reciclyng.2010p. 222-228.

MARTIN, D.L; GERSHUNY, G. **The Rodale book of composting**: easy methods for every gardener. Emmaus, Pensilvânia: Rodale Press, 1992.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Dispõe sobre 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. Instrução Normativa nº 27, 05 de junho de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jun. 2006. Seção 1 , Página 15.

MONTEIRO, J.H.P. et al **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

\_\_\_\_\_. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: Ed. UFV, 2007.

PESSIN, N. et al. Métodos de transformação e aproveitamento da fração orgânica: minimização da quantidade de resíduos dispostos em aterro. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (coord.) **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção dos corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, PROSAB. 2006. p. 17-64.

PETRONE, Pasquale. Aspectos da geografia agrária da zona rural de Garanhuns. **Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, São Paulo, v.9, p.55-125, 1961..

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. Resíduos Sólidos: processamento de resíduos sólidos orgânicos: guia do profissional em treinamento: nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 2007. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/ft/enc/recursoshidricos/NURECO/arg/PRSO/PRSO.pdf>> Acesso em 11 abril 2011.

Resolução CONAMA: Nº 307, Ano: 2002 ó òEstabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civilö ó Data da legislação: 05/07/2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br.>>. Acesso em: 26 ago. 2006, 12:20:10

RODRIGUES, M.S. **Composted societal organic wastes for sustainable wheat (triticumaestivum) proDUCTION**.1996. 300 f. Tese (PhD) ó Wye College/ University of London, Londres, 1996.

SÃO CARLOS. Plano Municipal de Saneamento de São Carlos/SP ó PMSSanCa. Relatório 1. Junho, 2011. Disponível em <<http://saocarlos.sp.gov.br>. Acesso em 20 ago. 2012.

SILVA, F.C. da et al. Uso de compostos orgânicos: controle ambiental e informatização. In: SIMPÓSIO SOBRE COMPOSTAGEM ó òCIÊNCIA E TECNOLOGIAö, 1., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista; 2004.

SILVA-SANCHES, S. **Cidadania Ambiental: novos direitos no Brasil**. São Paulo: Humanitas, 2000.

SLATER, R.A.; FREDERICKSON, J. Composting municipal waste in UK: some lessons from Europe. **Resources, Conservation and Reciclyng**, v. 32, p. 359-374, 2001.

VAILATI, J. **Agricultura alternativa e comercialização de produtos naturais**. Botucatu :Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural, 1998.

VILHENA, A. (Coord). **Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado**. 3.ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

## APENDICE

Apêndice A ó Questionário de Avaliação do conhecimento e opinião da população sobre compostagem e o nível de aceitação com relação à separação prévia dos ROC.

**Perfil do entrevistado:**

Endereço: \_\_\_\_\_

Sexo:           ( ) F                   ( ) M                   Idade: \_\_\_\_\_

Escolaridade:

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental Completo | <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental Incompleto |
| <input type="checkbox"/> Ensino Médio Completo       | <input type="checkbox"/> Ensino Médio Incompleto       |
| <input type="checkbox"/> Ensino Superior Completo    | <input type="checkbox"/> Ensino Superior Incompleto    |

Profissão: \_\_\_\_\_

Quantas pessoas residem na casa?

- adultos  
 crianças de 0 a 7 anos  
 crianças de 8 a 15 anos  
 Total

1) Você realiza a separação do lixo em sua residência?

- Sim            Não

2) Tem dúvidas no processo de separação do lixo?

- Não  
 Sim       Quais: \_\_\_\_\_

3) Conhece o destino dado para o lixo reciclável depois de recolhido pelo caminhão da coleta?

- Não  
 Sim Onde: \_\_\_\_\_

4) Conhece o destino dado para o lixo não reciclável depois de recolhido pelo caminhão da coleta?

- Não  
 Sim Onde: \_\_\_\_\_

5) Os funcionários que realizam o serviço da coleta do lixo desenvolvem um bom trabalho?

- Ótimo    Bom    Regular    Ruim

- 6) Você já ouviu falar em compostagem?
- sim                                       não
- No caso de sim, você sabe o que é? \_\_\_\_\_
- 7) Na sua opinião quais destes resíduos podem ser usados para fazer compostagem?
- cascas de batata                       vidro  
 cascas de fruta                       carne  
 cascas de ovos                       folhas secas  
 restos de alimento                       cinzas  
 gordura                                       papel  
 plástico                                       metal
- 8) Qual o destino que você dá para o lixo orgânico?
- compostagem caseira (utiliza em hortas e jardins)  
 entrega para carroceiros  
 alimenta animais  
 coloca para a coleta de lixo
- 9) Você acha que a compostagem pode ajudar a preservar o meio ambiente?
- sim                       não                       talvez                       não sei
- 10) Você estaria disposto a separar o lixo orgânico para a compostagem?
- sim                       não
- 11) O que facilitaria para você fazer a separação o lixo orgânico em sua residência?
- ter recipiente próprio para separar o lixo orgânico para coleta  
 a prefeitura fazer a coleta dos resíduos orgânicos  
 ter conhecimento de como fazer a compostagem caseira