

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CAMPUS II**

**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

0006 20 26 2626

**ESTIMATIVA DOS GANHOS SÓCIO-ECONÔMICOS OBTIDOS COM  
A RECICLAGEM DE LIXO. USINA DE RECICLAGEM E  
COMPOSTAGEM DE LIXO DE COIMBRA (MG) – ESTUDO DO CASO.**

**KEILA GISLENE QUERINO DE BRITO**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2000**

KEILA GISLENE QUERINO DE BRITO

**ESTIMATIVA DOS GANHOS SÓCIO-ECONÔMICOS OBTIDOS COM  
A RECICLAGEM DE LIXO. USINA DE RECICLAGEM E  
COMPOSTAGEM DE LIXO DE COIMBRA (MG) – ESTUDO DO CASO.**

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Engenharia Civil da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RESÍDUOS SÓLIDOS

SUB-ÁREA: ENGENHARIA SANITÁRIA

ORIENTADORES: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> João Tinôco Pereira Neto

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Beatriz S. O. de Ceballos

Campina Grande – PB  
2000



B862e	<p>Brito, Keila Gislene Querino de. Estimativa dos ganhos sócio-econômicos obtidos com a reciclagem de lixo : usina de reciclagem e compostagem de lixo de Coimbra (MG) - estudo de caso / Keila Gislene Querino de Brito. - Campina Grande, 2000. 102 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2000. "Orientação : Prof. Dr. João Tinôco Pereira Neto, Profa. Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos". Referências.</p> <p>1. Lixo - Reciclagem - Coimbra (MG). 2. Resíduos Sólidos. 3. Usina de Reciclagem. 4. Reciclagem - Lucros Sócio-Econômicos. 5. Dissertação - Engenharia Civil. I. Pereira Neto, João Tinôco. II. Ceballos, Beatriz Suzana Ovruski de. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título CDU 628.477.5(815.1)(043)</p>
-------	--

KEILA GISLENE QUERINO DE BRITO

**ESTIMATIVA DOS GANHOS SÓCIO-ECONÔMICOS OBTIDOS COM  
A RECICLAGEM DE LIXO. USINA DE RECICLAGEM E  
COMPOSTAGEM DE LIXO DE COIMBRA (MG) – ESTUDO DO CASO.**

**COMISSÃO EXAMINADORA**



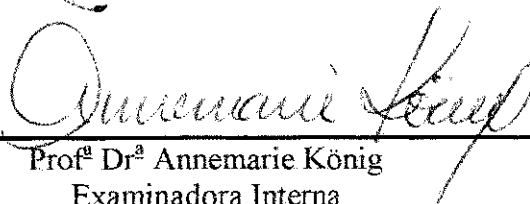
---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> João Tinôco Pereira Neto  
Orientador



---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Beatriz Susana Ovruski de Ceballos  
Orientadora



---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Annemarie König  
Examinadora Interna



---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Valderi Duarte Leite  
Examinador Externo

Campina Grande – PB  
2000

**“Confia ao SENHOR as tuas obras, e os  
teus desígnios serão estabelecidos.”**

**Provérbios 16.3**

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe Isabel, ao meu irmão Fábio, à minha  
cunhada Flávia, à minha sobrinha Maria Luísa e  
as minhas tias Aracy, Darci, Juracy e Nanci.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que, não obstante Sua glória e grandeza, digna-se a cuidar de mim com misericórdia, fidelidade e amor.

À amiga e professora Beatriz, pelos valiosos ensinamentos transmitidos, pelo apoio e incentivo desde o início deste trabalho e, principalmente pela forma carinhosa e atenciosa com que me conduziu.

Ao Prof. Tinôco, pelo voto de confiança, pela forma acolhedora e amiga com que me recebeu em Viçosa e pela orientação no desenvolvimento desse trabalho.

Aos funcionários e estagiários do LESA/UFV, pela cooperação, direta ou indireta, assim como pelo apoio e atenção dispensados; em particular, ao Prof. Marcos Magalhães pela sua grande prestatividade.

À Prefeitura Municipal de Coimbra (MG), pela a atenção e informações a cerca do sistema de tratamento de lixo adotado pelo município, especialmente ao Eng. João Adelmo e aos funcionários encarregados da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo Ivam e Sr. Sebastião.

Aos professores e funcionários da Pós-Graduação em de Engenharia Civil, especialmente aos da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental -AESA.

Aos colegas da minha turma de mestrado pelo companheirismo nos momentos de dificuldade e de descontração.

À minha família pelo apoio, em especial à minha Mãe, pelo carinho e dedicação dispensados e pelo esforço feito em prol da minha educação.

À todos os meus amigos pelo o incentivo, carinho e amizade, em particular à minha turma de amigos de todas as horas Bonádia, Christiano, Fabiana, Gorethe, Joelma, Josilene e Laudinete, por tornarem a minha vida mais feliz.

À Dedé, pela orientação no uso do Microsoft PowerPoint e disposição, sem restrições, em me ajudar.

## RESUMO

A produção de lixo urbano é um dos maiores problemas sanitários e ambientais enfrentado pelas Prefeituras. O mau gerenciamento dos resíduos sólidos pode trazer danos irreversíveis ao meio ambiente e a saúde pública. Como alternativa para solução do problema foi avaliada a viabilidade do Sistema de Tratamento de Lixo do Município Coimbra (MG) - Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo, por ser de baixo custo, além de ser o pioneiro no emprego da tecnologia desenvolvida no Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFV (LESA). Foram avaliados o projeto executivo, a situação atual da usina após o período de cinco anos de implantação e os benefícios sócio-econômicos alcançados com a construção da usina. O Projeto executivo foi avaliado através de documentos e registros obtidos junta à Prefeitura Municipal de Coimbra (MG) e ao LESA, que prestou assessoria à mesma. Para avaliar a situação atual da usina foi feito um levantamento de todo sistema operacional no período chuvoso (fevereiro/1999) e seco (outubro/1999): caracterização dos resíduos sólidos, balanço de massa, sistema de coleta, eficiência de triagem, falhas do sistema e, qualidade do composto produzido. Para avaliar os aspectos sócio-econômicos relacionados a reciclagem e compostagem de lixo em Coimbra (MG) foi feito um levantamento da estimativa da economia energia elétrica, matéria-prima e água obtida com a reciclagem dos materiais inertes (papel/papelão, plástico, vidro, alumínio e metal), assim como a receita e as despesas anuais da usina. Também foram feitas entrevistas junto à população afim de constatar a opinião dos munícipes a respeito do sistema de tratamento de lixo adotado pela prefeitura e sobre questões como: forma de acondicionamento do lixo doméstico no âmbito das residências, importância da coleta seletiva, nível de informação a respeito das doenças causadas por vetores provenientes do lixo, etc. Os resultados mostraram que a Usina de Reciclagem e Compostagem de Coimbra (MG) é viável em todos os aspectos analisados. O projeto executivo foi adequado a realidade do município, o sistema se manteve funcionando de maneira eficiente durante os cinco anos de implantação, a estimativa do total economizado anualmente com energia elétrica, matéria-prima e água alcançou valores significativos (R\$77.440,30 e R\$252.713,60, na primeira e na segunda fase respectivamente), a relação receita/despesas foi considerada satisfatória (principalmente na segunda fase onde foi



constado que 64% das despesas eram cobertos com a venda dos materiais recicláveis e do composto), e a população se mostrou satisfeita e orgulhosa por possuir uma Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo no município.

## ABSTRACT

The production of urban garbage is one of the largest sanitary problems faced by the majority of Brazilian cities. The bad management of the solid residues may bring irreversible damages to the environment and to the public health. Garbage recycling and composting are shown as a good alternative to solve these problems. This work evaluated the viability of the Garbage Treatment System of Coimbra Municipality (MG) mainly because the employment of a pioneer technology developed in the Laboratory of Sanitary and Environmental Engineering Federal University of Viçosa (MG). The Executive Project, the current situation of the treatment system after a five years period and the socio-economic benefits were evaluated. The Executive Project was analysed through documents and registrations, obtained in Coimbra Municipal City Hall (MG) and from the Laboratory of Sanitary and Environmental Engineering Federal University of Viçosa (MG). To evaluate the current situation of treatment system a survey was made of the operating system in the rainy season (Feb/99) and dry period (Oct/99), the characterisation of the solid residues, mass balance, collection system, screening efficiency, system failure, and the quality of compost produced. To evaluate the socio-economic aspects related to the recycling and composting an estimate of the savings with electric energy, raw material and water, obtained with the recycling of the inert materials (paper, plastic, glass, aluminium and metal), as well as the annual costs of the treatment was made. The population was interviewed to verify their opinion regarding the garbage treatment system adopted and on several other subjects such as: from conditioning of the domestic garbage in the residences, importance of the selective collection, level of information regarding the diseases associated with garbage, etc. The results showed that Garbage Treatment System of Coimbra (MG) is viable in all the aspects. The executive project was adapted to the reality of the municipal district. The system worked efficiently during the last five years. The total annual savings with electric energy, raw material and water reached significant values (R\$ 77.440,30 and R\$ 252.713,60, in the first and in the second phase respectively). The relationship revenue/cost was considered satisfactory (mainly in the second phase when 64% of the costs were covered with the sale of recycled materials compost), and the population was satisfied to possess a Garbage Treatment System, in the municipality.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VI
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 Resíduos Sólidos (Lixo).....	4
1.2 Problemas de Impacto Ambiental Relacionados ao Lixo.....	7
1.2.1 Lixo e Poluição.....	11
1.3 Manejo, Tratamento e Disposição Final do Lixo.....	13
1.3.1 Coleta Domiciliar e Transporte.....	13
1.3.2 Tratamento e Disposição Final.....	14
1.3.2.1 Segregação e Reciclagem.....	15
1.3.2.2 Coleta Seletiva.....	16
1.3.2.3 Unidade de Triagem e Compostagem de Lixo Urbano (UTC).....	18
1.3.3 Incineração.....	20
1.3.4 Aterros.....	21
1.4 O Processo de Reciclagem no Brasil.....	22
1.4.1 Reciclagem de Papel/Papelão.....	23
1.4.2 Reciclagem de Plástico.....	24
1.4.3 Reciclagem de Vidro.....	25
1.4.4 Reciclagem de Metais.....	27
1.4.5 Reciclagem de Alumínio.....	28

CAPÍTULO II – MATERIAL E MÉTODO.....	29
2.1 Localização do Município de Coimbra.....	30
2.2 Características Sócio – Econômicas.....	30
2.3 Avaliação do Projeto Executivo.....	31
2.3.1 Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Coimbra (MG).....	31
2.4 Caracterização dos Resíduos Sólidos (Lixo) .....	31
2.5 Avaliação do Sistema Operacional da Usina.....	33
2.5.1 Determinação da Eficiência de Triagem.....	33
2.5.2 Eventuais Falhas no Sistema.....	34
2.5.3 Qualidade do Composto Produzido.....	34
2.5.3.1 Densidade.....	34
2.5.3.2 Teor de Umidade.....	34
2.5.3.3 Teor de Sólidos Voláteis.....	35
2.5.3.4 Teor de Sólidos Fixos.....	35
2.5.3.5 Carbono Orgânico Total.....	36
2.5.3.6 pH.....	36
2.5.3.7 Análise Químicas.....	36
2.5.3.8 Análise Bacteriológicas.....	37
2.5.4 Produtividade.....	37
2.5.5 Receita.....	38
2.5.6 Mercado.....	38
2.5.7 Custos.....	38
2.6 Avaliação Socio-Econômica.....	38
2.6.1 Roteiro de Entrevista.....	38

2.6.1.1 Teste do Roteiro de Entrevista (Pré- Teste) .....	38
2.6.2 Procedimento para Escolha dos Locais de Entrevista.....	39
2.6.2.1 Procedimento para Escolha das Ruas.....	39
2.6.2.2 Procedimento para Escolha das Residências.....	41
2.6.3 Equipe de Entrevistadores.....	41
2.6.4 Realização das Entrevistas.....	41
2.6.7 Viabilidade Econômica.....	42
2.7 Composição dos Resultados e Avaliação do Sistema .....	42
CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	43
3.1 Avaliação do Projeto Executivo.....	43
3.1.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos no Município de Coimbra (MG) .....	43
3.1.2 Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).....	45
3.1.3 Atividades Paralelas à Construção da Usina.....	45
3.1.4 Resultados Pretendidos e Alcançados com a Implantação da Usina .....	46
3.2 Caracterização dos Resíduos Sólidos no Município de Coimbra (MG) em 1999.....	47
3.3 Principais Parâmetros Econômicos Relacionados com a Reciclagem dos Materiais Inertes (Papel/Papelão, Plástico, Vidro, Alumínio e Metais).....	60
3.3.1 Reciclagem de Papel/Papelão.....	62
3.3.2 Reciclagem de Plástico.....	62
3.3.3 Reciclagem de Vidro.....	62
3.3.4 Reciclagem de Alumínio.....	63
3.3.5 Reciclagem de Metais.....	63
3.4 Características do Composto Produzido na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).....	69

3.5 Ganhos Relacionados à Reciclagem de Matéria Orgânica na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).....	69
3.6 Estimativa do Total Economizado Anualmente com a Reciclagem e Compostagem de Lixo no Município de Coimbra (MG).....	69
3.7 Estimativa da Receita e dos Custos anuais da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo no Município de Coimbra (MG).....	71
3.8 Avaliação de Aspectos Sociais e Comportamentais dos Municípios de Coimbra (MG) em relação ao Lixo.....	74
CONCLUSÃO.....	85
SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXO – ROTEIRO DE ENTREVISTA.....	97

## **LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1.1 – Órgãos responsáveis pelo gerenciamento dos diferentes tipos de lixo.
- Tabela 1.2 – Índices de reciclagem dos materiais no Brasil.
- Tabela 1.3 – Economia obtida com adição de cacos de vidro na composição da massa para produção de vidro novo.
- Tabela 3.1 – Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG). Valores (em massa e porcentagem) dos componentes do lixo nos dias 16, 20, 22, e 28 de agosto de 1993.
- Tabela 3.2 - Caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) no período de 08 a 13 de fevereiro de 1999. Valores em massa (kg) e porcentagem entre parenteses.
- Tabela 3.3 - Caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) no período de 22 a 27 de fevereiro de 1999. Valores em massa (kg) e porcentagem entre parenteses.
- Tabela 3.4 - Caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) no período de 25 a 30 de outubro de 1999. Valores em massa (kg) e porcentagem entre parenteses.
- Tabela 3.5 - Valores médios semanais (kg) dos componentes do lixo do município de Coimbra (MG) relativo as caracterizações feitas em agosto de 1993, fevereiro e outubro de 1999.
- Tabela 3.6 – Potencial médio de reintegração ambiental obtido com a reciclagem através das Usinas de Triagem e Compostagem de Lixo no estado de Minas Gerais e no município de Coimbra (MG).
- Tabela 3.7 – Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de papéis no município de Coimbra (MG).
- Tabela 3.8 – Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de plásticos no município de Coimbra (MG).

Tabela 3.9 – Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de vidro no município de Coimbra (MG).

Tabela 3.10 – Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de alumínio no município de Coimbra (MG).

Tabela 3.11 – Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de metais no município de Coimbra (MG).

Tabela 3.12 – Resultado da caracterização física, química e bacteriológica do composto produzido na Usina de Coimbra (MG).

Tabela 3.13 – Ganhos relacionados com a reciclagem de matéria orgânica na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).

Tabela 3.14 – Resumo das estimativas do total economizado anualmente com a reciclagem dos resíduos sólidos no município de Coimbra (MG).

Tabela 3.15 – Valores anuais referentes a receita e as despesas da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG). Nos meses de fevereiro e outubro de 1999, 1ª e 2ª fase respectivamente.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 – Materiais presentes no lixo domiciliar.
- Figura 1.2 – Evolução da população brasileira nos últimos 50 anos.
- Figura 1.3 – Evolução da produção de lixo doméstico coletado (LCD) no município de São Paulo (1986/1996).
- Figura 1.4 – Evolução do custo operacional dos aterros no município de São Paulo (1980-1992).
- Figura 1.5 – Fluxos de contaminação do meio ambiente através do lixo.
- Figura 1.6 – Fluxos de reciclagem.
- Figura 1.7 – Principais madeiras utilizadas como matéria-prima no processo produtivo na indústria de papel no Brasil.
- Figura 1.8 – Formulações típicas do vidro tipo soda-cal.
- Figura 1.9 – Crescimento do índice de reciclagem de latas de alumínio no Brasil entre 1991 e 1997.
- Figura 2.1 - Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).
- Figura 2.2 – Fluxograma utilizado para calcular o balanço de massa do lixo do município de Coimbra (MG) em agosto de 1993, fevereiro e outubro de 1999.
- Figura 3.1 – Caracterização gravimétrica do lixo na cidade de Coimbra (MG) em agosto de 1993.
- Figura 3.2 - Balanço de massa do lixo no município de Coimbra (MG) em agosto de 1993.
- Figura 3.3 – Quantidade média de lixo coletado no município de Coimbra (MG).
- Figura 3.4 – Quantidade de resíduo que chega a Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) em cada dia da semana.
- Figura 3.5 – Caracterização do lixo de Coimbra (MG) em fevereiro de 1999.
- Figura 3.6 – Caracterização do lixo de Coimbra (MG) em outubro de 1999.

- Figura 3.7 – Composição média do lixo de Coimbra (MG) nos períodos de agosto de 1993, fevereiro e novembro de 1999.
- Figura 3.8 – Balança de massa do lixo no município de Coimbra (MG) em fevereiro de 1999.
- Figura 3.9 – Balança de massa do lixo no município de Coimbra (MG) em outubro de 1999.
- Figura 3.10 – Forma de acondicionamento do lixo no âmbito das residências no município de Coimbra (MG), em julho de 1999.
- Figura 3.11 – Tipos de recipiente utilizados no acondicionamento do lixo no âmbito das residências no município de Coimbra (MG), em julho de 1999.
- Figura 3.12 – Tempo médio de estoque do lixo dentro das residências no município de Coimbra (MG), em julho de 1999.
- Figura 3.13 – Pré disposição dos munícipes de Coimbra (MG) para participar de um programa de coleta seletiva, em julho de 1999.
- Figura 3.14 – Distribuição dos munícipes de Coimbra (MG) a respeito da coleta seletiva, em julho de 1999.
- Figura 3.15 – Distribuição da população com e sem informação a respeito do destino final do lixo no município de Coimbra (MG), em julho de 1999.
- Figura 3.16 – Distribuição da população entrevistada no município de Coimbra (MG) segundo a sua informação a respeito dos problemas causados pelo mau acondicionamento do lixo, em julho de 1999.
- Figura 3.17 – Principais problemas relacionados com o lixo citados pela população entrevistada no município de Coimbra (MG), em julho de 1999.
- Figura 3.18 – Distribuição da população entrevistada segundo o seu conhecimento em relação as formas de produção de bens de consumo, em julho de 1999.
- Figura 3.19 – Principais veículos de comunicação através dos quais a população do município de Coimbra (MG) se mantém informada, em julho de 1999.
- Figura 3.20 – Motivos citados pelos munícipes entrevistados em Coimbra (MG) como sendo a razão da preferência de um produto a outro, em julho de 1999.

Figura 3.21 – Atitude tomada pela população entrevistada no município de Coimbra (MG) quando um produto é danificado, em julho de 1999.

Figura 3.22 – Distribuição da presença de animais na lixeira pública segundo a afirmação dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG), em julho de 1999.

Figura 3.23 – Distribuição da presença de pessoas mexendo na lixeira pública segundo a afirmação dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG), em julho de 1999.

Figura 3.24 – Distribuição da existência de proliferação de vetores na lixeira pública segundo a afirmação dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG), em julho de 1999.

Figura 3.25 – Distribuição da opinião dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG) a respeito da limpeza dos logradouros, em julho de 1999.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**PMSP** - Prefeitura Municipal de São Paulo

**PET** – Polietileno terifalato

**IBAM** – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**ASSEMAE** – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento

**LDC** – Lixo Doméstico Coletado

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**CEMPRE** – Centro Empresarial para Reciclagem

**CSD** - Coleta Seletiva Domiciliar

**PEV's** – Postos de Entrega Voluntária

**UTC** – Unidade de Triagem e Compostagem

**UTCC** – Unidade de Triagem e Compostagem de Coimbra (MG)

**CETESB** – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

**ABIVIDRO** – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro

**LESA** – Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFV

**IDH** – Índice de Desenvolvimento Humano

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**IBS** – Instituto Brasileiro de Siderurgia

## INTRODUÇÃO

Todo resíduo gerado deve, após o seu correto condicionamento, ser coletado e disposto em locais adequados de forma a não permitir poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos. Todavia, no Brasil estima-se que seja gerado uma média de 150 mil toneladas de lixo urbano por dia e que apenas 65% deste total seja coletada, sendo o restante descartado, em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água ou permanecendo junto a habitações. Segundo os dados do IPT (1995), somente 11% de todo lixo coletado no país tem tratamento correto, do ponto de vista sanitário (aterro sanitário e controlado, reciclagem e incineração).

O lixo urbano, principalmente nos países em desenvolvimento, está associado a vários problemas de ordem ambiental, sanitária, social e econômica. A maioria dos resíduos sólidos gerados é disposta em condições sanitárias inadequadas, que conduzem à graves desequilíbrios ecológicos e, conseqüentemente, danos a saúde pública. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), estima-se que 90% das moscas, 60% dos ratos e 45% dos mosquitos deve-se à prática do lançamento de lixo em aterros mal controlados ou lixões. Esses organismos, disseminados em locais de despejo de lixo, são considerados vetores responsáveis pela transmissão de várias doenças, principalmente as entéricas. Um agravante para essa situação é que mesmos os lixões, em sua grande maioria, já se encontram saturados e novos terrenos adequados para a disposição do lixo são cada vez mais raros e onerosos (CALDERONI, 1998).

O conceito de inesgotabilidade do lixo e os malefícios causados por formas inadequadas de disposição dos mesmos, levou a um consenso por parte da comunidade científica da área (ambientalistas, sanitaristas) e outros segmentos da sociedade, de que se a produção de lixo é inevitável esta deve ser, pelo menos, minimizada e ter uma destinação sanitariamente adequada (LELIS, 1998; PEREIRA NETO, 1998b).

Alguns autores (IPT, 1995; LELIS, 1998; PEREIRA NETO, 1998b), acreditam que as Unidades de Reciclagem e Compostagem apresentam-se como uma alternativa viável para o tratamento do lixo urbano (domiciliar, público e comercial), cujo gerenciamento é de responsabilidade das administrações municipais, tendo em vista as seguintes vantagens:

melhorias das condições ambientais e de saúde pública; diminuição do volume de lixo que necessita de disposição final, e conseqüentemente o aumento da vida útil dos aterros; economia de energia; economia de matéria-prima; benefícios sociais, geração de empregos diretos e indiretos; geração de renda com a venda de composto e de materiais recicláveis (plásticos, vidros, papel, etc.).

Algumas prefeituras têm adotado como forma de tratamento as Unidades de Baixo Custo para Reciclagem e Compostagem de Lixo, conjugadas como o aterro de rejeito. Essa escolha pode ser justificada pelo teor médio elevado de resíduos orgânicos (60-70%) presente no lixo urbano e pelas condições climáticas favoráveis ao processo de compostagem encontradas no país, tendo em vista que, esses resíduos quando descartados em lixões ou aterros mal controlados, entram em estado de putrefação, gerando gases e líquidos altamente poluidores e fétidos que atraem vetores e liberam substâncias tóxicas que podem vir a poluir de modo irreversível os mananciais superficiais e subterrâneos, através da lixiviação do "chorume" (líquido resultante da putrefação dos resíduos orgânicos que carregam nutrientes, sólidos em suspensão e dissolvidos, produtos tóxicos e microrganismos). Assim sendo, podem atingir também o homem através da cadeia alimentar. A simplicidade tecnológica desses sistemas (e suas característica de baixo custo) constitui-se também numa justificativa para sua aplicação nas comunidades de pequeno porte (população menor que 20.000 habitantes).

Embora, na maioria dos casos os benefícios desse sistema de tratamento sejam evidentes, não existem informações precisas a respeito de como funcionam essas unidades (dados operacionais, custos, produtividade homem/ton./hora, balanço de massa real, etc.), além dos ganhos sócio - econômicos (maior sentimento de cidadania, economia de água, economia de energia elétrica e matéria-prima).

### **OBJETIVO**

Diante do que foi exposto, e na tentativa contribuir para solução do problema, foi proposta a presente pesquisa, cujo o objetivo básico foi avaliar e estudar o sistema de tratamento de lixo implantado no município de Coimbra -MG (Usinas de Reciclagem e Compostagem de Lixo), a fim de analisar a eficiência do sistema ao longo do período de cinco anos de operação como processo de tratamento de lixo urbano, assim como a viabilidade da técnica de tratamento (a compostagem), bem como os aspectos operacionais

e a eficiência do processo de triagem e também os principais benefícios sócio - econômicos advindos. Pretende-se com isso mostrar que a reciclagem do lixo através de Unidades de Triagem e Compostagem é uma solução viável para cidades de pequeno porte.

## CAPÍTULO I

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1 RESÍDUO SÓLIDOS (LIXO)

É difícil definir o que são resíduos sólidos sem algumas restrições. Segundo AURÉLIO (1996) o lixo tem as seguintes definições: 1) aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua, e se joga fora; entulho. 2) tudo o que não presta e se joga fora. 3) sujeira, sujeira, imundície. 4) coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor. LIMA (1995) considera não ser uma tarefa fácil esta definição porque o lixo está relacionado a inúmeros fatores ligados à sua origem e formação, tais como: hábitos, variações sazonais, condições climáticas, variações na economia, poder aquisitivo, nível de educação, etc.

A Norma Brasileira NBR 10.004, define resíduos sólidos da seguinte forma:

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

Embora os termos lixo e resíduos sólidos designem o mesmo tipo de material, o termo lixo será adotado preferencialmente neste trabalho.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1995) classifica o lixo segundo as seguintes características:

- por sua natureza física: seco ou molhado;
- por sua composição química: orgânico ou inorgânico;



- pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes;
- por sua origem: domiciliar, comercial, público (varrição de vias públicas, áreas de feiras, restos de podas de árvores, etc.), de serviços de saúde, industrial, de locais de transporte de passageiros (portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários), construção civil (entulho), e agrícola.

O lixo também pode ser classificado segundo a zona de produção em urbano, quando proveniente da zona urbana, ou rural quando é originário da zona rural (PHILIPPI JÚNIOR, 1982).

O chamado lixo urbano é aquele gerado num perímetro urbano e constituído pelos tipos: domiciliar, comercial e público, sendo de atribuição e responsabilidade exclusiva das prefeituras (Tabela 1.1), desde a coleta até a destinação final. Para esse tipo de lixo, PEREIRA NETO (1996) propõe a seguinte definição:

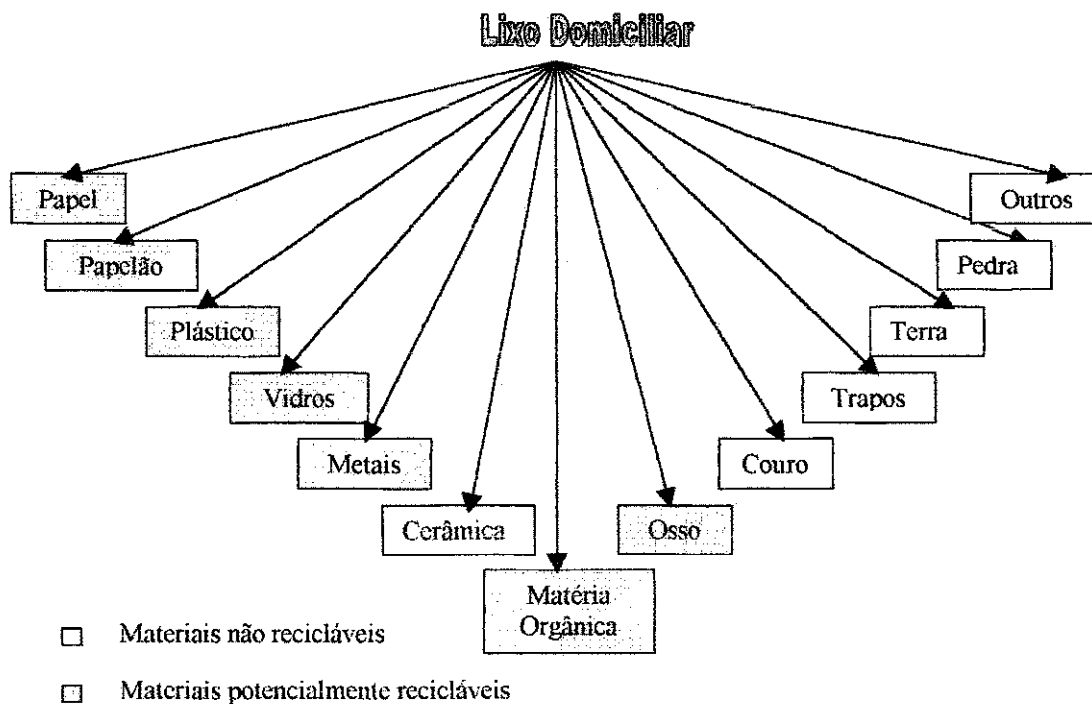
*“ Lixo urbano é uma massa heterogênea de resíduos sólidos, resultante das atividades humanas, os quais podem ser reciclados e parcialmente utilizados, gerando entre outros benefícios, proteção a saúde pública e economia de energia e de recursos naturais.”*

**Tabela 1.1 - Órgãos responsáveis pelo gerenciamento dos diferentes tipos de lixo.**

<b>Tipo de Lixo</b>	<b>Responsável</b>
Domiciliar	Prefeitura
Comercial	Prefeitura
Público	Prefeitura
Serviços de Saúde	Gerador (hospitais)
Industrial	Gerador (indústria)
Agrícola	Gerador
Construção Civil	Gerador

Fonte: IPT (1995)

Nas cidades brasileiras, dentre os tipos de resíduos coletados, o lixo domiciliar é o mais representativo em volume (RUBERG & PHILIPPI JR., 1998). A produção de lixo está associada a expansão urbana e ao desenvolvimento industrial, e são esses fatores que determinam tanto a quantidade como as características dos resíduos (RIBEIRO, 1997). Mesmo a composição do lixo exclusivamente domiciliar contém uma diversidade muito grande de componentes e dentre os materiais presente nem todos são potencialmente recicláveis, como se mostra na Figura 1.1. Além de sua origem, o lixo também varia qualitativa e quantitativamente com as estações do ano, com as condições climáticas, com os hábitos de vida da população, com o período econômico, etc. (LELIS, 1998).



Fonte: PEREIRA NETO (1996)

**Figura. 1.1** – Materiais presentes no lixo domiciliar

A composição e as características do lixo vêm sofrendo modificações ao longo dos anos devido ao desenvolvimento tecnológico, principalmente no setor de embalagens. Hoje compra-se muito mais produtos industrializados (a exemplo de alimentos e bebidas) que na década passada e, em consequência, há maior número e diversidade de embalagens que passam a constituir o lixo. Atualmente encontra-se no lixo grandes quantidades de embalagens longa vida, copinhos de iogurte, garrafas de PET, fraldas descartáveis, etc. O

lixo paulistano, por exemplo, tem seis vezes mais plástico que nos anos 70, e esse material pode levar até 450 anos para se decompor (GONÇALVES, 1997). Contudo, a quantidade matéria orgânica no lixo brasileiro, geralmente, se mantém superior a soma dos demais componentes do lixo.

## **1.2. PROBLEMAS DE IMPACTO AMBIENTAL RELACIONADOS AO LIXO**

Durante muito tempo, o impacto ambiental das atividades econômicas não foi considerado relevante porque a capacidade de produzir, assim como de degradar o meio pareciam ser insignificantes em relação a disponibilidade dos recursos naturais. Com isso, criou-se a ilusão de que o equilíbrio ecológico era inabalável e que os recursos naturais podiam ser utilizados indiscriminadamente (COELHO, 1994).

Depois de negligenciado por muitos anos, o impacto ambiental causado pelo mau acondicionamento do lixo vem sendo encarado como problema de primeiro escalão. Atualmente, com o apoio dos movimentos de proteção ao meio ambiente e dos esforços feitos pelas autoridades de saúde pública para erradicar focos de doenças, o destino final do lixo já é considerado tema fundamental em projetos políticos. Dispor adequadamente os resíduos sólidos urbanos é fundamental para questão do meio ambiente, saneamento e saúde pública (IBAM, 1978).

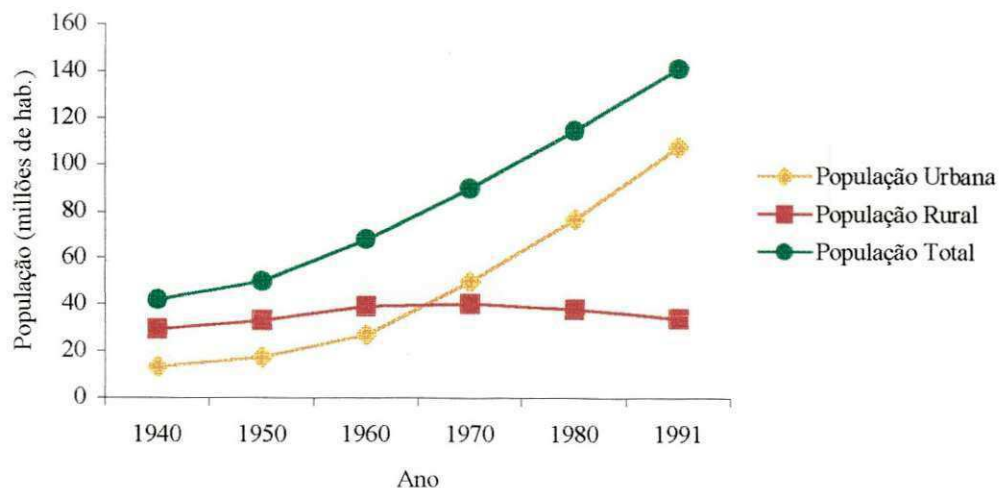
De acordo com a resolução do CONAMA 001/86, é considerado impacto ambiental:

*Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.*

A produção de resíduos sólidos (lixo), resulta das atividades do homem em sociedade. A primeira atividade exercida pelo homem, o nascimento, gera vários resíduos. Desde de o momento do parto, essa geração de resíduos acompanha o homem por toda a sua existência, ASSEMAE (1994).

O crescimento populacional e o avanço tecnológico são os principais fatores que levam a uma geração cada vez maior de lixo produzido. Em 1982, cada brasileiro produzia

uma média de 0,5 kg de lixo por dia. Em 1996 a média subiu para 0,75 kg *per capita* (GONÇALVES, 1997). A Figura 1.2 mostra a evolução da população brasileira dos últimos 50 anos.



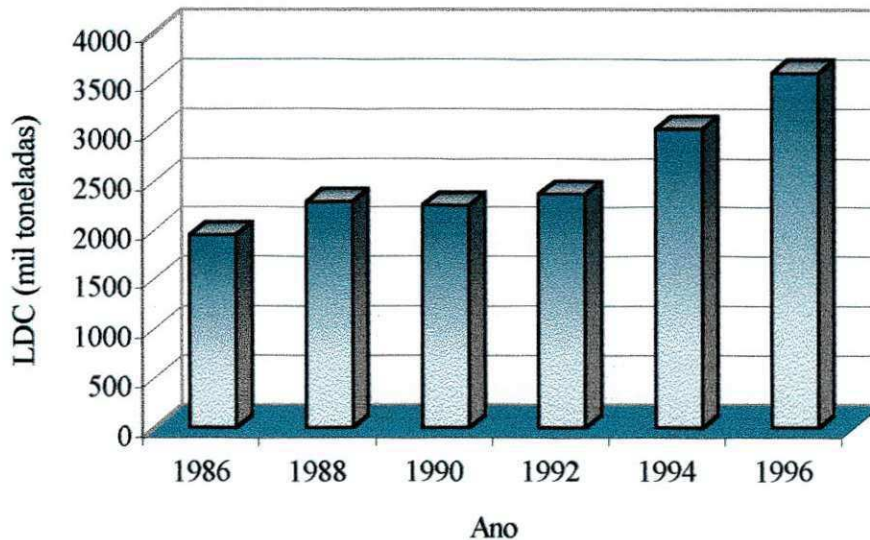
Fonte: IBGE (1996)

**Figura 1.2** -Evolução da população brasileira nos últimos 50 anos

O crescimento urbano no Brasil tornou-se expressivo após os anos 50, modificado pelo êxodo rural para os centros urbanos e incentivado pela industrialização no país. Já é fato amplamente conhecido que o crescimento acelerado da população e a necessidade cada vez maior de incremento na produção de alimentos e bens de consumo faz com que o homem transforme cada vez mais matéria-prima em produtos acabados que, mais cedo ou mais tarde, após o uso, irá transforma-se em lixo, sem que haja uma política no setor de saneamento urbano que contabilize esse aumento na produção de lixo com a preservação ambiental (LIMA, 1995).

A medida em que a tecnologia avança surgem um número cada vez maior de produtos sintéticos de nova composição química (plásticos, tintas, resinas, etc) que, quando descartados na natureza, degradam-se muito lentamente causando, em muitos casos, danos irreversíveis ao meio ambiente. Encontra-se no lixo, além desses produtos, microrganismos patogênicos e substâncias tóxicas como parte integrante dos itens de consumo manipulados e posteriormente descartado pelo homem (PEREIRA NETO, 1998b; RUBERG & PHILIPPI JR, 1998).

A Figura 1.3 mostra a evolução da produção de lixo doméstico coletado no Município de São Paulo, no período de 1986 a 1996, a qual pode ser usada para retratar a situação das capitais de grande porte dos países em desenvolvimento, onde a quantidade de resíduo praticamente dobrou em dez anos (CALDERONI, 1998).



Fonte: PMSP/LIMPURG/LOGOS (1996).

**Figura 1.3-** Evolução da produção de lixo doméstico coletado (LDC) no município de São Paulo (1986/1996).

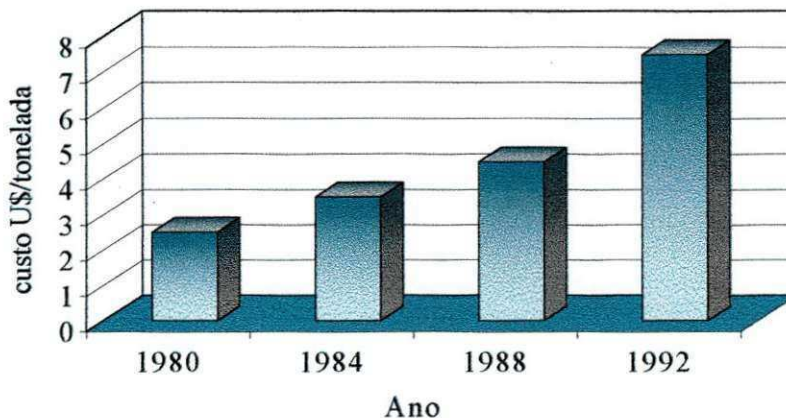
No Brasil, estima-se que seja gerado uma média de 150 mil toneladas de lixo urbano por dia e que apenas 65% deste seja coletada, sendo o restante descartado em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água ou permanecendo junto a habitações (LELIS, 1998; PEREIRA NETO, 1998b). Segundo os dados do IBGE (1996), 88% do lixo coletado no país são despejados a céu aberto ou em áreas alagadas, sem que haja nenhum tratamento prévio (os chamados lixões). Apenas 10% do lixo coletado são dispostos em aterros e somente 2% do total são tratados em usinas de reciclagem e compostagem.

As civilizações antigas já manipulavam os resíduos sólidos visando afastá-los para bem distante das populações, devendo ter surgido então a prática, hoje condenável, do lançamento de lixo a céu aberto e em cursos d'água. Outros métodos mencionados para dispor do lixo nesse período foram a queima e o enterramento, práticas usadas nos dias atuais (PHILIPPI JÚNIOR, 1982).

O lixo urbano, principalmente nos países em desenvolvimento, está associado a vários problemas de ordem ambiental, sanitária, social e econômica. A maioria dos resíduos sólidos é disposta em condições sanitárias inadequadas, que conduzem à graves desequilíbrios ecológicos e, conseqüentemente, danos a saúde pública.

A Organização Mundial de Saúde, estima que 90% das moscas, 60% dos ratos e 45% dos mosquitos gerados em um município qualquer, deve-se à prática do lançamento de lixo em aterros mal controlados ou lixões (PEREIRA NETO, 1998b; MORAES, 1997). Esses organismos, que proliferam nos locais de despejo de lixo, são vetores responsáveis pela transmissão de várias doenças infecciosas, como leptospirose, peste bubônica, doenças entéricas, e as causadas por pulgas percevejos, etc. (PEREIRA NETO, 1997a).

Um agravante é que os lixões, em sua grande maioria, se encontram saturados e novos terrenos para disposição de lixo são cada vez mais raros e onerosos. A Figura 1.4 mostra, como exemplo, a evolução do custo operacional dos aterros no município de São Paulo que, num período de 12 anos aumentou cerca de 67% .



Fonte: PMSP/LIMPURG (1993).

**Figura 1.4** - Evolução do custo operacional dos aterros no município de São Paulo (1980-1992).

O acelerado processo de transformação, por que passa atualmente a sociedade, e suas conseqüências ambientais estão sendo cada vez mais discutidas por parte dos governantes, das organizações comunitárias e fóruns de debates científicos, ao mesmo tempo em que a

mídia se encarrega de divulgar os problemas ambientais e reivindicar, do poder público, soluções imediatas para o efetivo equacionamento do problema (PEREIRA NETO, 1997a).

No caso específico dos resíduos sólidos é inquestionável que as tarefas são gigantescas. Assim sendo, o consenso da comunidade científica especializada é claro ao enfatizar que a solução passa por vários pontos básicos: a) ações que requerem a minimização dos resíduos sólidos; b) incentivo ao reaproveitamento e a reciclagem; c) implantações de programas de coleta seletiva; d) medidas comunitárias (PEREIRA NETO, 1998b).

O conceito de inesgotabilidade do lixo e os malefícios causados por formas inadequadas de disposição dos mesmos, levou a um consenso por parte da comunidade científica da área (ambientalistas, sanitaristas) e de outros segmentos da sociedade, de que se a produção de lixo é inevitável deve ser, pelo menos, minimizada e ter uma destinação sanitariamente adequada (LELIS, 1998; PEREIRA NETO, 1998b).

Neste contexto, a reciclagem dos resíduos sólidos descartados pela sociedade, vem sendo debatida de forma crescente como alternativa de ação à disposição das populações, principalmente pela crise ambiental reconhecida: através da degradação ambiental, escassez de recursos naturais, necessidade economia de energia, etc. (CALDERONI, 1998).

Atualmente a ciência tem-se voltado para o conceito de desenvolvimento auto-sustentável, o qual expressa novos valores associados aos recursos naturais e ao ambiente. De acordo com esta nova percepção a proteção dos recursos naturais e a manutenção da qualidade de vida das gerações futuras não deve ser desconsiderada em favor do desenvolvimento econômico (COELHO, 1994).

### **1.2.1 LIXO E POLUIÇÃO**

Entre os vários problemas relacionados com o lixo, a proteção à saúde pública é preponderante e determina que sejam procuradas soluções adequadas para sua remoção, tratamento e disposição final. Do ponto de vista geral do bem estar, o aspecto visual do lixo é desagradável e geralmente apresenta maus odores. Além disso há o desconforto causado pelas poeiras e ciscos levantados pelo vento (PHILIPPI JÚNIOR, 1982).

No Brasil, a composição gravimétrica do lixo domiciliar apresenta em média, cerca de 65% de matéria orgânica (PEREIRA NETO, 1998b). Essa fração orgânica constitui-se na principal responsável pelo impacto ambiental. Isto se deve, principalmente ao método predominante de disposição final do lixo usado largamente no país: lixões, aterros comuns ou controlados onde os processos de decomposição anaeróbia de fermentação, geram ácidos orgânicos que somados a resinas e substâncias tóxicas, originam o chorume. Este é um líquido altamente poluente, de cor escura, cheiro forte e alta DBO<sub>5</sub> (de até 40.000 mg/l) que carrega sólidos em suspensão e microrganismos, muitos deles patogênicos e que ao atingir os solos, contaminam os lençóis freáticos, as águas superficiais e causam sua poluição (PEREIRA NETO, 1995).

Na Figura 1.5 observa-se os fluxos de contaminação do meio ambiente causados pela disposição de lixo em locais inadequados.

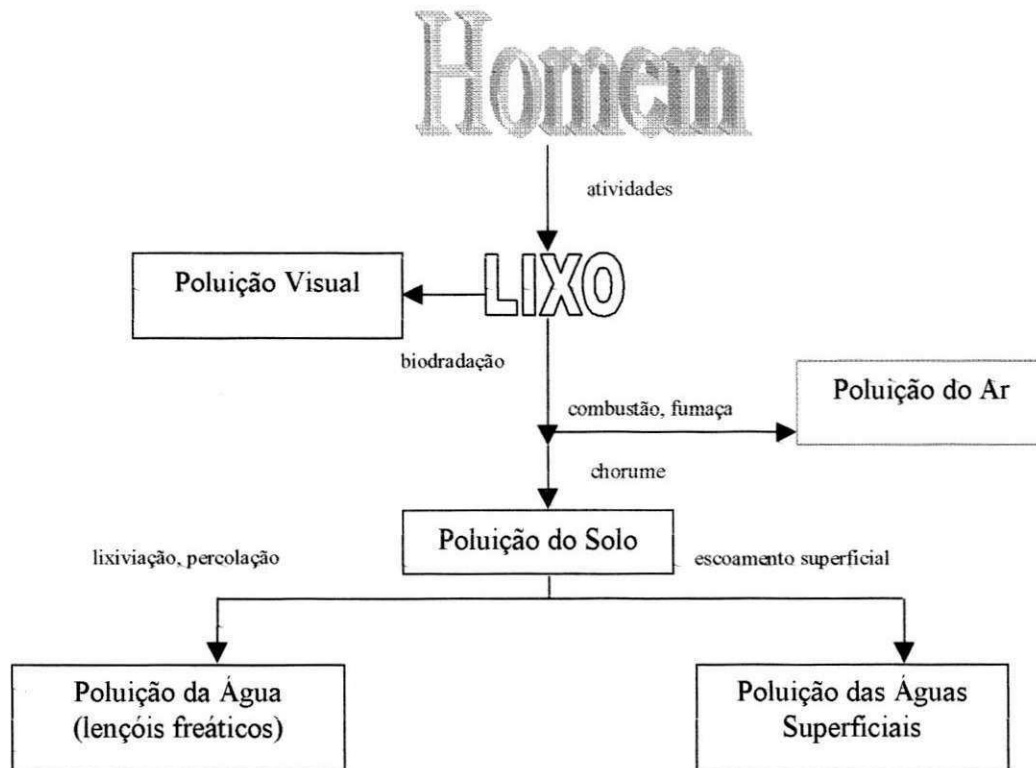


Figura 1.5 - Fluxos de contaminação do meio ambiente através do lixo.



### **1.3. MANEJO, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO LIXO**

#### **1.3.1. COLETA DOMICILIAR E TRANSPORTE**

Cabe ao homem adotar medidas referentes ao manejo, tratamento e disposição final do lixo, levando em consideração as conseqüências advindas de tais medidas. Geralmente o lixo é tratado e disposto em locais distantes do seu ponto de geração. Primeiramente, o lixo é de responsabilidade da fonte geradora (domicílios, estabelecimento comerciais, etc.) assim como a coleta interna o acondicionamento e o armazenamento, de forma tal que facilite uma coleta posterior, de responsabilidade das administrações municipais. Segundo o IPT (1995) a forma de acondicionamento do lixo depende de:

- quantidade: pequenos ou grandes volumes;
- composição: lixo orgânico ou inorgânico;
- movimentação: tipo e freqüência de coleta.

Independente da forma, os recipientes de coleta devem ser vedados, resistentes e compatíveis com o equipamento de transporte. As formas mais comumente utilizadas são:

- cestos coletores de calçada
- recipientes basculantes
- tambores
- sacos<sup>1</sup>

Nos casos onde não há seleção prévia dos resíduos, a freqüência de coleta deve ser determinada pelo tempo em que ocorrem a fermentação e a putrefação dos resíduos alimentares. Esse período deve ser diário ou em dias alternados, sem que haja perigo de exalação de maus odores ou proliferação de vetores (SANGES, 1969). Nos casos onde há separação dos materiais nos domicílios, os dias de coleta são diferentes, geralmente alternados para lixo úmido (fração orgânica) e uma vez por semana para o lixo seco (fração inerte) (RUBERT & PHILIPPE JR., 1998).

---

<sup>1</sup> Tanto para resíduos leves (lixo solto, domiciliar e de escritório), como para resíduos pesados (lixo de varrição de ruas e de restaurantes) os sacos podem ser fabricados com material virgem ou reciclado, desde de que atendam às especificações legais, IPT (1995).

O trabalho de coleta domiciliar, uma vez instituído, deve ser bem executado, pois qualquer falha no serviço gera descrédito e reclamações que, quando não atendidas, induzem a população a lançar o lixo em terrenos baldios ou mesmo em vias públicas. Um serviço de coleta eficiente requer um estudo preliminar rigoroso no que diz respeito a população atendida, população flutuante, produção *per capita*, e área atingida, para que possa ser organizada tecnicamente, de modo a permitir um atendimento satisfatório e a máxima economia de investimento, tanto do material rodante como da mão-de-obra empregada (IPT, 1995).

No transporte de lixo podem ser utilizados diferentes tipos de veículos, desde os de tração animal até caminhões dotados de carrocerias compactadoras. Segundo DIAZ (1999), o uso de caminhões compactadores vem crescendo nos países em desenvolvimento apesar destes apresentarem algumas desvantagens como: custo elevado de manutenção, necessidade de provisão de partes sobressalentes para manter a regularidade do serviço de coleta, necessidade de mecânicos especializados, e inacessibilidade do veículo em determinadas áreas estreitas e não pavimentadas.

O mesmo autor afirma que é necessário a manutenção preventiva para manter sempre a frota em condições operacionais, entretanto, nos países em desenvolvimento, geralmente, essa prática é negligenciada, causando transtornos a população que pode ter a coleta do lixo domiciliar interrompida por problemas mecânicos na frota.

### **1.3.2. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL**

Entende-se por tratamento, o processamento dos resíduos sólidos visando seu beneficiamento, reutilização ou redução de volume, a fim de torná-los inócuos à saúde e/ou facilitar sua disposição final. Disposição final é a solução que se dá para a descarga e armazenamento dos resíduos, em condições adequadas de higiene e salubridade (IBAM, 1978).

As principais formas de tratamento do lixo podem ser resumidas em dois tipos de processos:

- segregação e reciclagem, cujo objetivo é a redução do volume a ser aterrado, como consequência da reciclagem de materiais existente no lixo. A reciclagem surge entre os sistemas modernos de gerenciamento do lixo urbano como uma importante opção para

países com o Brasil, principalmente por sua flexibilidade operacional e possibilidade de implantação com programas de baixo custo (PEREIRA NETO, 1998a).

- incineração, cujo objetivo é reduzir e tornar inerte o lixo, se possível com recuperação de energia. Todavia para países como o Brasil, esse tipo de tratamento não é recomendável tendo em vista, principalmente, as características dos resíduos sólidos (rico em matéria orgânica) e o alto custo de implantação e operação desses sistemas (CALDERONI, 1998).

Para destinação final, as soluções clássicas são os aterros sanitários. Todavia no Brasil a grande maioria dos aterros são comuns (lixões) ou, em alguns casos, são apenas aterros controlados (LIMA, 1995).

### **1.3.2.1 Segregação e Reciclagem**

Os conceitos modernos de gerenciamento do lixo urbano, já difundidos nos países desenvolvidos, propõem modelos de gestão descentralizados para cada tipo de resíduo e preconizam a reutilização, o reuso e a reciclagem dos mesmos, afim de garantir economia de energia e de recursos naturais, e ao mesmo tempo, a preservação do meio ambiente e a proteção da saúde pública (PEREIRA NETO, 1998b). Os resíduos orgânicos poderão ser compostados e transformados em fertilizantes; os resíduos inorgânicos recicláveis poderão ser selecionados e reintroduzidos como matéria-prima ao sistema produtivo; os demais resíduos sem valor, poderão ser confinados em aterros ou valas, sem que produzam danos ambientais (RIBEIRO, 1997).

O fluxo geral de reciclagem de lixo urbano segue dois cominhos distintos: no primeiro, a separação é feita ao longo do fluxo normal de coleta, transporte e destino final. No segundo, a separação é feita na própria fonte geradora (coleta seletiva), podendo sofrer influência de terceiros como catadores e sucateiros, IBAM (1978). Neste caso, há um melhor aproveitamento dos materiais, além de uma significativa melhora na qualidade dos recicláveis. Estes fluxos podem ser identificados na Figura.1.6.

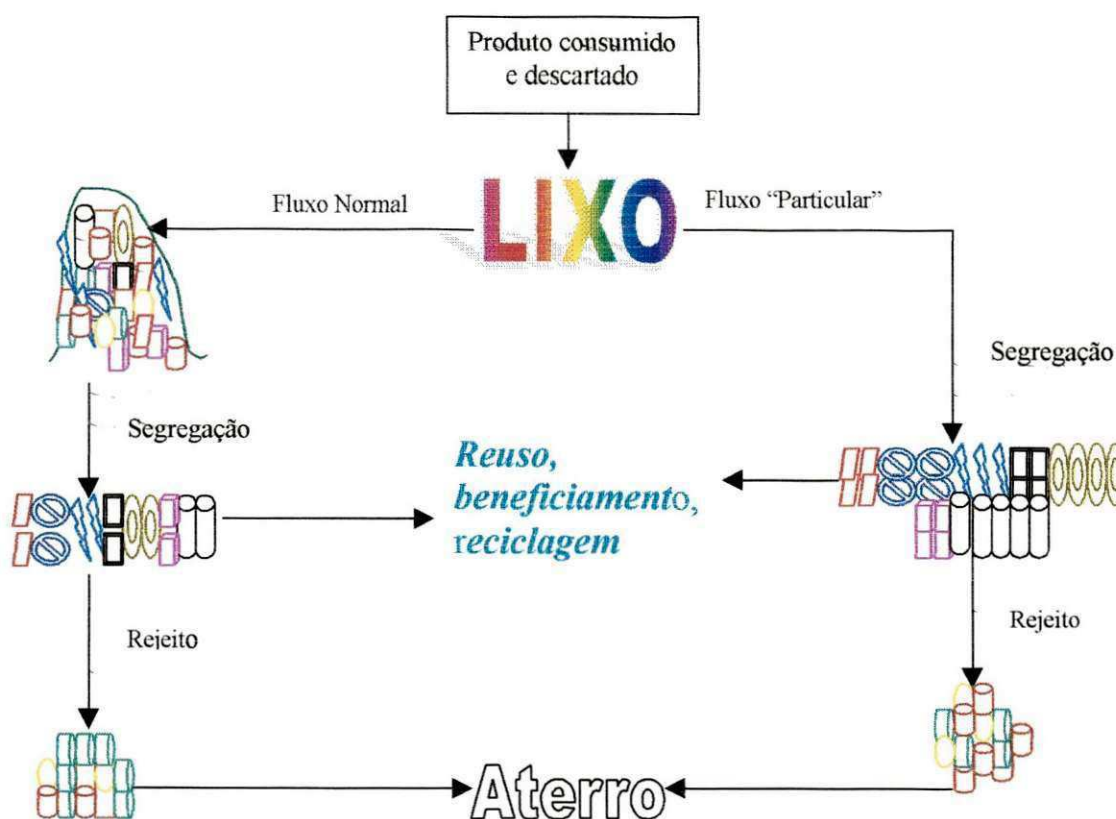


Figura 1.6.- Fluxos de reciclagem

Após o lixo ser descarregado nos aterros, dificilmente pode ser resgatado. Por isso, seu resgate deve ser realizado, de preferência, antes de sua coleta em via pública. A segregação de materiais do lixo aumenta a oferta de materiais recicláveis e, portanto, é necessário que haja demanda dos mesmos por parte da sociedade. Caso isto não ocorra, o processo de reciclagem é interrompido, visto que na ausência de mercado, os componentes separados do lixo são considerados rejeito, e aterrados ou incinerados. Nestes casos têm-se um desperdício de tempo, além de custos desnecessários com a segregação do lixo (IPT, 1995).

Para evitar estes inconvenientes, qualquer prefeitura deve examinar cuidadosamente as possibilidades de escoamento dos materiais, incluindo venda ou doação, antes de estimular a implantação de programas de segregação de materiais visando sua reciclagem.

### 1.3.2.2 Coleta Seletiva

A coleta diferenciada ou seletiva, é extremamente importante e de fato o primeiro passo, para a reciclagem do lixo urbano. Todavia existe a necessidade do envolvimento da

população, para garantir o sucesso de programas de incentivo à mesma, e para que isso aconteça são necessárias algumas medidas por parte da administração pública. Dentre estas se destaca o desenvolvimento de programas de educação ambiental, enfocando os aspectos do lixo, desde sua geração até seu destino final, e sobre o meio ambiente em que se vive (RUBERG & PHILIPPE JR., 1998).

A educação ambiental é extremamente importante no desenvolvimento de uma política de reciclagem. Para que a sociedade participe das atividades de reciclagem do lixo é necessário não só informá-la sobre o assunto mas educá-la para tal. As Secretarias Municipais de Educação têm um papel significativo na implantação de um programa de reciclagem. As escolas, através dos professores e alunos, são potencialmente agentes multiplicadores, através de campanhas públicas, e portanto devem ser o principal foco dos programas voltados para a preservação do meio ambiente e para reciclagem de lixo. O engajamento das organizações não-governamentais, com o apoio do poder público Municipal, em programas de educação ambiental tem alcançado bons resultados (IBAM/CEMPRE, 1996).

No Brasil, embora alguns projetos tenham obtido êxito, a adesão da população à coleta seletiva tem sido lenta, porém gradativa. Contudo, a falta de continuidade das estratégias de incentivo, causam o desinteresse no programa por parte da população, e como conseqüência, a paralisação total ou parcial do processo de segregação dos resíduos nos domicílios atendidos.

Além das dificuldades citadas, a implantação da coleta seletiva implica em gastos com pessoal e materiais didáticos, utilizados para informar e sensibilizar a população a respeito da forma correta de separar o lixo, os benefícios trazidos pela reciclagem, etc. Existe ainda, o aumento dos custos com a coleta de lixo, que passa a ser diferenciada para os materiais secos e para os úmidos, além dos gastos com a colocação de *containers* nos locais públicos como parques e praças, diferenciados de acordo com o tipo de material que deve ser depositado nele,.

Uma grande obstáculo para implantação de programas de coleta seletiva refere-se a falta de interesse das administrações públicas, que usam as dificuldades citadas para justificar uma eventual inviabilidade. Entretanto, não são considerados os casos bem sucedidos que existem no país, assim como os benefícios ambientais, sociais e de saúde pública. Por outro lado, a economia dos recursos naturais não é levada em conta. Quando

são considerados todos esses parâmetros, a relação custo benefício da coleta seletiva torna-se uma alternativa viável.

A prática da coleta seletiva proporciona, além de benefícios ambientais ao economizar recursos naturais e evitar o descarte dos resíduos na natureza, benefícios sociais e econômicos tais como melhoria na qualidade de vida da população. Esta torna-se mais exigente e atuante, rumo à redução na origem, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos e a diminuição dos gastos com saúde pública e futuro tratamento de áreas degradadas.

A coleta seletiva institucionalizada vem sendo implantada em vários municípios brasileiros e pode ser executada de duas formas (RUBERG & PHILIPPE JR, 1998):

- Coleta Seletiva Domiciliar (CSD- porta-a-porta): quando a separação dos materiais secos e materiais úmidos (matéria orgânica), é feita dentro das residências e a coleta é feita em dias previamente determinados para cada tipo de material.
- Postos de Entrega Voluntária (PEVs): quando a população separa o lixo em papel, plástico, vidro e metais, em suas próprias residências, para ser depositado em *containers*, localizados em pontos estratégicos da cidade. Os PEVs são esvaziados regularmente por caminhões coletores.

Após a coleta deve ser feita uma triagem dos materiais e do rejeito em um local específico. Em seguida, tem início os processos de acondicionamento (enfardamento) e armazenamento até a venda para sucateiros e/ou indústrias recicladoras.

### **1.3.2.3 Unidade de Triagem e Compostagem de Lixo Urbano (UTC)**

Uma forma interessante de reciclar o lixo é através da triagem de materiais em Unidades de Triagem e Compostagem de Lixo<sup>1</sup>. Esta preferencialmente, deve ser efetuada paralelamente à consolidação da coleta seletiva, tendo em vista a redução de custo nas etapas posteriores e a melhoria da qualidade dos materiais triados, já que este tipo de coleta gera resíduos com menos impurezas e, portanto, com maior facilidade de comercialização.

As UTCs de lixo urbano podem ser definidas como unidades tecnológicas de baixo custo de implantação e operação, que visam sanar o problema de destino final do lixo

---

<sup>1</sup> *Também chamada de Usinas de Triagem e Compostagem de Lixo, porém alguns autores consideram o termo usina inadequado porque dá a impressão de complexidade, se associada as usinas de açúcar, por exemplo (LESA, 1999).*

urbano, através da triagem dos materiais potencialmente recicláveis (papel, papelão, plásticos, vidro, etc.) e compostagem da matéria orgânica (LESA, 1999).

Em geral, as UTCs trabalham associadas ao sistema de compostagem da matéria orgânica. O lixo urbano ao chegar na UTC sofre um processo de seleção, separando-se a parte inorgânica da orgânica. A parte inorgânica é selecionada visando a reciclagem de materiais de interesse econômico, e a orgânica é destinada ao pátio de compostagem onde é compostada, ou seja, sofre o processo de transformação através da fermentação microbiana aeróbia, maximizando o binômio tempo/qualidade de formação de húmus<sup>1</sup> resultando em uma mistura orgânica bioestável (LESA, 1999).

Os materiais considerados rejeitos, que não são comercializáveis ou compostáveis, e outros resíduos não tratados na UTC são enterrados em valas de rejeito.

MARIBONDO (1997), classifica as unidades, de acordo com o nível de mecanização, como sendo: artesanais, simplificadas, mistas e mecanizadas. As artesanais são aquelas desprovidas de qualquer tipo de equipamento eletromecânico. As simplificadas possuem algum tipo de equipamento eletromecânico no seu processo de alimentação e/ou beneficiamento dos resíduos. As unidades mistas são aquelas que possuem um certo grau de mecanização sem desprezar os trabalhos manuais. As unidades mecanizadas são instalações com alto grau de mecanização e controle do processo de triagem e se prestam para processar quantidades superiores a 100 toneladas de lixo por dia.

Segundo o IBAM/CEMPRE (1996), a instalação de uma UTC deve levar em consideração os seguintes fatores: a) existência de um mercado consumidor para o material reciclável; b) adoção de tecnologia capaz de promover a melhor separação de materiais inertes e a compostagem da fração orgânica; c) um serviço de coleta eficiente e regular; d) disponibilidade de área pública para a sua instalação, observando as leis ambientais sobre o uso do solo; e) capacidade da prefeitura de gerenciar e operar a usina ou de terceirizar a operação.

As UTCs devem ser projetadas baseadas em um relatório de campo para o caracterização dos resíduos sólidos, não esquecendo de levar em conta os aspectos sociais e econômicos e o desenvolvimento populacional da cidade (PEREIRA NETO, 1999).

---

<sup>1</sup> *Produto mais estável das transformações das substâncias orgânicas (PEREIRA NETO, 1996)*

Segundo dados do IBGE (1990), 65,9 % das cidades brasileiras possuem menos de 20.000 habitantes e podem ser consideradas de pequeno porte. Para essas cidades as UTCs simplificadas são recomendáveis, pelo seu baixo custo, implantação e operação simples.

### **1.3.3 INCINERAÇÃO**

De acordo com LIMA (1995), *a incineração é o processo de redução de peso e de volume do lixo através de combustão controlada*. O termo redução, usado na definição deixa claro que a incineração não elimina o lixo, isso porque não há combustão sem que haja formação de resíduos.

A redução do peso e do volume varia de acordo com a tecnologia empregada e a natureza dos resíduos, e geralmente é superior a 90% do volume e a 70% do peso, de acordo com CORSON (1993), citado por CALDERONI (1998). Mais recentemente, o uso da energia liberada com a queima dos materiais está sendo aproveitada, em alguns casos, para produzir eletricidade e vapor (CALDERONI, 1998).

Os incineradores de lixo têm características próprias e dificilmente os demais criados para outra finalidade podem ser adaptados para esse fim. Por sua natureza o lixo requer atenções especiais quer em seu transporte e manuseio, quer em sua preparação para o destino final, portanto, o procedimento mais acertado é projetar um sistema exclusivamente para queimar lixo, LIMA (1995).

As principais limitações do processo de incineração referem-se a: tecnologia relativamente cara se comparada com outras; produção de componentes tóxicos presentes nas cinzas depositadas e suspensas no ar; emissões gasosas e de partículas, incluindo dioxinas e furanos, substâncias consideradas altamente tóxicas e problemas ligados a insatisfação das comunidades circundantes com o odor, a circulação de veículos e a poluição visual, EPA – Environmental Protection Agency, 1998, citada por RIBEIRO (1997).

Outro fator que pode ser considerado limitante é a pressão da opinião pública e de grupos ambientalistas que oferece resistência ao processo. A ação governamental vêm se mostrando cada vez mais sensível a esses inconvenientes e são cada vez mais rigorosas as normas para a instalação e operação de incineradores, CALDERONI (1998).



#### **1.3.4 ATERROS**

Os aterros podem ser classificados pela forma de disposição ou conforme a técnica de operação, da seguinte forma:

- aterros comuns (lixões): método caracterizado pela simples descarga de lixo sem qualquer tratamento em locais também conhecidos como vazadouros. Esse método impróprio de disposição do lixo é o mais prejudicial ao homem e ao meio ambiente, sendo uma prática condenável do ponto de vista sanitário e ambiental (PEREIRA NETO, 1990b). Entretanto, é ainda a forma de destinação final mais usada em países em desenvolvimento como o Brasil;
- aterro controlado: método semelhante ao anterior, com a diferença de que neste caso o lixo, após ser descarregado é coberto com o material inerte, que serve para melhorar o efeito estético e impedir a proliferação de moscas, mosquitos, etc. Todavia, os problemas de poluição gerados pelos mecanismos de formação de líquidos e gases não são levados em consideração e, portanto, este método também é inadequado e prejudicial ao meio ambiente e a saúde pública (LIMA, 1995);
- aterros sanitários: a disposição em aterros é fundamentada em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, e permite que o lixo seja confinado de forma segura, em termos de poluição ambiental e proteção ao meio ambiente, de acordo com a CETESB (1980), citada por LIMA (1995).

As principais vantagens dos aterros são: investimento inicial de implantação e custos de operação relativamente baixos. Destacam-se também a grande flexibilidade operacional pela facilidade de adaptação as necessidades de absorção de alta quantidade de resíduos e ao crescimento populacional. Os fatores limitantes do aterro sanitário podem ser considerados quatro: 1) escassez de áreas adequadas que além de bem localizadas, não comprometam a segurança e o conforto da população; 2) falta de material para cobertura do lixo depositado diariamente; 3) a sensibilidade a variação climáticas; e 4) escassez de recursos humanos habilitados ao gerenciamento (IPT, 1995).

#### 1.4. O PROCESSO DE RECICLAGEM NO BRASIL

A crescente preocupação com os problemas ambientais, associada à escassez de recursos naturais têm levado a sociedade e o seus governantes a pensar mais seriamente sobre a reciclagem do lixo. A mesma pode ser entendida como um bem público, porque propicia um meio ambiente mais saudável (CALDERONI, 1998).

Reciclagem é por definição a recuperação e/ou a reutilização de materiais descartados e, segundo VILHENA (1998), a reciclagem pode ser subdividida em: reciclagem direta, reciclagem indireta e reutilização. A primeira, refere-se a recuperação dos resíduos gerados no próprio processo produtivo como aparas, materiais fora das especificações, etc. A segunda, reciclagem indireta, refere-se a recuperação dos materiais usados e descartados, que após terem sido coletados e separados, são reaproveitados para a mesma finalidade ou outra qualquer. Por fim a reutilização, é o reaproveitamento do material com um mínimo de esforço de reprocessamento, ou seja, sem a utilização de tecnologias complexas, como é o caso das garrafas de vidro.

Os países industrializados são os maiores produtores de lixo, porém são os que mais reciclam. O Japão é um dos países mais engajados na preservação ambiental. O mesmo utiliza 50% do seu lixo sólido, além de reaproveitar a água do chuveiro na privada, por exemplo. Em seguida vem Europa Ocidental que recupera 30% do seu lixo e os Estados Unidos que reciclam 11%. No Brasil, os índices de reciclagem<sup>(3)</sup> são bastante variáveis de acordo com o tipo de material, como mostra o Tabela 1.2.

Embora apenas os materiais inorgânicos tenham sido citados, também pode ser reciclada matéria orgânica. No Brasil, já existem várias unidades de reciclagem e compostagem do lixo orgânico, mas estabelecer um índice de reciclagem nesse caso é praticamente impossível.

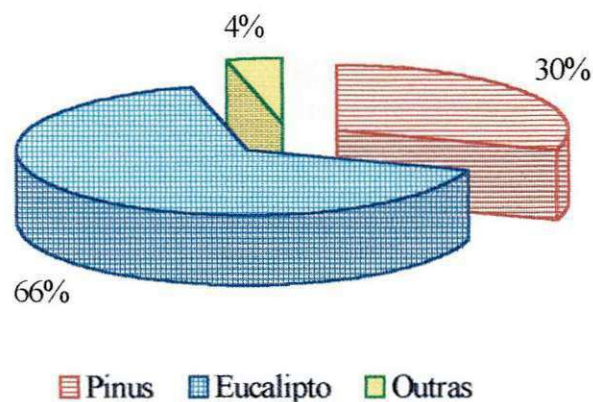
**Tabela – 1.2.** Índices de reciclagem dos materiais no Brasil.

Material	Índices (%)	Fonte
Papel	36	CEMPRE (1998 <sup>a</sup> ).
Papelão	71	CEMPRE (1998 <sup>b</sup> ).
Plástico	15	CEMPRE (1998 <sup>c</sup> ).
Alumínio	70	ABAL (1999).
Metal Ferroso	35	CEMPRE (1998).
Vidro	35	CEMPRE (1998).

#### 1.4.1. RECICLAGEM DE PAPEL/PAPELÃO

O papel é uma suspensão de fibras de celulose, um carboidrato que forma parte da parede celular das plantas. Estas fibras provêm geralmente da madeira, mas outras matérias-primas podem ser usadas, como bagaço de cana, sisal, bananeira, mamona, fibras de coco e palmeiras, algodão, grama e coroa de abacaxi. No Brasil a matéria-prima mais utilizada é a celulose proveniente do eucalipto. Isto se deve ao fato de que o eucalipto alcança a máxima produtividade em apenas sete anos, sua plantação requer um manejo simplificado e as condições climáticas são altamente favoráveis, permitindo uma produtividade expressiva média de 9 toneladas de celulose produzida por hectare/ano (CELULOIDE, 1999). A Figura 1.7, mostra as principais madeiras utilizadas na produção de papel no Brasil.

A reciclagem de papel tem sido função de fatores econômicos e ambientais, entretanto nem todos os papéis (genericamente denominados de aparas) são recicláveis. Além disso, a fibra secundária não substitui totalmente a fibra virgem. Ainda, uma fibra celulósica pode ser reciclada, em média, 5 a 6 vezes, após o que perde suas características de resistência (IPT, 1995).



Fonte: IPT (1995)

**Figura 1.7-** Principais madeiras utilizadas como matéria-prima no processo produtivo na indústria de papel no Brasil.

Um fator limitante para a reciclagem de papel se refere a diversidade de classes, que faz com que haja variação do valor comercial e impossibilita que algumas categorias sejam recicladas, tais como: os papéis para fins sanitários, papéis vegetais, parafinados, carbono,

plastificados e metalizados. Outra restrição é com relação a contaminação, que pode ser por meio de cera, plástico, manchas de óleo, terra, barbantes, colas, etc. E, ainda, um outro fator limitante são as rígidas especificações da matéria-prima, as tintas utilizadas na impressão, assim como o tratamento de ante-umedificação com resinas insolúveis em água. Estes são alguns dos fatores que podem inviabilizar tecnicamente sua reciclagem (CEMPRE, 1998a).

A reciclagem de papéis no Brasil tem alcançado um dos níveis mais elevados do mundo, embora, ainda hoje exiba um desempenho muito aquém do já alcançado por um grande número de países (CALDERONI, 1998).

O valor das aparas varia muito conforme a região e o preparo do material após a separação do lixo, sendo função do tipo e qualidade do produto encaminhado para reciclagem. O ganho obtido com a venda das aparas não é a única justificativa para reciclagem. Na verdade, esse processo dá margem a uma série de benefícios: uma tonelada de aparas pode evitar o corte de 10 a 12 árvores provenientes de plantações comerciais reflorestadas (CEMPRE, 1998a/b). Além disso, reduz 50% o consumo de água e aproximadamente 74% o consumo de energia (CELULOIDE, 1999).

#### **1.4.2 RECICLAGEM DE PLÁSTICO**

Os plásticos são artefatos fabricados a partir de resinas (polímeros) sintéticas derivadas do petróleo, que, pela sua natureza química, caracterizam-se por apresentarem uma grande resistência à biodegradação, tornando-se alvo de críticas quanto ao despejo nos aterros. Esse tipo de material vem crescendo junto com a explosão populacional (IPT, 1995).

No Brasil, segundo o CEMPRE (1998c), 15% dos plásticos rígidos e dos filmes são reciclados. Embora a contribuição do plástico para a viabilidade da reciclagem de lixo em geral seja potencialmente elevada, sobretudo em função da economia de matéria-prima que proporciona, a mesma não é considerada tão atrativa para carrinheiros e catadores devido a relação preço-volume desfavorável (CALDERONI, 1998).

Além dos ganhos com a reciclagem de plástico, com a economia de água, energia elétrica e matéria-prima, há aqueles de difícil mensuração relacionados a diminuição de queima indevida e sem controle, comumente ocorrida nos lixões e que polui o ar com substâncias tóxicas, melhor compactação do lixo, visto que os plásticos por serem

volumosos dificulta a mesma, além de prejudicar a decomposição dos materiais biodegradáveis, pois criam camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica.

Segundo o CEMPRE (1998c) a reciclagem desses materiais sofrem limitações quanto:

- diversidade de resinas plásticas: existem sete famílias de plásticos que muitas vezes não são compatíveis quimicamente entre si, quando misturadas dão origem a materiais de baixa qualidade e fora das especificações técnicas necessárias para retornar à produção de matéria-prima;
- rígidas especificações da matéria-prima: o material encaminhado para reciclagem deve ser livre de contaminantes como gorduras, etiquetas e sujeira em geral. Essa contaminação é frequente com plástico misturado ao lixo, que não é coletado seletivamente.
- diversidade de cores: cerca de 50% dos plásticos existentes no mercado são pigmentados. A separação dos mesmos deve ser feita por cor ou, pelo menos, os impressos devem ser separados dos lisos, para que se obtenha maior valor de venda, procedimento que, na prática, torna-se inviável na maioria dos casos.

### **1.4.3 RECICLAGEM DE VIDRO**

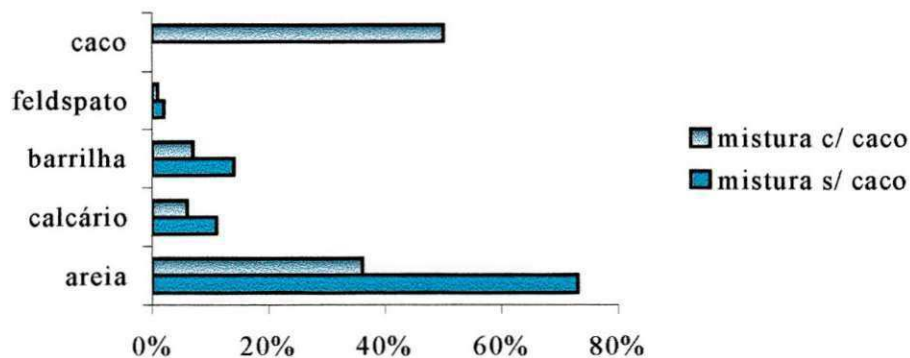
O vidro é um material obtido pela fusão de compostos inorgânicos a altas temperaturas, e resfriamento da massa resultante até um estado rígido, não cristalino. O vidro pode ser 100% reciclado, 1kg de caco de vidro gera 1kg de vidro novo, produzindo uma economia de 1,3 kg de matéria-prima (minérios). A adição de cacos de vidro a composição de vidros novos não só reduz os custos com matéria-prima como também energia, além de aumentar a vida útil dos fornos, visto que ocorre uma redução da temperatura de fusão da massa (ABIVIDRO, 1999). A Tabela 1.3 mostra a economia obtida com a adição de cacos de vidro na composição da massa para produção de vidro novo.

**Tabela 1.3.** Economia obtida com adição de cacos de vidro na composição da massa para produção de vidro novo.

Matéria-prima	Valor (R\$/t)	Mistura s/ caco (R\$/t de vidro)	Mistura c/ 50% de caco(R\$/t de vidro)
Areia	12,00	8,76	4,32
Calcário	8,9	0,98	0,53
Barrilha	321,14	49,16	24,58
Feldspato	110,00	2,20	1,10
Total		61,10	30,53
Economia		R\$ 30,57/t	50%

Fonte: CALDERONI (1998, adaptado)

As principais matérias-primas que compõem o vidro são: areia, barrilha, calcário e feldspato, podendo ser adicionada a essa mistura cacos de vidros, gerados durante o processo produtivo da própria fábrica e/ou comprado de sucateiros (IPT, 1995). A Figura 1.8 mostra as formulações típicas de um vidro comum, tipo soda-cal: a) mistura sem caco; b) mistura com 50% de caco.



Fonte: ABIVIDRO (1999).

**Figura –1.8.** Formulações típicas do vidro tipo soda-cal.

O vidro é um material de difícil degradação, ou não biodegradável, que não é compostado; não é combustível e se funde a 1200 °C, transformando-se em cinzas. Seu efeito abrasivo pode causar problemas aos fornos e equipamentos de transporte (CEMPRE, 1996).

Com relação ao mercado, a indústria vidreira brasileira está apta a adquirir todo o vidro gerado, com qualidade e preços competitivos (ABIVIDRO, 1999). Além da produção de embalagens, a sucata de vidro pode ser usado na composição de asfalto e pavimentação de estradas, construção de sistemas de drenagem contra enchentes, produção de espuma e fibra de vidro, bijuterias e tintas reflexivas.

Uma das principais dificuldades para reciclagem de vidro é o custo do transporte, tendo em vista que o vidro é um material relativamente pesado. Os sucateiros e as vidrarias costumam exigir o mínimo de 10 toneladas para fazer a coleta a uma distância máxima de 400 quilômetros (CEMPRE, 1998f).

#### **1.4.4. RECICLAGEM DE METAIS**

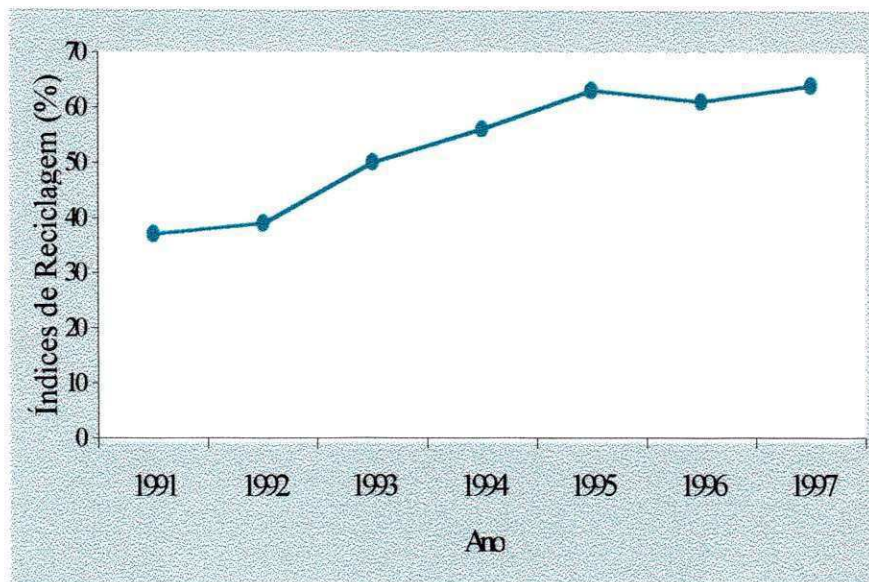
Os metais podem ser definidos como: materiais constituídos de elementos químicos, eletropositivos, brilhantes, bons condutores de calor e eletricidade (Dicionário Aurélio, 1996). O Brasil registrou em 1997 um índice de 34% de reciclagem de metais ferrosos (CEMPRE, 1998e). Semelhante ao plástico, a contribuição para a viabilidade econômica da reciclagem das latas de aço do lixo em geral é potencialmente elevada porém, não é atrativa para catadores e sucateiros devido a relação preço-peso desfavorável; no caso do plástico a baixa atratividade decorre da relação preço-volume (CALDERONI, 1998).

A reciclagem dos metais ferrosos apresenta três grandes vantagens, do ponto de vista ambiental. A primeira diz respeito a degradabilidade: as latas de aço se decompõem em média, num prazo de três anos, voltando a ser óxido de ferro e se reincorporam à natureza, sem prejudicá-la. A segunda refere-se ao magnetismo, pois os metais ferrosos podem ser retirados do lixo por meio de imãs, num processo rápido e econômico, dispensando a separação manual. A terceira, é a possibilidade de ser infinitamente reciclada, sempre voltando ao processo produtivo original (PINTO, 1998).

As limitações da reciclagem dos metais ferrosos estão relacionadas com a contaminação com as impurezas contidas no lixo, principalmente terra e materiais metálicos, como o alumínio. Outra dificuldade se relaciona ao teor de estanho, que não deve ser superior a 22%, quando incorporado na produção de aço (CEMPRE, 1998f).

### 1.5.5. RECICLAGEM DE ALUMÍNIO

O alumínio é por definição um metal prateado, leve, dúctil, resistente a corrosão, com inúmeras aplicações (AURÉLIO, 1996). Dentre os tipos diferentes de embalagens, a lata de alumínio é a que tem apresentado resultados mais significativos em termos de reciclagem no Brasil, tendo em vista o crescimento vertiginoso deste setor nos últimos anos, como mostra a Figura 1.9.



Fonte: ABAL (1999).

**Figura 1.9** – Crescimento do índice de reciclagem de latas de alumínio no Brasil entre 1991 e 1997.

A lata de alumínio é o material reciclável mais valioso, por ser muito mais rentável reduzir o alumínio das latas em lingotes do que produzi-los a partir da bauxita<sup>1</sup> (PINTO, 1998). Além disso o valor agregado a lata de alumínio é devido a redução de 95% da energia na produção de alumínio a partir da mesma (IPT, 1995). Segundo o CEMPRE (1998d), cada lata de alumínio reciclada economiza energia elétrica equivalente ao consumo de um aparelho de televisão durante três horas.

Outro fator significativo na reciclagem desse material refere-se ao processo para obtenção de alumínio a partir da reciclagem: polui 95% menos o ar e 97% menos a água

<sup>1</sup> A bauxita é o minério de alumínio responsável pela quase totalidade da produção de alumínio primário. São necessário cinco toneladas de bauxita para se produzir uma tonelada de alumínio (ABAL/LATASA, 1999).



(POWELSON, 1992 citado por CADERONI, 1998). Além disso, tem-se uma economia de 5t de bauxita para cada tonelada de alumínio reciclada (LATASA, 1999). Devido ao valor comercial relativamente alto desse tipo de material, a quantidade que chega as unidades de triagem de lixo, ou mesmo aos lixões, é mínima e, geralmente não ultrapassa 1%. Isto ocorre devido a ação dos catadores e sucateiros que se organizam para coletar as latas antes da coleta pelas administrações municipais.

A principal limitação desse tipo de material diz respeito a contaminação que reduz o seu valor. As latas, quando misturadas ao restante dos resíduos presentes no lixo como matéria orgânica, plásticos, vidros areia, etc, têm dificultado sua recuperação para usos mais nobres (CEMPRE, 1998d).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Esta pesquisa foi desenvolvida no município de Viçosa - MG, na Universidade Federal de Viçosa-UFV junto ao Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – LESA.

O trabalho de campo, que compreendeu a avaliação do Sistema de Tratamento de Lixo de Coimbra, foi efetuado no Município de Coimbra - MG, na zona urbana do município e na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo. A coleta de dados teve início no mês de fevereiro de 1999 e término no mês de outubro do mesmo ano.

#### **2.1 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE COIMBRA**

O município de Coimbra está situado na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Faz parte da Microrregião Mata de Viçosa. Sua superfície é de 106,9km<sup>2</sup>. Apresenta limites com os municípios de Ervália, São Geraldo, Paula Cândido, Cajuri e São Miguel do Anta. A cidade de Coimbra, que está a uma altitude de 716m, tem como coordenadas geográficas o paralelo de 20° 51' 22" latitude sul e o meridiano de 42° 48' 06" longitude oeste. Dista 15km de Viçosa, 10km de Visconde do Rio Branco, 66km de Ponte Nova, 155km de Juiz de Fora, 240km de Belo Horizonte e 380km do Rio de Janeiro.

#### **2.2 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS**

A cidade de Coimbra possui 6.103 habitantes sendo, 3.330 moradores da zona urbana e 2.773 da zona rural. As taxas de crescimento são as seguintes: total 2.19%, urbana 2.49% e rural 1.92%. O grau de urbanização do município é de 54,56% e a densidade demográfica 57,28 hab/km<sup>2</sup>. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) registrado em 1991 foi de 0,58%, segundo o IBGE (1996).

As principais atividades econômicas são a agricultura e a pecuária, com destaque para o cultivo de tomate, feijão, café, milho e arroz; criação de gado de corte e leite, produção de queijo e doces, criação e comercialização de suínos e frangos. O município conta ainda com pequenas indústrias de beneficiamento (café, feijão e tomate), serrarias, indústrias de móveis e moinhos de fubá.

### **2.3. AVALIAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO**

Nesta etapa foram avaliados, através de documentos e registros, os dados levantados para compor o projeto executivo. Esses documentos foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de Coimbra (MG) e junto ao Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental - LESA da UFV, que presta assessoria por convênio a mais de 300 municípios do estado, inclusive à Coimbra, onde foi executado o projeto pioneiro.

#### **2.3.1 USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DE COIMBRA (MG)**

A Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Coimbra (MG) está situada na localidade conhecida como Praça de Esporte, distante 1,8 km do centro urbano do município. Possui área igual a 10.000 m<sup>2</sup> e é composta por mesa de triagem, galpão para armazenar o materiais recicláveis, pátio de compostagem, área de circulação, escritório, depósito de ferramentas, banheiros, jardins e áreas para futuras ampliações. Ao lado da usina foi construída uma vala onde os materiais considerados rejeito são aterrados.

A usina funciona de segunda a sexta-feira de 7:00 às 16:00hs e aos sábados de 7:00 as 11:00hs. Atualmente a usina conta com 08 (oito) funcionários: 01 (um) encarregado e 07 (sete) auxiliares, sendo que 04 (quatro) deles também participam da coleta do lixo.

### **2.4. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (LIXO)**

A caracterização do lixo gerado atualmente pelo município de Coimbra foi feita em duas etapas. Na primeira etapa de trabalho foram feitas 12 caracterizações em semanas alternadas (no período de segunda a sábado). Esta fase foi desenvolvida no mês de fevereiro de 1999 (de 8 a 13 e de 22 a 27). Na segunda etapa de trabalho foram feitas 6 caracterizações. Esta foi desenvolvida no mês de outubro do mesmo ano (de 25 a 30). As

mesmas compreenderam a determinação dos valores quantitativos, em peso e em percentual, dos diversos materiais que compõem o lixo que chega a usina diariamente para a determinação da composição gravimétrica.



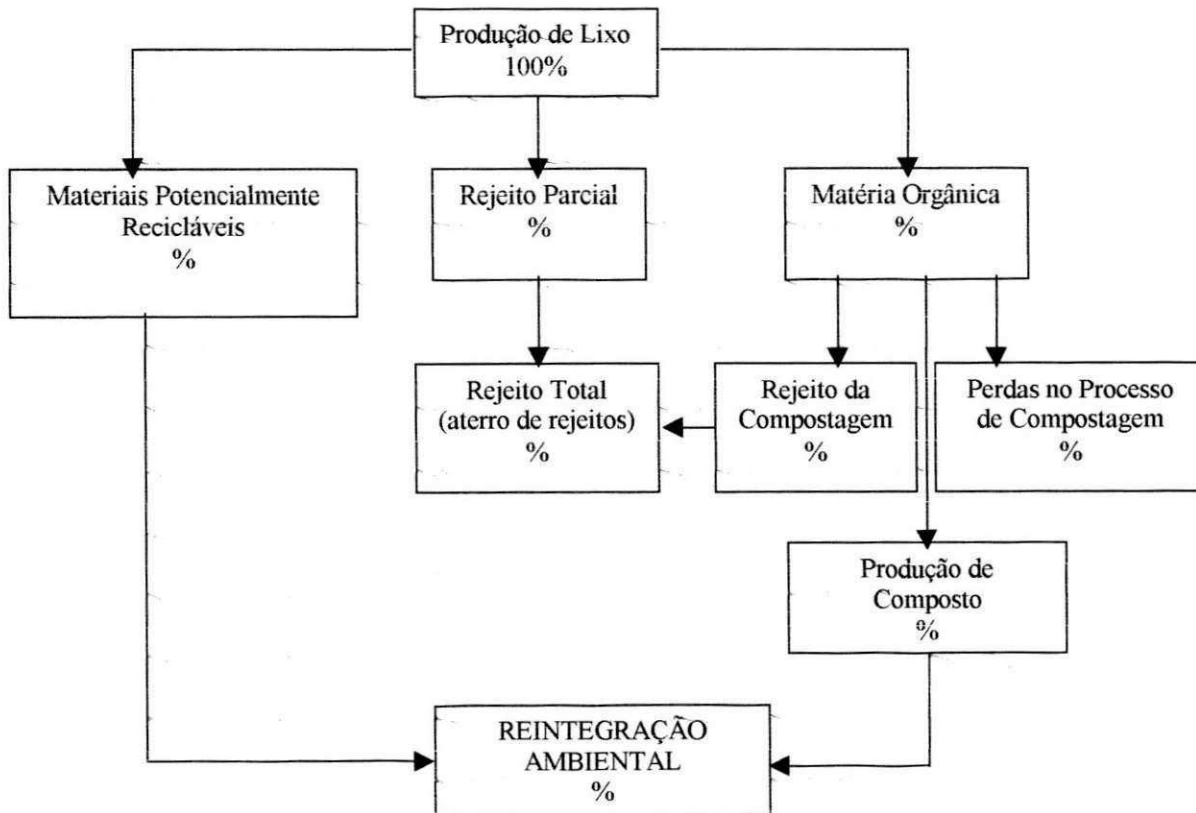
**Figura 2.1** - Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).

A metodologia empregada foi a seguinte: a produção diária de lixo foi descarregada do caminhão para o pátio da usina. Logo em seguida os resíduos passaram por um processo de triagem onde foram classificados em: plásticos, papel/papelão, vidro, alumínio, metal, matéria orgânica e rejeito, na primeira etapa; e em plástico fino, plástico rígido, PET, papel, papelão, vidro, alumínio, lata de aço, ferro, matéria orgânica e rejeito, na segunda etapa. Após a separação manual do lixo, deu-se início a pesagem, em separado, de cada constituinte em uma balança Filizola, com capacidade nominal de 150 kg e precisão de  $\pm 2,5$  kg.

Logo em seguida, a partir dos dados da composição gravimétrica, foi feito um balanço de massa para determinar a quantidade de resíduos que é reintegrada ao meio ambiente (recicláveis e composto), conforme Figura 2.2.

A partir da composição gravimétrica também foi feita a determinação da contribuição per capita, utilizando a seguinte expressão:

$$Per\ capita = \frac{\text{peso total do lixo coletado}}{\text{população atingida} \times \text{dia}} \quad (2.1)$$



**Figura 2.2** – Fluxograma utilizado para calcular o balanço de massa do lixo do município de Coimbra (MG) em agosto de 1993, fevereiro e outubro de 1999.

## 2.5. AVALIAÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL DA USINA

Esta avaliação foi feita através do levantamento de dados relativos ao funcionamento da usina como um todo:

### 2.5.1 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRIAGEM

A avaliação da eficiência foi feita a partir da análise visual e verificação através da quantidade de rejeito dos materiais inertes, assim como a quantidade de rejeito obtido com o peneiramento do composto após a maturação.

## **2.5.2 EVENTUAIS FALHAS NO SISTEMA**

As falhas do sistema foram averiguadas, através de pesquisa junto aos funcionários responsáveis pela administração da usina, em relação aos problemas surgidos eventualmente, no decorrer dos cinco anos de operação, buscando-se as causas da existência dos mesmos, assim como quais seriam as mudanças necessária para solucioná-los.

## **2.5.3 QUALIDADE DO COMPOSTO PRODUZIDO**

Foram feitas análises laboratoriais para determinação da composição física, físico-química e bacteriológica do composto.

### **2.5.3.1 Densidade**

Para determinação da densidade do composto, utilizou-se um recipiente de volume conhecido, o qual foi completamente cheio. O cálculo da densidade foi efetuado utilizando a razão entre o peso do material determinado e o volume conhecido do recipiente. Esse procedimento foi repetido três vezes e efetuada uma média aritmética para obter o resultado final da densidade.

### **2.5.3.2 Teor de Umidade**

A metodologia e os equipamentos utilizados para a avaliação do teor de umidade do composto, são descritos a seguir, sendo efetuadas três repetições, e obtenção da média aritmética:

- I. pesar aproximadamente 25g da amostra *in natura* e acondicionada em frasco de porcelana ou aço inoxidável (foi utilizada balança de precisão – Mettler modelo PC440);
- II. colocar em estufa (utilizou-se uma Gallenkamp modelo 2381) a  $100 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante 24hs;
- III. retirar as amostras, colocar em dessecador por aproximadamente 15 minutos para o completo resfriamento (este procedimento se faz necessário para que o material volte à temperatura normal sem incorporar a umidade do ambiente);
- IV. pesar novamente a amostra.

O teor de umidade foi obtido a partir da seguinte equação:

$$\text{Teor de Umidade (\%)} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \quad (2.2)$$

onde: P1: peso inicial da amostra

P2: peso final da amostra

### **2.5.3.3 Teor de Sólidos Voláteis**

Para a determinação do teor de sólidos voláteis do composto, foi adotada a seguinte metodologia (APHA et al, 1995) e equipamentos:

- I. triturar e peneirar, em malha de 18mm, a amostra no laboratório (amostra in natura seca em estufa por 24hs);
- II. pesar aproximadamente 2g desse material, acondicionado em cadinho de porcelana (utilizou-se balança de precisão – Mettler modelo PC440);
- III. colocar em uma mufla (Quimis modelo Q318D24) mantida a  $550 \pm 5^\circ\text{C}$ , onde permanece nesta temperatura por 2hs, para completa calcinação;
- IV. retirar as amostras e colocar em um dessecador, por aproximadamente 40 minutos até o resfriamento;
- V. pesar novamente.

O teor de sólidos voláteis foi obtido a partir da média aritmética de três repetições, fazendo-se a seguinte relação:

$$\text{Teor de Sólidos Voláteis (\%)} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \quad (2.3)$$

Onde: P1: peso inicial da amostra

P2: peso final da amostra

### **2.5.3.4 Teor de Sólidos Fixos**

Os sólidos totais (100% da amostra) correspondem a soma dos sólidos voláteis (SV) e dos sólidos fixos (SF). Portanto, o teor de sólidos fixos foi determinado a partir dos valores dos sólidos totais e dos voláteis previamente obtido, através da seguinte expressão:

$$SF = 100\% - SV \quad (2.4)$$

### **2.5.3.5 Carbono Orgânico Total**

Para determinar a concentração de carbono orgânico total (COT) do composto, foi utilizada a expressão proposta por GOLUEKE (1977). Nesta expressão, a concentração de COT foi estimada através da seguinte relação:

$$COT = SV/1,8 \quad (2.5)$$

onde: SV: teor de sólidos voláteis

1,8: fator de correlação constante

### **2.5.3.6 pH**

Para a determinação do pH foi utilizada a metodologia descrita a seguir:

- I. pesar, um bequer 10g da amostra *in natura* recém preparada (utilizou-se balança de Precision modelo PR500);
- II. adicionar 250 ml de água destilada;
- III. com o auxílio de um bastão de vidro, agitar manualmente a mistura por 3min;
- IV. deixar em repouso por aproximadamente 5 minutos;
- V. filtrar a solução em material de porosidade adequada;
- VI. determinar o pH da solução filtrada (utilizou-se potenciômetro digital – Quimis modelo 400 A – equipado com eletrodo combinado com referência interna de Ag/AgCl).

### **2.5.3.7 Análises Químicas**

Para a preparação das amostras destinadas à avaliação da concentração de macro e micro-nutrientes, procedeu-se segundo a seguinte metodologia:

- I. Em bandejas de aço inoxidável, colocar aproximadamente 500g da amostra *in natura*;



- II. colocar as bandejas em estufa a 65°C, permanecendo por 24hs (estufa Gallenkamp modelo 2381);
- III. Após esse período, retirar as amostras, acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e vedados.

Essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da UFV para as análises de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, etc.

#### **2.5.3.8 Análises Bacteriológicas**

Para a avaliação da contaminação bacteriana do composto, optou-se pela determinação de estreptococos fecais como organismos indicadores de contaminação, por apresentarem características de maior tolerância: crescem em presença de sais biliares a temperaturas de 10 a 45°C, e ainda se desenvolvem em concentrações de 6,5% de NaCl e um pH em torno de 9,0 (CEBALLOS, 1995).

As amostras destinadas às análises bacteriológicas seguiram um critério diferenciado para a coleta, face ao maior rigor imposto à execução dessa avaliação. Essas amostras foram coletadas separadamente, utilizando material específico devidamente esterilizado. Cada amostra, contendo cerca de 15g do material, foi coletada aleatoriamente em vários pontos da pilha de composto maturado, e acondicionada em frasco estéril vedado e imediatamente encaminhadas ao laboratório para a execução das análises.

A técnica utilizada foi Membrana Filtrante, utilizando o meio m-Enterococcus agar (DIFCO) com incubação a 37°C por 48hs (APHA et al, 1995).

#### **2.5.4 PRODUTIVIDADE**

A produtividade foi avaliada através da quantidade de composto gerada, de materiais recicláveis obtidos e de rejeito produzido, assim como a produtividade operacional através da quantidade (kg) de lixo triado/hora.operário.

### **2.5.5 RECEITA**

Foi feito o levantamento do valor agregado a cada tipo de material reciclável e ao composto orgânico. A partir desses valores, juntamente com os da produção mensal de cada um deles foi calculado o valor da receita.

### **2.5.6 MERCADO**

Foram feitos levantamentos junto ao funcionário encarregado da usina, a fim de conhecer quais eram os principais compradores dos materiais recicláveis, e quais são as principais dificuldades de venda.

### **2.5.7 CUSTOS**

Foram contabilizados todos os custos para operação e manutenção da usina, tais como: folha de pagamento dos funcionários, água, luz, reposição de peças e equipamentos, etc. Em seguida, foi feito um balanço entre os custos e a receita, a fim de determinar os percentuais de custo recuperados com a venda dos recicláveis e do composto produzidos na usina.

## **2.6. AVALIAÇÃO SÓCIO - ECONÔMICA**

Para esta avaliação foram feitas entrevistas junto a população do município, objetivando identificar: a maneira como os munícipes manejam os resíduos sólidos no âmbito das residências; a eficiência da coleta; limpeza dos logradouros; nível de informação e conscientização dos entrevistados com relação a produção, destino final, e problemas causados pela má disposição do lixo; e nível de satisfação da população com usina de reciclagem e os serviços prestados pela UFV/LESA.

Foram considerados, na avaliação da viabilidade econômica da reciclagem do lixo, os benefícios envolvidos no processo, no que diz respeito a: economia de energia elétrica, diminuição do consumo de água, economia dos recursos naturais, e melhoria na qualidade de vida do cidadão.

### **2.6.1 ROTEIRO DE ENTREVISTA**

O roteiro de entrevista foi elaborado com base em alguns parâmetros que caracterizam o comportamento das pessoas no âmbito da residência, ao gerar e manejar o lixo e os serviços de limpeza urbana prestados pela prefeitura e pela UFV/LESA. O roteiro foi dividido em blocos para facilitar o agrupamento dos dados, a saber: identificação do entrevistado, forma de acondicionamento do lixo, limpeza do logradouro e nível de conscientização do entrevistado.

As situações com as quais as pessoas lidam e que mereceram destaque na entrevista foram: a) manejo de resíduos sólidos (recipiente, dificuldades, sugestões); b) informações disponíveis sobre o lixo; c) critérios para aquisição de bens de consumo; d) geração de lixo. O roteiro de entrevista foi elaborado de forma bastante criteriosa tentando abordar a maioria dos aspectos que permitissem avaliar os problemas sociais. Este era composto por quarenta e duas perguntas contento esses aspectos. Outras sete perguntas foram relacionadas a dados pessoais do entrevistado.

#### **2.6.1.1 Teste do Roteiro de Entrevista (Pré-teste)**

Após a elaboração do roteiro de entrevista foram feitos dois testes, em condições semelhantes, com duas donas de casa que não faziam parte da amostra escolhida, a fim de verificar possíveis dificuldades de compreensão das perguntas e o tempo médio de duração das entrevistas. O primeiro teste foi feito com uma dona de casa de baixa escolaridade e baixo nível social, que habitava em uma rua residencial, no centro de Viçosa. O segundo teste foi feito a uma dona de casa com nível superior completo e de classe média, que habitava em um condomínio no centro da mesma cidade. Os resultados dos testes possibilitaram uma adequação de algumas questões e uma melhor a formulação das mesmas. O roteiro de entrevista na forma final é apresentado no Anexo 1.

Por não se encontrar na bibliografia trabalhos desse gênero, que orienta na montagem do questionário para avaliação da eficiência de sistemas de tratamento de lixo, foi criado um roteiro de entrevista com formulações do próprio LESA, adaptadas a partir de questões sugeridas por MANDELLI (1997).

## **2.6.2 PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA DOS LOCAIS DE ENTREVISTA**

Inicialmente foi feito um mapa da cidade indicando quais os pontos de coleta de lixo em via pública e com que frequência a mesma ocorria. Em seguida foram escolhidas algumas ruas e residências para aplicação do roteiro da entrevista.

### **2.6.2.1 Procedimento para escolha das ruas**

A escolha das ruas foi feita em função de três critérios básicos: ser regularizada pela prefeitura municipal; ser residencial; e oferecer condições que facilitassem a coleta de dados pelo pesquisador. Outras duas variáveis: a) frequência de coleta e b) tipo de calçamento.

a) Frequência de coleta (V1):

- V1a: diária
- V1b: três vezes por semana
- V1c: duas vezes por semana

b) Tipo de calçamento (V2):

- V2a: asfalto
- V2b: paralelepípedo/poliédrico
- V2c: inexistente (terra)

A partir dessas variáveis foi estabelecida a seguinte configuração para escolha das ruas nas quais se aplicaram as entrevistas:

- uma rua com: V1a e V2a
- uma rua com: V1a e V2c
- uma rua com: V1b e V2c
- uma rua com: V1c e V2b
- uma rua com: V1c e V2c

Total de ruas = 5

### **2.6.2.2 Procedimento para escolha das residências**

As residências foram escolhidas em função de uma única variável, distância entre a mesma e a lixeira pública.

- V3a: perto
- V3b: longe

A partir dessa variável foi estabelecida a seguinte configuração para escolha das residências nas quais se aplicaram as entrevistas:

- três residências com V3a
- três residências com V3b

Total de residências = 30

### **2.6.3. EQUIPE DE ENTREVISTADORES**

Para fazer as entrevistas foi criada uma equipe de cinco pessoas: a responsável pela pesquisa e quatro estagiários do LESA. Após a formação da equipe, foi feita uma reunião para explanação dos objetivos e da metodologia a ser empregada na aplicação do roteiro das entrevistas.

### **2.6.4. REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS**

Os sujeitos escolhidos para verificação das condições de manejo dos resíduos sólidos no âmbito das residências foram as pessoas residentes das trinta casas, previamente determinadas, responsáveis pela administração do lar.

Para a coleta das informações, foram utilizados os roteiros de entrevista. Para os registros das respostas, foram utilizadas lapiseiras comuns, canetas esferográficas e folhas de papel ofício. Cada folha continha de seis a dezesseis perguntas com espaços em branco para registrar as respostas correspondentes. Para o registro fotográfico das condições dos logradouros e das lixeiras públicas foi utilizada uma máquina fotográfica YASHICA MG-motor e filme Kodak.

O contato inicial com os entrevistados foi feito mediante uma carta de apresentação da pessoa do Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – LESA, que fez a

entrevista. O entrevistador ao se apresentar, após os cumprimentos formais, solicitou a presença da pessoa responsável pela administração da residência. Em seguida foi feita a identificação do entrevistador e a explanação dos objetivos da entrevista, para então dar início a entrevista propriamente dita.

Em todas as entrevistas o sujeito indicou o local para a sua realização: cozinha, sala de estar ou seu local de trabalho. O entrevistador deu início com uma explanação sobre a relevância da pesquisa e a importância da participação do sujeito na mesma. Em todos os contatos, as perguntas seguiram o roteiro de entrevista estabelecido. Não foi estipulado prazo para a duração das respostas. O pesquisador não induziu, censurou ou interrompeu a resposta do entrevistado. Todas as respostas, mesmo as que continham opiniões, expressões, relatos, dúvida e/ou sugestões foram registradas. O entrevistador sempre que necessário (quando o sujeito não entendia uma questão ou mostrava dificuldades para se expressar), repetia a pergunta e, se fosse o caso, a mesma era feita de outra maneira, utilizando sinônimos ou explicações adicionais.

#### **2.6.5 VIABILIDADE ECONÔMICA**

Na avaliação da viabilidade econômica foi feita uma pesquisa bibliográfica a respeito dos benefícios obtidos com o processo da reciclagem do lixo, referente aos ganhos do governo, da indústria, da população e do meio ambiente com relação a: economia de energia elétrica, diminuição do consumo de água, economia dos recursos naturais, e melhoria na qualidade de vida do cidadão.

#### **2.7. COMPOSIÇÃO DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO SISTEMA**

Nesta etapa foram confrontados os dados do projeto executivo com os dados atuais, observando quais foram as metas atingidas ao longo dos cinco anos de operação e quais objetivos não foram alcançados, a fim de poder avaliar a viabilidade técnica e sócio-econômica do projeto implantado em Coimbra e quais as melhorias que poderão ser adotadas em projetos futuros.

## CAPÍTULO III

### APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 AVALIAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO

##### 3.1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE COIMBRA (MG) - PROJETO EXECUTIVO (AGOSTO, 1993)

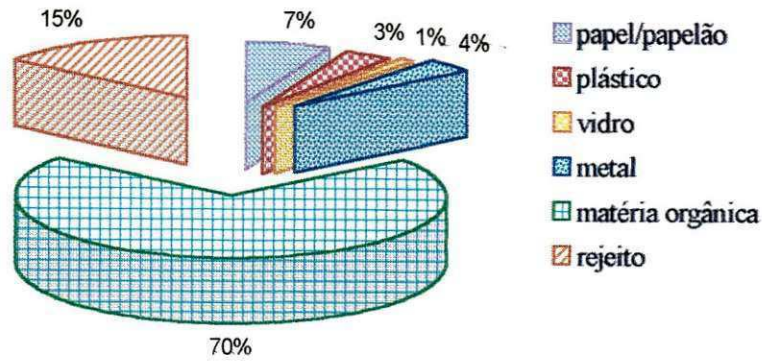
A Tabela 3.1 e a Figura 3.1 mostram os resultados da caracterização dos resíduos sólidos, feita pela equipe técnica do LESA- Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (MG) em 1993 para obtenção dos dados necessários ao projeto de implantação da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).

**Tabela 3.1**– Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG). Valores (em massa e porcentagem) dos componentes do lixo nos dias 16, 20, 22 e 28 de setembro de 1993.

<b>Data</b>	<b>Dia I</b>	<b>Dia II</b>	<b>Dia III</b>	<b>Dia IV</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
<b>Componente (kg, (%))</b>	<b>16/07/93</b>	<b>20/07/93</b>	<b>22/07/93</b>	<b>28/07/93</b>	<b>diária</b>	<b>diária</b>
					<b>(kg)</b>	<b>(%)</b>
papel/papelão	44 (6,5)	33 (6,3)	53 (7,5)	34 (5,5)	41	6,4
plástico	20 (3,0)	18 (3,5)	27 (3,8)	20 (3,2)	21	3,4
vidro	7 (1,0)	8 (1,5)	10 (1,4)	5 (0,8)	8	1,2
metal	17 (2,5)	26 (5,0)	32 (4,5)	18 (2,9)	23	3,7
tecido*	4 (0,6)	3 (0,6)	5 (0,7)	5 (0,8)	4	0,7
mat. orgânica	485 (71,7)	362 (69,9)	491 (69,4)	445 (72,0)	446	70,8
inclassificável*	99 (14,6)	70 (13,5)	89 (12,6)	91 (14,7)	87	13,8
<b>total</b>	<b>676</b>	<b>520</b>	<b>707</b>	<b>618</b>	<b>630</b>	<b>100</b>
<b>produção (kg/h/op.)**</b>	<b>92</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>45</b>	<b>58</b>	

\*Materiais considerados rejeitos, ou seja, sem nenhum valor comercial.

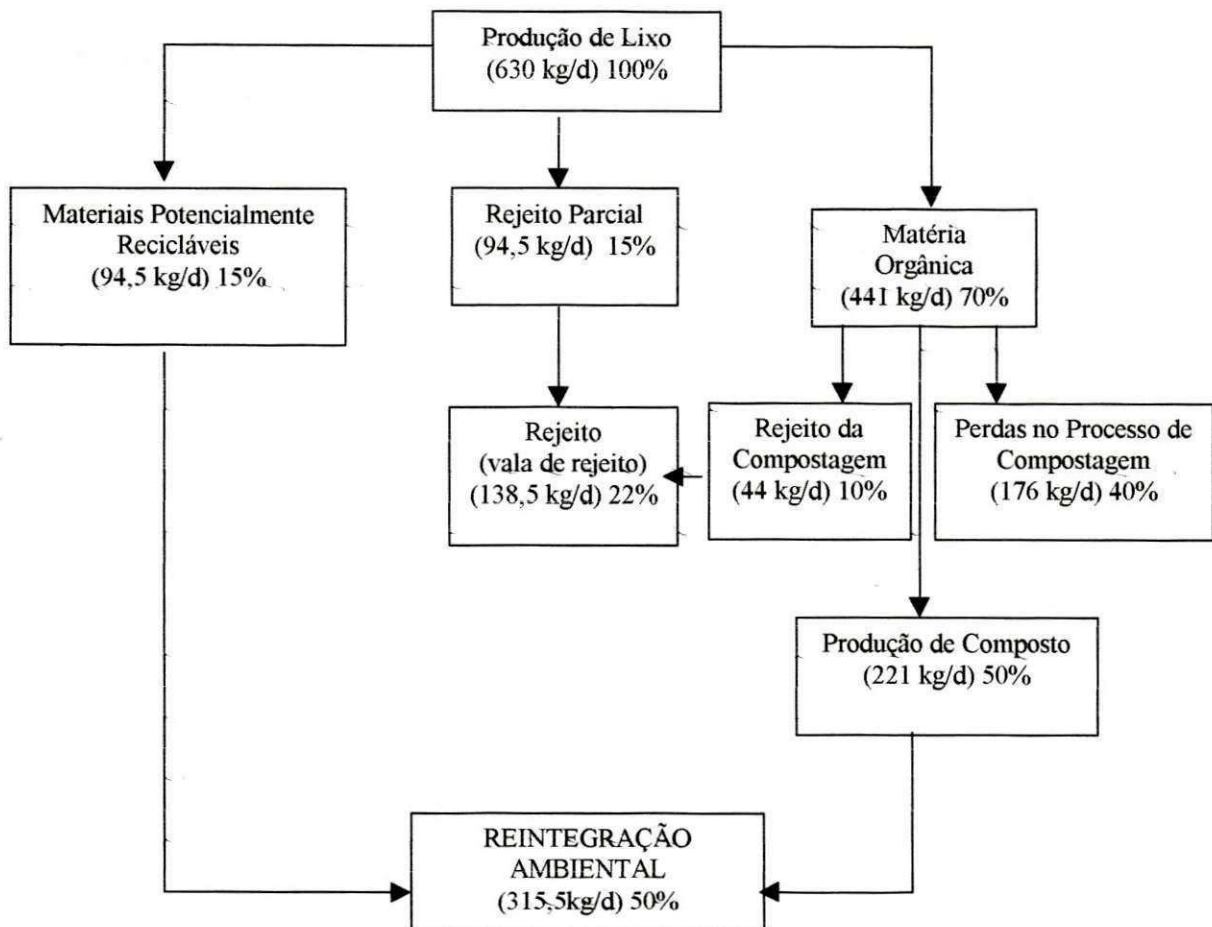
\*\*A produção se refere a quantidade média de lixo por hora por operário.



Obs: Média de seis repetições.

**Figura 3.1** – Caracterização gravimétrica do lixo na cidade de Coimbra (MG) em agosto de 1993.

A Figura 3.2 mostra o balanço de massa feito pelos técnicos do LESA por ocasião da implantação da Usina de Triagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) em 1993.



**Figura 3.2** - Balanço de massa do lixo do município de Coimbra (MG) em agosto de 1993.



Observa-se na Figura 3.2 que a reintegração ambiental do lixo, com a reciclagem e compostagem, foi de 50%. Este valor indica a viabilidade de implantação de uma Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo que, segundo PEREIRA NETO (1997a), é viável a partir de 40% de reintegração ambiental do lixo produzido em um município.

### **3.1.2 USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DE COIMBRA (MG).**

De posse dos dados da caracterização do lixo, do balanço de massa e de estudos da variação população, foi feita a opção pela construção de uma Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de baixo custo por ser de fácil operação e manutenção e capaz de eliminar ou pelo menos reduzir bastante os problemas dos lixões. Além disso, a tecnologia empregada foi nacional, simples, econômica e funcional, e de fácil controle operacional visto que Coimbra dista apenas 18km da Universidade Federal de Viçosa.

A usina foi implantada numa área igual a 10.000 m<sup>2</sup> e composta por mesa de triagem, galpão para armazenar o materiais recicláveis, pátio de compostagem, área de circulação, escritório, depósito de ferramentas, banheiros, jardins e áreas para futuras ampliações. Ao lado da usina foi construída uma vala onde os materiais considerados rejeito são aterrados.

O prazo de execução das obras foi de 90 dias e a mão de obra utilizada foi da própria prefeitura. Os custos foram: R\$ 2.000,00 pagos a UFV a título de repasse de tecnologia e assessoria técnica e R\$ 12.000,00 com mão-de-obra e materiais de construção.

Inicialmente os equipamentos utilizados na usina foram: uma prensa hidráulica construída pela própria prefeitura, uma balança com capacidade para 200kg e ferramentas manuais como pá, carrinho de mão, enxada e vassouras.

### **3.1.3 ATIVIDADES PARALELAS À CONSTRUÇÃO DA USINA**

Paralela à construção da usina foi implantado no município o “Projeto Reciclar” com objetivo de educar, conscientizar, divulgar e incentivar as pessoas a participarem do projeto da usina aderindo a coleta diferenciada, facilitando o trabalho dos funcionários da usina e melhorando a qualidade dos materiais recicláveis para obtenção de melhores preços no mercado.

Estas atividades foram feitas através de palestras proferidas por técnicos da UFV/PMC nos clubes, igrejas e escolas, e da divulgação porta a porta fazendo esclarecimentos e distribuindo folders e panfletos às donas de casa, com informações de como colaborar. Além disso todas as crianças matriculadas na rede municipal e estadual de ensino fizeram uma visita a usina para conhecerem o trabalho ali realizado e a importância da reciclagem e da separação do lixo no local onde ele é produzido (residências, comércio, etc.).

Para implantação da coleta diferenciada, foram distribuídos ao longo de todas as ruas da cidade tambores de 200 litros, colocados dois a dois, a cada 30 m de distância. Estes tambores foram pintados nas cores amarelo e azul. O azul, para depósito de lixo seco (materiais inertes) e o amarelo para depósito de lixo úmido (matéria orgânica).

Por não haver continuidade das campanhas educativas, a coleta diferenciada deixou de existir. Atualmente, o lixo seco e o úmido chegam a usina misturados, dificultando a triagem e desvalorizando os materiais recicláveis. Segundo o encarregado da usina, se a coleta fosse feita na calçada das residências a adesão da população à coleta diferenciada seria maior. Ele afirma que, os munícipes resistem a idéia de ter que se dirigir a lixeira pública com vários volumes e sendo assim misturam tudo em um mesmo recipiente.

A Prefeitura atual vem tentando retomar o “Projeto Reciclar” através de novas campanhas educativas, principalmente nas escolas. Uma das atividades existentes na escola municipal é a “Patrulha do Lixo” onde, a cada dia, crianças de classes diferentes são escaladas para “patrulhar” as outras crianças durante o intervalo, afim de evitar que joguem lixo em locais inadequados; caso isso aconteça o aluno é advertido sobre a forma correta de acondicionar o lixo na tentativa de inculcar no mesmo uma consciência ecológica.

#### **3.1.4 RESULTADOS PRETENDIDOS E ALCANÇADOS COM IMPLANTAÇÃO DA USINA**

Os principais objetivos da implantação da usina foram: a) melhoria das condições ambientais do município, b) melhorias das condições sanitárias da população, c) melhoria dos serviços de limpeza urbana, d) adoção de medidas que proporcionem a economia de energia elétrica e recursos naturais, e) tratamento adequado do lixo a um custo mínimo, f) mobilização da comunidade no que diz respeito a resolução conjunta dos seus problemas

com lixo e educação ambiental, e g) estabelecimento de projetos como reflorestamento, hortas comunitárias, etc. pela utilização de composto orgânico.

Com exceção dos projetos de hortas comunitárias e mobilização da comunidade, que obtiveram êxito parcial, os demais objetivos foram completamente atingidos. Destacam-se os seguintes resultados:

- eliminação total da lixeira que existia as margens do curso d'água que abastece a comunidade e que estava localizada na entrada principal da cidade, a menos de 50 m das residências;
- eliminação de moscas, ratos, baratas, etc. juntamente com a lixeira;
- diminuição das doenças relacionadas ao lixo (informação pessoal da Prefeitura de Coimbra);
- melhoria significativa da limpeza da cidade;
- coleta e tratamento adequado de 100% do lixo produzido na zona urbana da cidade;
- diminuição em torno de 75% do lixo que tem como destino final o aterro, reduzindo de forma acentuada os custos;
- diminuição da poluição do solo, da água e do ar uma vez que o lixo enviado para o aterro é inerte. Não há queima de material, evitando que a fumaças tóxicas sejam lançadas no ar;
- aumento no sentimento de cidadania e satisfação dos munícipes com relação ao sistema de tratamento de lixo adotado na cidade;
- divulgação da cidade a nível nacional e internacional como exemplo de manejo de resíduos sólidos, com visitas de representantes da O.N.U e de todo país, por se tratar de um trabalho pioneiro;
- custos de manutenção e operação mínimos.

### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE COIMBRA (MG) EM 1999**

As Tabelas 3.2 a 3.5 e as Figuras 3.3 a 3.6 apresentam os resultados atuais da caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Coimbra

(MG). Esta caracterização foi feita em duas etapas. A primeira fase foi desenvolvida no mês de fevereiro de 1999 (dias 8 a 13 e 22 a 27), caracterizando-se esta época como um período de alta precipitação pluviométrica. A segunda foi desenvolvida no mês de outubro do mesmo ano (dias 25 a 30), caracterizado como um período seco. Esses dados foram coletados afim de avaliar as flutuações da quantidade de lixo nos diferentes dias da semana.

Observa-se que tanto na primeira como na segunda fase a matéria orgânica se manteve como o principal componente do lixo para todos os dias de estudo, correspondendo em média ao percentual de 52%, com oscilações entre 41 e 57%. Este valor está abaixo da média encontrada em cidades do porte de Coimbra (MG). Isto se deve ao fato (constatado) de que uma parcela considerável da população utiliza restos de comida para alimentar animais como galinhas e/ou porcos.

Após a matéria orgânica, o papel/papelão foi o constituinte em maior quantidade (12% com valores médios variando entre 7 e 17%). Segue o plástico, com 7% em média, com mínimo de 3,7% e máximo de 9,0%. O alumínio é o constituinte presente em menor quantidade no lixo de Coimbra e demais cidades brasileiras, devido a ação dos catadores, tendo em vista seu valor comercial elevado em relação aos outros constituintes: correspondeu a 0,9% do lixo, com variação entre 0,3 e 1,2%.

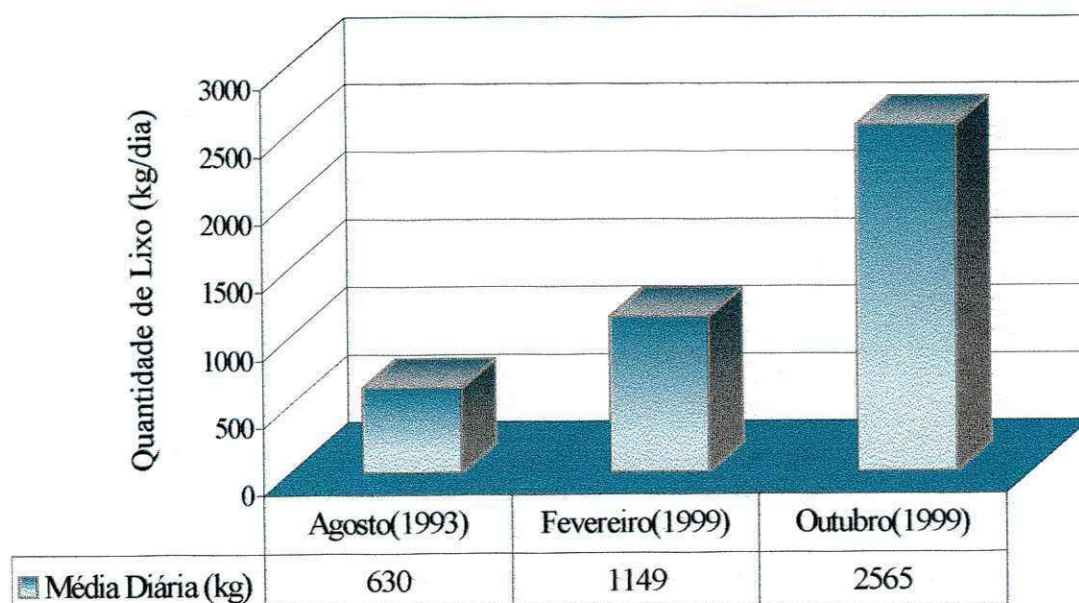
Os demais constituintes (vidro e metal) não apresentaram regularidade em peso, devido à prática comum de armazenar esses materiais para descartá-los de uma única vez quando houver maior quantidade. Isto acontece de forma aleatória e imprevisível. O metal apresentou uma oscilação entre 3 e 8%, tendo o valor médio de 5%; já o vidro variou de 2 a 6%, com valor médio de 4%.

Na primeira fase, o material considerado rejeito ou não reciclável, que deve ser enterrado, apresentou uma média de 22% e uma oscilação entre 16 e 30%. Estes valores, considerados elevados, devem-se ao fato de que sem a coleta seletiva o índice de contaminação dos materiais recicláveis é alto e boa parte do que poderia ser comercializado perde seu valor. O mesmo acontece nos municípios mineiros que participam do Programa "Minas Joga Limpo" onde a média observada foi de 24,1%, LESA/UFV (1999). Na segunda fase observou-se uma redução média de 22% a 15%. Essa redução é fruto da triagem mais rigorosa adotada pela nova administração da usina.

Nas Tabelas 3.2 a 3.4 também pode ser observada a quantidade média de lixo triado por hora por operário. Na prática, esse dado serve para estipular o número de funcionários necessários para separar o lixo que chega à usina diariamente. Na primeira fase, o valor médio observado foi de 80 kg/h.op e na segunda foi de 166 kg/h.op. Segundo a pessoa encarregada da usina, cada funcionário determina o seu ritmo de trabalho de acordo com a quantidade de lixo que chega por dia. Este funcionário afirmou que, nos dias em que o volume de lixo é relativamente pequeno, os operários responsáveis pela triagem dos resíduos costumam trabalhar mais lentamente para não correrem o risco de terminar a triagem antes do fim do expediente e ter que fazer outro serviço como, por exemplo, varrer o pátio de compostagem ou peneirar o composto.

A Tabela 3.5 mostra os valores médios semanais dos componentes do lixo, relativos as caracterizações feitas nos meses de agosto 1993, fevereiro e outubro de 1999. Observa-se que em 1993 a quantidade de alumínio presente no lixo não era contabilizada. Isto ocorreu porque nesse período o consumo de cerveja e refrigerantes enlatados eram bem menor em relação aos dias atuais.

A Figura 3.3 mostra a quantidade média diária de lixo do município de Coimbra (MG) durante os períodos das três caracterizações, ou seja, agosto de 1993 (dados do projeto), fevereiro de 1999 e outubro de 1999.



**Figura 3.3** – Quantidade média de lixo coletado no município de Coimbra (MG)

**Tabela 3.2**– Caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) no período de 08 a 13 de fevereiro de 1999. Valores em massa (kg) e em porcentagem (entre parênteses).

<b>Componente</b>	<b>Segunda 08/02/99</b>	<b>Terça 09/02/99</b>	<b>Quarta 10/02/99</b>	<b>Quinta 11/02/99</b>	<b>Sexta 12/02/99</b>	<b>Sábado 13/02/99</b>	<b>Média diária (kg)</b>	<b>Média diária (%)</b>
<b>papel/papelão</b>	201 (10,8)	139 (10,9)	135 (13,2)	144 (14,8)	157 (10,2)	108 (9,5)	126	11
<b>plástico</b>	118 (6,4)	83 (6,5)	69 (6,7)	77 (7,9)	90 (5,8)	54 (4,8)	70	6
<b>vidro</b>	105 (5,7)	31 (2,4)	28 (2,7)	23 (2,4)	33 (2,1)	37 (3,3)	37	3
<b>metal</b>	84 (4,5)	77 (6,1)	57 (5,6)	58 (5,9)	53 (3,4)	57 (5,0)	55	5
<b>alumínio</b>	23 (1,2)	7 (0,6)	9 (0,9)	6 (0,6)	5 (0,3)	6 (0,5)	8	1
<b>mat. orgânica</b>	1023 (55,1)	627 (49,4)	419 (41,0)	461 (47,2)	876 (56,9)	617 (54,4)	575	52
<b>rejeito</b>	301 (16,2)	306 (24,1)	306 (29,9)	207 (21,1)	326 (21,2)	256 (22,6)	243	22
<b>Total</b>	1855	1270	1023	976	1540	1135	1114	100
<b>produção (kg/h.op.)*</b>	103	85	68	65	86	95	84	

\*a produção se refere a quantidade média de lixo triado por hora por operário.

*Apresentação e Discussão dos Resultados*

**Tabela 3.3**– Caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) no período de 22 a 27 de fevereiro de 1999. Valores em massa (kg) e em porcentagem (entre parênteses).

<b>Componente</b>	<b>Segunda 22/02/99</b>	<b>Terça 23/02/99</b>	<b>Quarta 24/02/99</b>	<b>Quinta 25/02/99</b>	<b>Sexta 26/02/99</b>	<b>Sábado 27/02/99</b>	<b>Média diária (kg)</b>	<b>Média diária (%)</b>
<b>papel/papelão</b>	246 (9,4)	139 (10,4)	91 (7,0)	83 (8,5)	106 (8,2)	61 (8,1)	104	9
<b>plástico</b>	135 (5,1)	88 (6,6)	85 (6,5)	63 (6,4)	67 (5,2)	28 (3,7)	67	6
<b>vidro</b>	124 (4,7)	37 (2,8)	51 (3,9)	36 (3,7)	77 (6,0)	27 (3,6)	50	4
<b>metal</b>	131 (5,0)	61 (4,6)	49 (3,8)	44 (4,5)	48 (3,7)	25 (3,3)	51	4
<b>alumínio</b>	22 (0,8)	9 (0,7)	7 (0,5)	6 (0,6)	5 (0,4)	8 (1,1)	8	1
<b>mat. orgânica</b>	1354 (51,6)	731 (54,7)	697 (53,5)	513 (52,2)	697 (54,1)	421 (56,2)	630	53
<b>rejeito</b>	614 (23,4)	272 (20,3)	322 (24,7)	237 (24,1)	289 (22,4)	179 (23,9)	273	23
<b>Total</b>	2626	1337	1302	982	1289	749	1183	100
<b>produção (kg/h.op.)*</b>	96	64	74	66	86	71	76	

\*a produção se refere a quantidade média de lixo triado por hora por operário.

**Tabela 3.4**– Caracterização dos resíduos sólidos da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) no período de 25 a 30 de outubro de 1999. Valores em massa (kg) e em porcentagem (entre parênteses).

<b>Data</b>	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>	<b>Sábado</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
<b>Componente</b>	<b>25/10/99</b>	<b>26/10/99</b>	<b>27/10/99</b>	<b>28/10/99</b>	<b>29/10/99</b>	<b>30/10/99</b>	<b>diária (kg)</b>	<b>diária (%)</b>
papel/papelão	510 (13,4)	480 (13,6)	465 (13,8)	451 (16,0)	421 (16,9)	290 (14,9)	374	14,6
plástico liso	115 (3,0)	101 (2,9)	95 (2,8)	88 (3,1)	71 (2,8)	55 (2,8)	75	2,9
plástico embalagem	65 (1,7)	59 (1,7)	53 (1,6)	49 (1,7)	39 (1,6)	21 (1,1)	41	1,6
<b>PET</b>	42 (1,1)	39 (1,1)	35 (1,0)	32 (1,1)	27 (1,1)	19 (1,0)	28	1,1
plástico filme	128 (3,4)	121 (3,4)	93 (2,8)	87 (3,1)	87 (3,5)	50 (2,6)	81	3,2
vidro	180 (4,7)	160 (4,5)	141 (4,2)	135 (4,8)	101 (4,0)	62 (3,2)	111	4,3
metal	250 (6,6)	241 (6,8)	237 (7,0)	218 (7,7)	201 (8,1)	130 (6,7)	182	7,1
alumínio	37 (1,0)	30 (0,8)	29 (0,9)	19 (0,7)	12 (0,5)	6 (0,3)	19	0,7
mat. orgânica	1822 (48,0)	1701 (48,1)	1641 (48,7)	1535 (54,4)	1210 (48,5)	1051 (54,2)	1280	49,9
rejeito	645 (17,0)	604 (17,1)	580 (17,2)	207 (7,3)	326 (13,1)	256 (13,2)	374	14,6
<b>Total</b>	<b>3794</b>	<b>3536</b>	<b>3369</b>	<b>2821</b>	<b>2495</b>	<b>1940</b>	<b>2565</b>	<b>100</b>
<b>produção (kg/h.op.)*</b>	<b>316</b>	<b>294</b>	<b>281</b>	<b>237</b>	<b>206</b>	<b>162</b>	<b>249</b>	

\*a produção se refere a quantidade média de lixo triado por hora por operário.

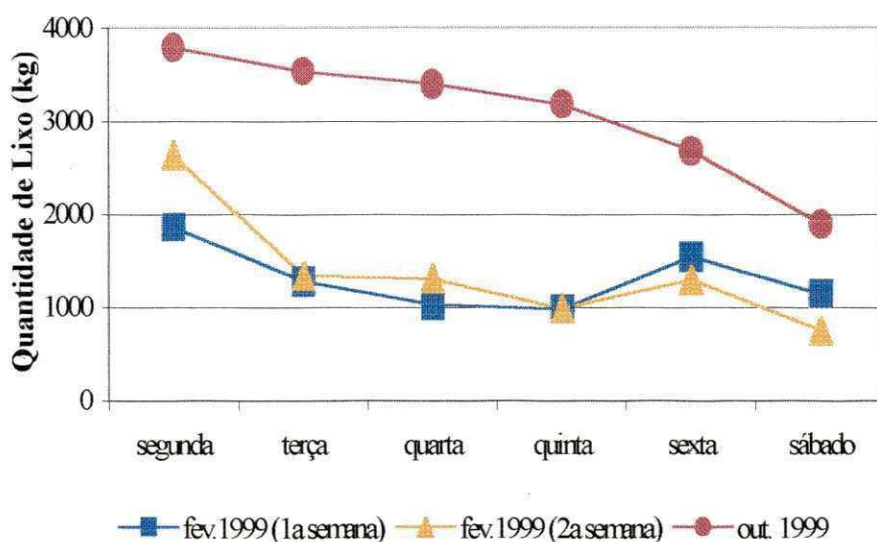


**Tabela 3.5-** Valores médios semanais (kg) dos componentes do lixo do município de Coimbra (MG) relativo as caracterizações feitas em agosto de 1993, fevereiro e outubro de 1999.

<b>Componente (kg)</b>	<b>papel./papelão</b>	<b>plástico</b>	<b>vidro</b>	<b>metal</b>	<b>alumínio</b>	<b>mat. orgânica</b>	<b>rejeito</b>	<b>média diária</b>	<b>total</b>
<b>Agosto de 1993</b> (dados do projeto)	287	147	56	161	-	3122	637	735	4410
<b>Fevereiro de 1999</b> (dias de 8 a 13)	884	491	257	386	56	4023	1702	1300	7799
<b>Fevereiro de 1999</b> (dias de 22 a 27)	726	466	352	358	57	4413	1913	1381	8285
<b>Outubro de 1999</b> (dias de 25 a 30)	2617	1571	779	1277	133	8960	2618	2993	17955

Observou-se que houve um acréscimo de lixo de 4 vezes em 1999, em relação a 1993 e um aumento significativo na quantidade de lixo (45%) entre a primeira e segunda etapa desta pesquisa em 1999. Este comportamento é atribuído ao crescimento populacional, melhorias implantadas no sistema de coleta de lixo, como maior frequência nas ruas centrais e maior abrangência na zona rural, e a mudança na administração que passou a exercer maior cobrança junto aos funcionários responsáveis pela triagem no que se refere aos cuidados para não desperdiçar nenhum componente do lixo que possa ser aproveitado para venda ou para compostagem. Outro fator considerado é que as chuvas em fevereiro, dificultaram a coleta de lixo, devido a dificuldade de acesso do caminhão coletor em determinadas ruas sem calçamento e localidades da zona rural.

Na Figura 3.4 observam-se as flutuações na quantidade de lixo durante os dias da semana. As segundas-feiras foram os dias com o maior volume de lixo, tanto no mês de fevereiro quanto no mês de outubro. Este comportamento já era esperado, tendo em vista que há acúmulo do lixo gerado durante o final de semana por não haver coleta no domingo. Geralmente os sábados foram os dias com menor volume de lixo nas duas etapas de coleta de dados. Esse comportamento se explica pelo fato de que nesse dia a usina funciona apenas meio expediente e por isso a coleta só é feita na região central da cidade.



**Figura 3.4** – Quantidade de resíduo que chega a Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG) em cada dia da semana.

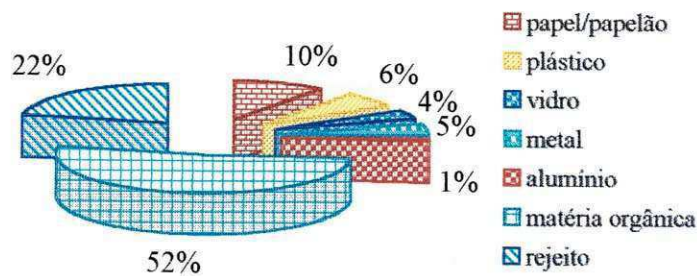
Para a realização da coleta do lixo no município de Coimbra, este é dividido em setores e cada setor tem uma determinada frequência de coleta que oscila desde diariamente até uma vez por semana. Observou-se que na primeira caracterização havia um pico na sexta-feira; na segunda caracterização o volume de lixo continuou diminuindo de segunda a sábado.

Esse comportamento está associado com a forma da coleta em cada etapa. Na primeira, o aumento da quantidade de lixo na sexta-feira se justifica porque neste dia a coleta era mais abrangente, pois a área coberta era superior aos demais dias da semana, e inclui a zona rural (onde a coleta era feita semanalmente). Na segunda, já sob nova administração, a coleta passou a ser feita da seguinte forma: de segunda a sábado a coleta abrangeu os principais bairros da cidade, assim com a área comercial (80% da área coberta pela coleta de lixo do município) e a partir da terça-feira, além da área coberta normalmente, começou a ser coletado o lixo dos bairros mais afastados e da zona rural, onde a frequência de coleta era de uma a duas vezes por semana.

Normalmente, a partir da sexta-feira, não havia coleta nas regiões mais afastadas e por isso o volume de lixo diminuiu. Segundo o encarregado da usina, o objetivo de coletar o lixo dessas regiões afastadas e da zona rural a partir das terças-feiras é evitar que imprevistos como dificuldade de acesso aos pontos de coleta, devido a chuva, façam com que a coleta seja interrompida por períodos longos. Desta forma, caso a coleta não seja viável no início da semana, haverá possibilidade de executá-la entre a quinta e a sexta-feira.

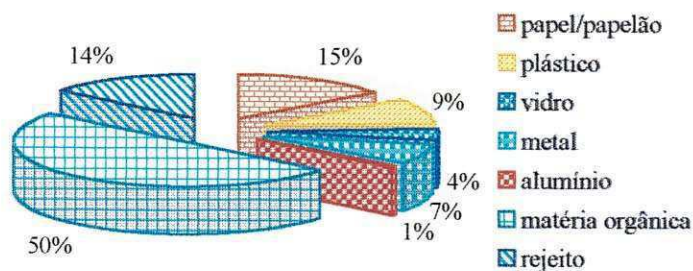
Não havendo imprevistos, a diminuição do volume de lixo nos dias próximos ao fim de semana disponibiliza os funcionários responsáveis pela triagem para fazer outros serviços necessários para o bom funcionamento da usina, tais como limpeza, jardinagem, etc.

As Figuras 3.5 e 3.6 apresentam, respectivamente, a composição gravimétrica média do lixo no município de Coimbra (MG) durante a primeira e a segunda etapa da atual pesquisa.



Obs: Média de doze repetições.

**Figura 3.5** – Caracterização do lixo de Coimbra (MG) em fevereiro de 1999.



Obs: Média de seis repetições

**Figura 3.6** – Caracterização do lixo de Coimbra (MG) em outubro de 1999.

Observa-se nas Figuras 3.2 e de 3.5 a 3.7 que a composição do lixo no município de Coimbra (MG) não sofreu grandes mudanças entre as caracterizações de 1993 e 1999, muito embora o volume de lixo tenha experimentado grandes variações nas três caracterizações. O surgimento do alumínio e a diminuição no percentual de matéria orgânica foram as variações mais significativa. Embora o alumínio esteja presente em quantidade pequena (1% em média), representa uma parcela importante devido ao seu alto valor comercial em relação aos outros materiais que compõem o lixo. A diminuição percentual da matéria orgânica está relacionada ao desenvolvimento industrial, principalmente ao surgimento de novos materiais utilizados para embalagem de produtos (RUBERG & PHILIPPI JR., 1998).

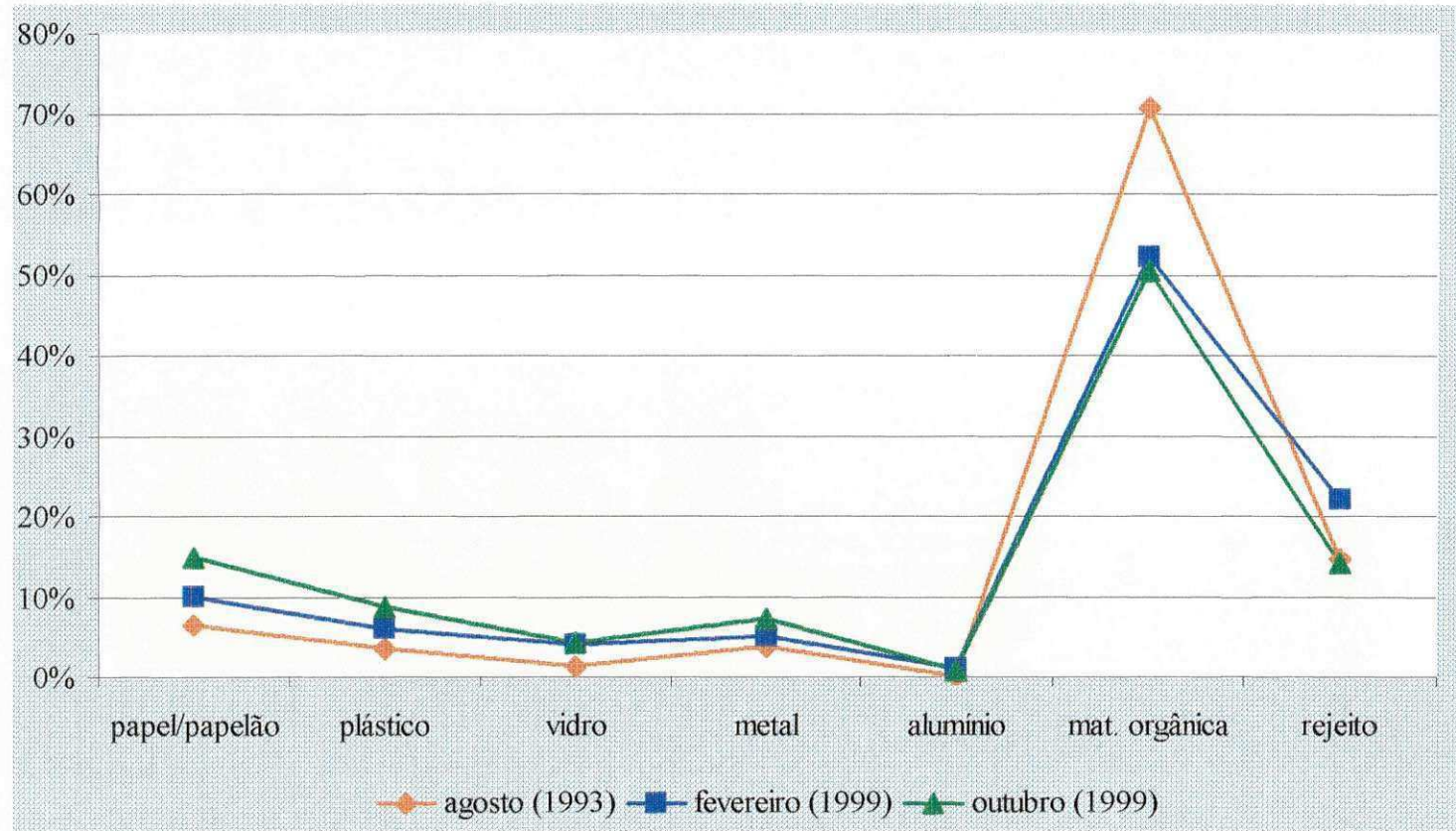
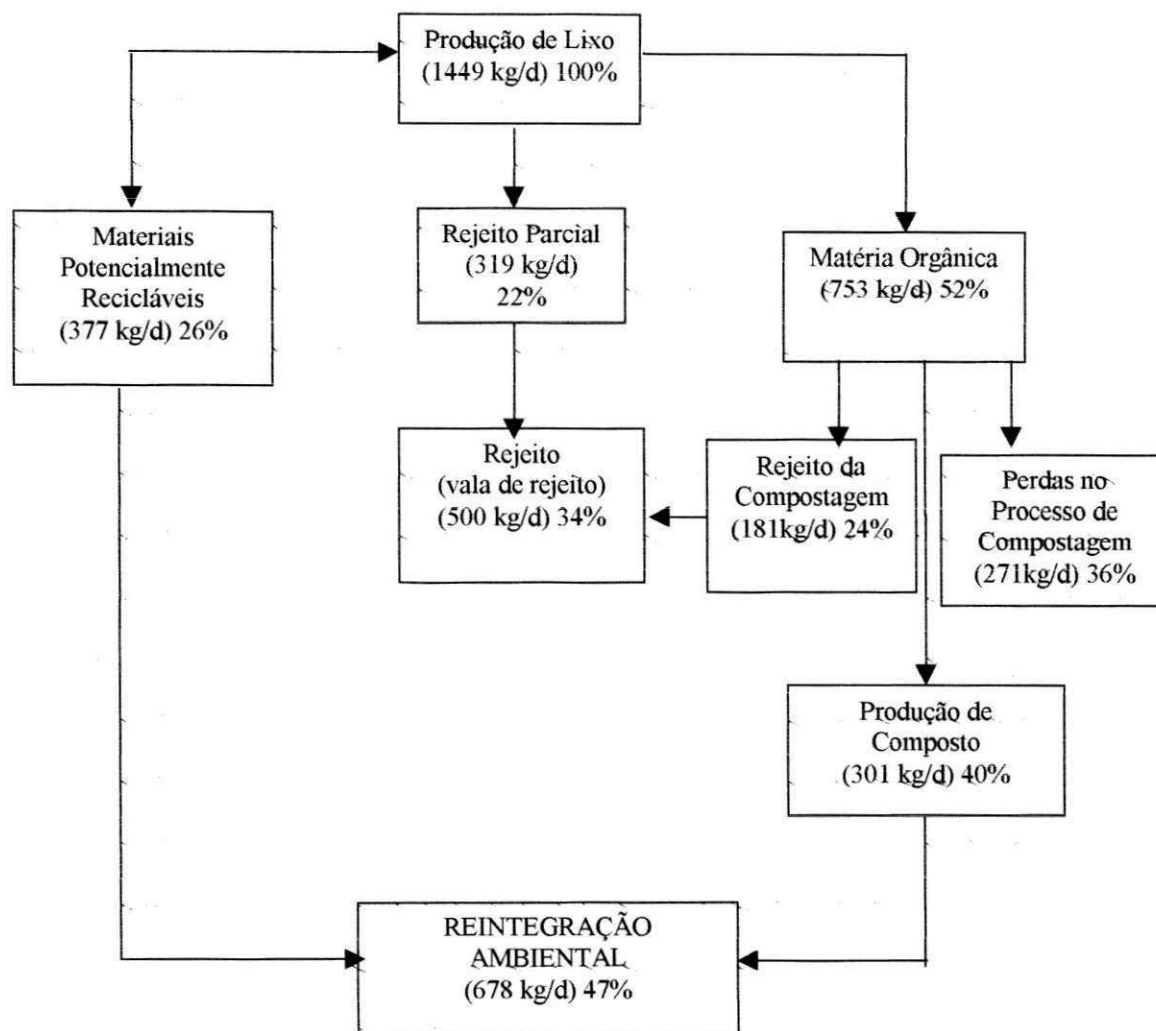


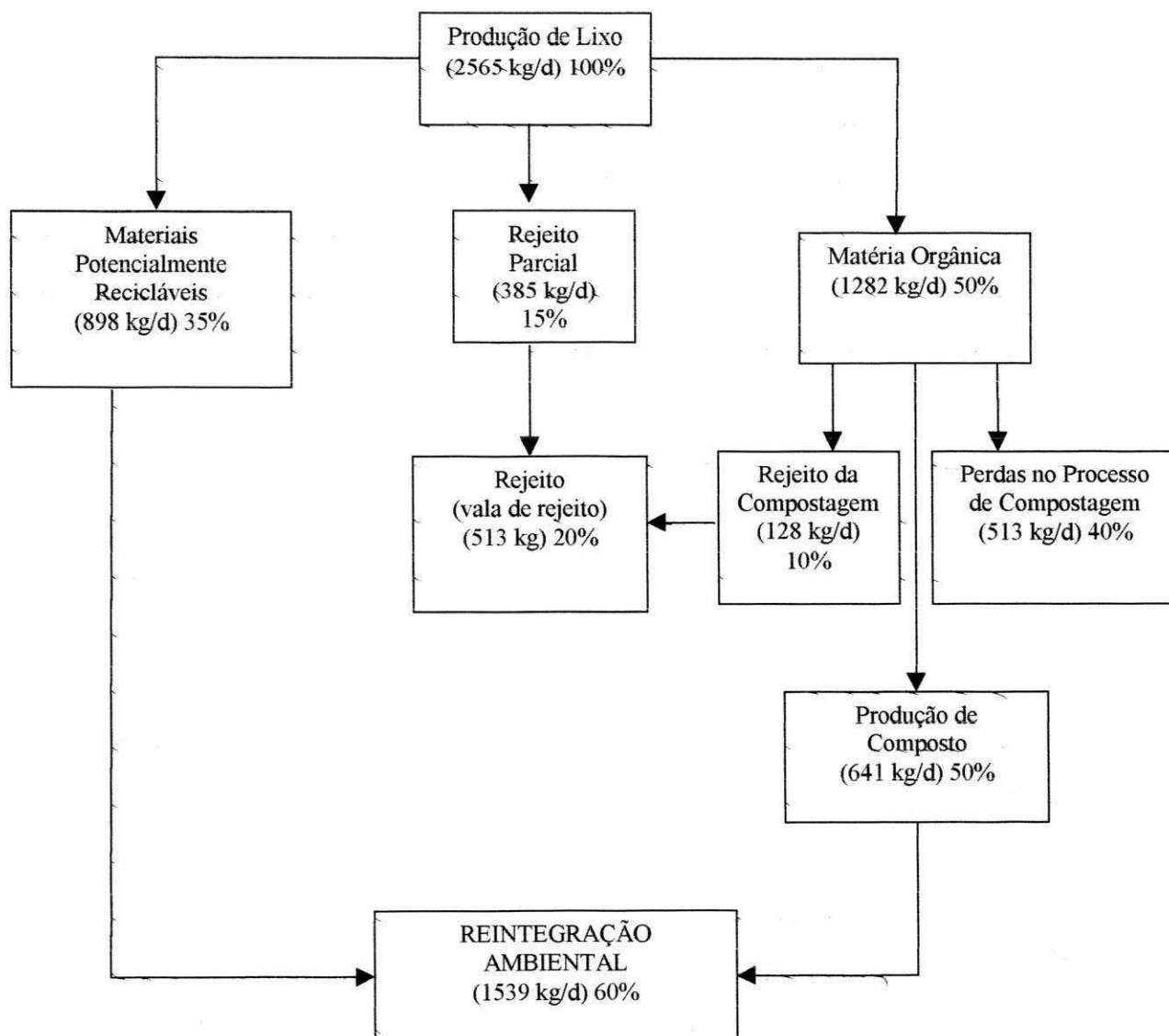
Figura. 3.7- Composição média do lixo de Coimbra (MG) nos períodos de agosto de 1993, fevereiro e outubro de 1999.

As Figuras 3.8 e 3.9 mostram os balanços de massa feitos para a atual pesquisa, nos meses de fevereiro e outubro de 1999, respectivamente.



**Figura 3.8** - Balanço de massa do lixo no município de Coimbra (MG) em fevereiro de 1999.

Na Figura 3.8 observa-se que a quantidade de rejeito aumentou de 22 para 34%. Esse aumento é atribuído a quantidade de rejeito da compostagem que foi considerada elevada (24%) tendo em vista que a média é em torno de 10%. Esse valor foi devido à triagem mal feita através da qual passou uma quantidade significativa de tampinhas plásticas e de metal, ossos, pedregulhos, etc. Observa-se também que a reintegração ambiental diminuiu de 50 para 47%. Isto já era esperado devido ao aumento da quantidade de rejeito.



**Figura 3.9** - Balanço de massa do lixo no município de Coimbra (MG) em outubro de 1999.

A Figura 3.9 mostra um aumento de 13% entre a reintegração ambiental do mês de fevereiro e outubro de 1999. Esse aumento foi atribuído a melhoria da triagem dos materiais na mesa de catação, que passou a ser mais rigorosa.

Os valores observados nas Figuras 3.1, 3.8 e 3.9 estão coerentes com os valores médios apresentados por PEREIRA NETO (1999) como resultado do balanço de massa feito para caracterizar o potencial de reintegração ambiental de acordo com as regiões fisiográficas do estado de Minas Gerais. A Tabela 3.6 mostra o resultado da pesquisa feita por PEREIRA NETO (1999) e os resultados obtidos na atual pesquisa.

**Tabela 3.6** - Potencial médio de reintegração ambiental obtido com a reciclagem através de Unidades de Triagem e Compostagem de Lixo no estado de Minas Gerais e no município de Coimbra (MG).

	<b>Materiais Recicláveis (%)</b>	<b>Materiais Compostáveis (%)</b>	<b>Rejeito (%)</b>	<b>Reintegração Ambiental (%)</b>
<b>Minas Gerais</b>	19,1	56,8	24,1	49,2
<b>Coimbra (MG)</b>	20,0	53,0	27,0	53,5

A contribuição *per capita* quando foi feita a coleta de dados para o projeto da usina, em agosto de 1993, era de 0,43 kg/hab.dia. Nos meses de fevereiro e outubro de 1999, respectivamente, a *per capita* observada foi de 0,44 e 0,66 kg/hab.dia. Observa-se um aumento de 33% entre os meses de fevereiro e outubro de 1999 que foi atribuído a melhorias no sistema de coleta, que com as mudanças adotadas pela nova administração tornou-se mais eficiente e abrangente.

### **3.3 PRINCIPAIS PARÂMETROS ECONÔMICOS RELACIONADOS COM A RECICLAGEM DOS MATERIAIS INERTES (PAPEL/PAPELÃO, PLÁSTICO, VIDRO, METAL, ALUMÍNIO)**

As Tabelas 3.7 a 3.11 mostram os principais parâmetros econômicos relacionados aos materiais recicláveis: papel/papelão, plástico, vidro, metais ferrosos e latinhas de alumínio, respectivamente. As mesmas têm por objetivo mostrar quanto é economizado com a reciclagem dos materiais inertes que retornam ao processo produtivo ou são reutilizados. Essas tabelas mostram que entre a primeira e a segunda fase, para todos os tipos de materiais, houve aumento significativo de quantidade. Esse aumento foi atribuído a mudanças feita pela administração, melhoria no sistema de coleta e ao tempo seco, que facilita tanto a coleta como a triagem.

As Tabelas 3.7 a 3.11 foram adaptadas de CALDERONI (1998). Os valores das linhas 01, 02 e 07, foram obtidos na Usina de Reciclagem e Compostagem de Coimbra (MG). As estimativas da economia de energia elétrica obtidas pela reciclagem dos materiais (linha 03) foram calculadas da seguinte forma:



$$\text{Linha (3) (R\$/ano)} = \text{Linha (2), quantidade reciclada de material (t/ano)} \times \text{consumo de energia elétrica (MWh/t)} \times \text{valor médio da tarifa de energia elétrica (R\$/MWh)} \quad (3.1)$$

As estimativas da economia de matéria prima obtida pela reciclagem dos materiais (linha 04) foram calculadas da seguinte forma:

$$\text{Linha (4) (R\$/ano)} = \text{Linha (2), quantidade de material reciclada (t/ano)} \times \text{valor médio do material virgem (R\$/t)} \quad (3.2)$$

As estimativas da economia obtida com a redução do consumo de água com a reciclagem dos materiais (linha 05) foram calculadas da seguinte forma:

$$\text{Linha (5) (R\$/ano)} = \text{Linha (9), redução no consumo de água (m}^3\text{/ano)} \times \text{valor médio da tarifa de água (R\$/m}^3\text{)} \quad (3.3)$$

Os valores totais economizados com a reciclagem dos materiais (linha 06) foram calculados da seguinte forma:

$$\text{Linha (6) (R\$/ano)} = \text{Linha (3), economia de energia elétrica (R\$/ano)} + \text{Linha (4), economia de matéria-prima (R\$/ano)} + \text{Linha (5), economia de água (R\$/ano)} \quad (3.4)$$

O valor total estimado do ganho anual com a venda dos materiais recicláveis no município de Coimbra (MG) foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Linha (8) (R\$/ano)} = \text{Linha (2), quantidade reciclada de material (t/ano)} \times \text{Linha(7), valor para venda do material (R\$/t)} \quad (3.5)$$

A redução no consumo de água para a produção, com a reciclagem dos materiais (linha 09) foi calculada da seguinte forma:

$$\text{Linha (9) (m}^3\text{/ano)} = \text{Linha (2), quantidade de material reciclada (t/ano)} \times \text{consumo de água na produção de matéria-prima virgem (m}^3\text{/t)} \quad (3.6)$$

Entre os parâmetros econômicos relacionados com a reciclagem dos materiais inertes está a estimativa do total economizado com a economia de energia elétrica, água e matéria-prima. Esse valor nem sempre é considerado, devido ao fato de que essa economia não aparece da forma monetária, mas indiretamente evitando gastos para processar materiais virgens.

### **3.3.1 RECICLAGEM DE PAPEL/PAPELÃO**

A Tabela 3.7 apresenta os principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de papéis. Observa-se na linha 05, que a estimativa do valor total economizado com energia elétrica, matéria-prima e água por ano, foi de R\$18.490,00 e R\$59.870,00 nos meses de fevereiro/99 e outubro/99, respectivamente, R\$39.180,00 em média. Outro valor bastante significativo que, ao contrário daquele, é contabilizado de forma direta, ou seja, faz parte da receita gerada na usina é a estimativa do valor ganho com a venda dos recicláveis por ano (linha 08), que em fevereiro/99 foi de R\$1.890,00 e de R\$8.160,00 em outubro/99, perfazendo um valor médio de R\$5.025,00.

### **3.3.2 RECICLAGEM DE PLÁSTICO**

A Tabela 3.8 mostra os principais parâmetros econômicos relacionados com a reciclagem de plástico no município de Coimbra (MG). Observa-se uma quantidade de plástico (linha 02) significativa na segunda fase (81t/ano) o que representa, em volume, mais do que as 136 t/ano de papel/papelão. No que se refere a economia de energia elétrica (5,3 MWh/t), a reciclagem de plástico só é inferior a economia obtida através da reciclagem de alumínio (16,9 MWh/t). A estimativa da economia de matéria-prima (linha 05) é um parâmetro que chama a atenção, devido ao elevado valor agregado das resinas poliméricas. Na primeira fase essa economia foi de R\$ 43.490,00/ano e na segunda R\$140.920,00/ano, em média R\$ 92.205,00/ano. A estimativa do valor obtido com a venda de plástico (linha 07) na usina foi de R\$ 1.120,00/ano em fevereiro/99 e R\$ 4.050,00 em outubro/99.

### **3.3.3 RECICLAGEM DE VIDRO**

A Tabela 3.9 apresenta os principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de vidro no município de Coimbra (MG). Observa-se na linha 05 que o valor total estimado da economia com energia elétrica e matéria-prima, por ano, foi de R\$1.130,00 e R\$ 2.880,00 na primeira e na segunda fase, respectivamente, R\$ 2.000,00 em média. Entre os materiais recicláveis na usina, o vidro apresenta-se como o que menos contribui para o total economizado. Contudo, deve-se considerar que a adição de cacos na mistura da composição dos vidros produz uma economia de 50% (Tabela 1.4). No caso do

vidro, não existem ganhos com a venda do material, já que o mesmo é doado para a Santa Casa de Belo Horizonte.

### **3.3.4 RECICLAGEM DE ALUMÍNIO**

A Tabela 3.10 apresenta os principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de alumínio no município de Coimbra (MG). Observa-se na linha 05, que a estimativa do valor total economizado com energia elétrica e matéria-prima por ano, foi de R\$3.470,00/ano e R\$7.690,00/ano nos meses de fevereiro/99 e outubro/99, respectivamente, R\$ 5.580,00 em média. Embora não seja um valor expressivo se comparado a outros materiais como plástico e metais, é uma quantidade significativa considerando a pequena quantidade desse material que chega até a usina (1%). Outro valor bastante significativo é a estimativa do valor ganho com a venda dos recicláveis por ano (linha 07), que em fevereiro/99 foi R\$1.050,00 e R\$7.000,00 em outubro/99, R\$5.025,00 em média.

### **3.3.5 RECICLAGEM DE METAIS**

A Tabela 3.11 mostra os principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de metais no município de Coimbra (MG). Observa-se na linha 03 a estimativa da economia de energia elétrica (5,03 MWh/t), que foi de R\$ 5.980,00/ano e R\$21.090,00/ano, na primeira e na segunda fase da pesquisa, respectivamente. Esses valores se tornam mais significativos quando somados a estimativa da economia de matéria-prima (R\$ 289,95/t) e a estimativa da economia de água (R\$1,28/m<sup>3</sup>), havendo valores iguais a R\$ 10.840,00/ano e R\$ 40.890,00/ano nas duas fases, respectivamente. A estimativa do valor obtido com a venda de metais (linha 08) na usina foi de R\$ 570,00/ano em fevereiro/99 e R\$3.350,00/ano.

**Tabela 3.7.** Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de **PAPÉIS** no município de Coimbra (MG).

Linha	Parâmetro	1ª fase (fev./1999)	2ª fase (out./1999)	Fonte
01	Percentual médio de papel/papelão, na massa total do lixo.	10%	15%	Esta pesquisa
02	Quantidade anual estimada, em t, de papel/papelão reciclada.	42 t/ano	136 t/ano	Esta pesquisa
03	Estimativa da economia de energia <sup>(1)</sup> obtida com reciclagem de papel/papelão	R\$ 9,17 mil/ano	R\$29,70 mil/ano	Cálculo: Linha(2) x 3,51 MWh/t <sup>(2)</sup> x 62,21 R\$/MWh <sup>(3)</sup>
04	Estimativa da economia de matéria-prima obtida com reciclagem de papel/papelão.	R\$ 7,74 mil/ano	R\$ 25,06 mil/ano	Cálculo: Linha (2) x 184,29 R\$/t <sup>(4)</sup>
05	Estimativa da economia obtida com a redução do consumo de água para produção de papéis recicláveis	R\$ 1,57 mil/ano	R\$ 5,08 mil/ano	Cálculo: Linha(9) x R\$1,28/m <sup>3(5)</sup>
06	Valor total economizado com a reciclagem de papel/papelão.	R\$ 18,49 mil/ano	R\$ 59,87 mil/ano	Cálculo: Linha(3) + Linha(4) + Linha(5)
07	Preço pago ao sucateiro pelo papel/papelão, por t.	R\$ 45,00/t	R\$ 60,00/t	Esta pesquisa
08	Valor total estimado do ganho anual com a venda de papel/papelão.	R\$ 1,89 mil/ano	R\$8,16 mil/ano	Cálculo: Linha(2) x Linha(7)
09	Redução estimada no consumo de água anual para a produção de papéis recicláveis na proporção 29,202m <sup>3</sup> /t <sup>(6)</sup> .	1,23 mil m <sup>3</sup>	3,97 mil m <sup>3</sup>	Cálculo: Linha(2) x 29,202 m <sup>3</sup> /t
10	Redução na poluição do ar		74%	POWELSON, op.cit. 1992. <sup>(6)</sup> citado por CALDERONI, 1998
11	Redução na poluição da água		35%	

Adaptada de CALDERONI (1998)

(1) O processo de fabricação de papel através da reciclagem diminui o consumo de energia elétrica em 74% e de água em 50% (<http://orbita.starmedia.com/~celuloides/>, 1999); (2) Economia de energia elétrica na produção de papel através da reciclagem, Reynolds Metals Company (1999). <http://www.latasa.com.br>; (3) Valor médio da tarifa de energia elétrica para indústrias, ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica (1999); (4) Valor proporcional ao calculado por CALDERONI (1998) com relação a economia das seguintes matérias-primas: madeira e produtos químicos, utilizados na produção de celulose; (5) Valor médio da tarifa de água cobrada pela COPASA- Companhia de Água e Saneamento do Estado de Minas Gerais, outubro de 1999; (6) Economia com a redução no consumo de água para o nível de produção de papéis recicláveis, POWELSON, D. et al. *The Recycler's Manual for Business, Government and the Environmental Community*, NY, van Nostrand Reinhold, 1992 citado por CALDERONI, 1998.

**Tabela 3.8.** Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de **PLÁSTICOS** no município de Coimbra (MG).

Linha	Parâmetro	1ª fase (fev./1999)	2ª fase (out./1999)	Fonte
01	Percentual médio de plástico, na massa total do lixo	6 %	9 %	Esta pesquisa
02	Quantidade anual estimada, em t, de plástico reciclada.	25 t/ano	81 t/ano	Esta pesquisa
03	Estimativa da economia de energia elétrica obtida pela reciclagem de plástico.	R\$ 8,24 mil/ano	R\$ 26,71 mil/ano	Cálculo: Linha(2) x 5,3 MWh/t <sup>(1)</sup> x 62,21 R\$/MWh <sup>(2)</sup>
04	Estimativa da economia de matéria-prima obtida pela reciclagem de plástico.	R\$ 35,25 mil/ano	R\$114,21 mil/ano	Cálculo: Linha (2) x R\$1.410,00/t <sup>(3)</sup>
05	Valor total economizado com a reciclagem de plástico.	R\$ 43,49 mil/ano	R\$ 140,92 mil/ano	Cálculo: Linha(3)+ Linha(4)
06	Preço pago ao sucateiro pelo plástico, por t.	R\$ 45,00/t	R\$ 50,00/t	Esta pesquisa
07	Valor total estimado do ganho anual com a venda de plástico.	R\$ 1,12 mil/ano	R\$ 4,05 mil/ano	Cálculo: Linha (2) X Linha (6)

Adaptada de CALDERONI (1998)

(1) Economia de energia elétrica através da reciclagem de plásticos CALDERONI (1998) cita GARIBALDE, G. O lixo do futuro e o futuro do lixo (1989); (2) Valor médio da tarifa de energia elétrica para indústrias, ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica (1999); (3) Valor médio das resinas de polietileno e polipropileno, entrevista feita ao gerente financeiro da Polyútil S/A Ind. e Comercio de Materiais Plástico, João Pessoa (2000).

**Tabela 3.9.** Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de **VIDRO** no município de Coimbra (MG).

Linha	Parâmetro	1ª fase (fev./1999)	2ª fase (out./1999)	Fonte
01	Percentual médio de vidro, na massa total do lixo.	4 %	4 %	Esta pesquisa
02	Quantidade anual estimada, em t, de vidro reciclada.	16 t/ano	41 t/ano	Esta pesquisa
03	Estimativa da economia de energia elétrica obtida pela reciclagem de vidro.	R\$ 637,03 /ano	R\$ 1,63 mil/ano	Cálculo: Linha(2) X 0,64 MWh/t <sup>(1)</sup> X 62,21 R\$/MWh <sup>(2)</sup>
04	Estimativa da economia de matéria-prima obtida pela reciclagem de vidro	R\$ 489,12 /ano	R\$1253,37 /ano	Cálculo: Linha (2) X R\$ 30,57/t <sup>(3)</sup>
05	Valor total economizado com a reciclagem de vidro.	R\$ 1,13 mil/ano	R\$ 2,88 /ano	Cálculo: Linha(3) + Linha(4)
06	Preço pago ao sucateiro pelo vidro, por t	Doado <sup>(4)</sup>	Doado <sup>(4)</sup>	Esta pesquisa
07	Redução na poluição do ar	20%		CALDERONI, 1998 cita Powelson, op.cit. 1992.
08	Redução na poluição da água	50%		

Adaptada de CALDERONI (1998)

(1) Economia de energia elétrica através da reciclagem de vidros CALDERONI (1998) cita GARIBALDE, G. O lixo do futuro e o futuro do lixo (1989); (2) Valor médio da tarifa de energia elétrica para indústrias, ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica (1999); (3) Tabela 1.3- Economia obtida com a adição de cacos de vidro na composição da massa para produção de vidro novo; (4) Na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Coimbra (MG) o vidro é doado a Santa Casa de Belo Horizonte (MG).

**Tabela 3.10.** Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de **ALUMÍNIO** no município de Coimbra (MG).

Linha	Parâmetro	1ª fase (fev./1999)	2ª fase (out./1999)	Fonte
01	Percentual médio de alumínio, na massa total do lixo.	1 %	1 %	Esta pesquisa
02	Quantidade anual estimada, em t, de alumínio reciclada.	3 t/ano	7 t/ano	Esta pesquisa
03	Estimativa da economia de energia elétrica obtida pela reciclagem de alumínio.	R\$ 3,15 mil/ano	R\$ 7,36 mil/ano	Cálculo: Linha(2) X 16,9 MWh/t <sup>(1)</sup> X 62,21 R\$/MWh <sup>(2)</sup>
04	Estimativa da economia de matéria-prima (bauxita) obtida pela reciclagem de alumínio.	15 t/ano R\$337,50/ano	35 t/ano R\$787,50/ano	Cálculo: Linha (2) X 5 <sup>(3)</sup> ; Linha (2) X R\$22,5/t <sup>(4)</sup>
05	Valor total economizado com a reciclagem de alumínio.	R\$ 3,47 mil/ano	R\$ 7,69 mil/ano	Cálculo: Linha(3) + Linha(4)
06	Preço pago ao sucateiro pelo alumínio, por t.	R\$ 350,00/t	R\$1000 /t	Esta pesquisa
07	Valor total estimado do ganho anual com a venda de alumínio.	R\$ 1,05 mil/ano	R\$ 7,00 mil/ano	Cálculo: Linha (2) X Linha (6)
08	Redução na poluição do ar		95%	POWELSON, op. cit., 1992 citado por CALDERONI, 1998
09	Redução na poluição da água		97%	

Adaptada de CALDERONI (1998)

(1) Economia de energia elétrica através da reciclagem de vidros GARIBALDE, G. *O lixo do futuro e o futuro do lixo* (1989) citado por CALDERONI (1998); (2) Valor médio da tarifa de energia elétrica para indústrias, ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica (1999); (3) Segundo a ABAL, para cada tonelada de alumínio produzido são consumidas 5t de bauxita; (4) Valor médio da bauxita por tonelada, segundo o gerente financeiro da Mineração Varginha (MG).

**Tabela 3.11.** Principais parâmetros econômicos relacionados a reciclagem de **METAIS** no município de Coimbra (MG).

Linha	Parâmetro	1ª fase (fev./1999)	2ª fase (out./1999)	Fonte
01	Percentual médio de metais, na massa total do lixo	5 %	7 %	Esta pesquisa
02	Quantidade anual estimada, em t, de metais reciclada.	19 t/ano	67 t/ano	Esta pesquisa
03	Estimativa da economia de energia elétrica obtida pela reciclagem de metais.	R\$ 5,98 mil/ano	R\$ 21,09 mil/ano	Cálculo: Linha(2) X 5,06 MWh/t <sup>(1)</sup> X 62,21 R\$/MWh <sup>(2)</sup>
04	Estimativa da economia de matéria-prima obtida pela reciclagem de metais.	R\$ 4,76 mil/ano	R\$ 19,43 mil/ano	Cálculo: Linha (2) X R\$ 289,95 t <sup>(3)</sup>
05	Estimativa da economia obtida com a redução no consumo de água para produção de metais recicláveis.	R\$97,28 /ano	R\$366,08 /ano	Cálculo: Linha(9) X R\$1,28/m <sup>3</sup> (valor da tarifa), COPASA
06	Valor total economizado com a reciclagem de metais.	R\$10,84 mil/ano	R\$ 40,89 mil/ano	Cálculo: Linha(3) + Linha(4) + Linha(5)
07	Preço pago ao sucateiro pelo metais, por t.	R\$ 30,00/t	R\$50,00/t	Esta pesquisa
08	Valor total estimado do ganho anual com a venda de metais.	R\$ 570 ano	R\$ 3,35 mil/ano	Cálculo: Linha (2) X Linha (7)
09	Redução estimada no consumo de água anual para a produção de metais recicláveis na proporção 4 m <sup>3</sup> /t <sup>(4)</sup>	76 m <sup>3</sup>	286 m <sup>3</sup>	Cálculo: Linha (2) X 4 m <sup>3</sup> /t
10	Redução na poluição do ar		85%	POWELSON, op. cit., 1992 citado por CALDERONI, 1998
11	Redução na poluição da água		76%	
12	Redução no consumo da água		40%	

Adaptada de CALDERONI (1998)

(1) Economia de energia elétrica através da reciclagem de vidros CALDERONI (1998) cita GARIBALDE, G. *O lixo do futuro e o futuro do lixo* (1989); (2) Valor médio da tarifa de energia elétrica para indústrias, ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica (1999); (3) Valor médio do minério de ferro, segundo o Instituto Brasileiro de Siderurgia; (4) Valor médio da redução no consumo de água para a produção dos metais através da reciclagem, segundo o Instituto Brasileiro de Siderurgia.



### **3.4 CARACTERÍSTICAS DO COMPOSTO PRODUZIDO NA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DE COIMBRA (MG).**

Na Tabela 12 são apresentados os resultados da caracterização física, química e bacteriológicas do composto produzido na usina de Coimbra (MG).

No que se refere ao aspecto microbiológico, o composto produzido na usina apresentou um elevado índice de contaminação fecal ( $8 \times 10^3$  NMP/100ml). Isto evidencia a necessidade de cautela no seu manuseio, o que vem a comprometer a sua utilização indiscriminada nas práticas agrícolas, ao colocar em risco a saúde dos trabalhadores rurais e daqueles que manipulam os compostos. Esta contaminação foi associada ao seguintes fatores: má catação do material a ser compostado e a eventual presença de animais (cães e gatos) no pátio de compostagem.

O valor obtido da relação C/N foi 8:1. Este valor está abaixo do considerado ideal que é cerca em torno de 15:1. Segundo Paz (1998), isto evidencia o um alto grau de maturação. Os teores de P, K, Ca e Mg mostram que os compostos orgânicos apresentam um comportamento eficiente quanto ao papel de reciclagem de nutrientes. No que se refere aos metais pesados Cd, Cu, Pb e Zn observou-se os seguintes valores em  $\mu\text{g/g}$  respectivamente: 1,61; 98,1; 38,86; 234,5. Segundo PEREIRA NETO (1997b) esses valores, embora relativamente altos quando comparados a determinados tipos de solo, estão muito abaixo dos níveis considerados críticos propostos por países europeus.

### **3.5 GANHOS RELACIONADOS À RECICLAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA NA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DE COIMBRA (MG).**

A Tabela 3.13 apresenta a estimativa dos ganhos anuais obtidos com a venda do composto produzido na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG). Observa-se que a estimativa da quantidade produzida na segunda fase foi superior ao dobro da primeira. Este aumento reflete o aumento na quantidade de matéria orgânica que chega a usina, obtido com as mudanças feitas no sistema de coleta que passou a ser mais abrangente. Também, esse aumento fez com que surgisse um dos principais problemas enfrentados pela usina: a falta de espaço no pátio de compostagem. Quanto aos materiais inertes, o problema de espaço foi resolvido com a construção de um novo galpão para armazená-los.

**Tabela 3.12** - Resultados da caracterização física, química e bacteriológicas do composto produzido na usina de Coimbra (MG).

pH	%										mg/kg								NMP/100ml
	N	P	K	Ca	Mg	U	SV	SF	COT	C/N	Mn	Fe	Zn	Cu	Cd	Cr	Pb	Ni	EF
8,55	0,86	0,29	0,70	3,28	0,29	34,5	13,13	86,87	7,3	8	419,33	32,02	234,5	98,1	1,61	28,63	38,86	22,1	8 x 10 <sup>3</sup>

U = umidade, SV = sólidos voláteis, SF = sólidos fixos, COT = carbono orgânico total, C/N = relação carbono/nitrogênio, EF = estreptococos fecais

**Tabela 3.13** – Ganhos relacionados com a reciclagem de **Matéria Orgânica** na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra (MG).

Parâmetro	Valor	
	1ª Fase (fev. 1999)	2ª Fase (out. 1999)
Quantidade de composto produzido anualmente	110 t/ano (170 m <sup>3</sup> )	234 t/ano (363 m <sup>3</sup> )
Valor para venda do composto	R\$ 20,00/m <sup>3</sup>	R\$ 20,00/m <sup>3</sup>
Valor ganho com a venda do composto	R\$3.400,00/ano	R\$ 7.260/ano

### **3.6 ESTIMATIVA DO TOTAL ECONOMIZADO ANUALMENTE COM A RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE COIMBRA (MG)**

A Tabela 3.14 mostra o resumo das estimativas do total economizado anualmente com a reciclagem no município de Coimbra (MG). Observa-se que a estimativa da economia total foi muito significativa (R\$ 77.440,30 e R\$ 252.713,60, na primeira e na segunda fase respectivamente). Considerando que esta usina é de baixo custo e a quantidade de lixo é, em média, 2565 kg/d (*per capita* 0,420 kg/hab.d.), esses valores elevados mostram o quanto é viável o sistema de tratamento de lixo empregado na cidade de Coimbra (MG), realizado na Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo, principalmente do ponto de vista ambiental com economia dos recursos naturais.

### **3.7 ESTIMATIVA DA RECEITA E DOS CUSTOS ANUAIS DA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO NO MUNICÍPIO DE COIMBRA (MG)**

A Tabela 3.15 apresenta os valores referentes a receita e aos custos anuais da Usina de Reciclagem e Compostagem de Coimbra (MG). Observa-se que na primeira fase 20% das despesas eram cobertas com o dinheiro da venda dos materiais recicláveis e do composto. Na segunda fase, o valor da receita com a venda dos materiais recicláveis do composto foi suficiente para cobrir o pagamento dos operários da usina, o que representa a maior parcela dos custos. Esse aumento entre as duas fases (44%) foi atribuído a melhorias no sistema de coleta, e conseqüentemente ao aumento na quantidade de lixo coletado, melhorias no processo de triagem e, principalmente aumento no valor de vendas dos materiais recicláveis.

**Tabela 1.14.** Resumo das estimativas do total economizado anualmente com a reciclagem dos resíduos sólidos no município de Coimbra (MG). Nos meses de fevereiro e outubro de 1999, 1ª e 2ª fase respectivamente.

COMPONENTE	VALOR ECONOMIZADO						TOTAL ECONOMIZADO (RS)	
	Matéria-prima		Energia Elétrica		Água		1ª fase	2ª fase
	1ª fase	2ª fase	1ª fase	2ª fase	1ª fase	2ª fase		
Papel/Papelão	42 t R\$ 7.740,00	136 t R\$ 25.060,00	147 MWh R\$ 9.170,00	477 MWh R\$ 29.700,00	1,23 mil m <sup>3</sup> R\$ 1.570,00	3,97 mil m <sup>3</sup> R\$ 5.080,00	18.480,00	59.840,00
Plástico	25 t R\$ 35.250,00	81 t R\$ 114.210,00	133 MWh R\$ 8.250,00	429 MWh R\$ 26.740,00			43.500,00	140.950,00
Vidro	16 t R\$ 489,12	41 t R\$ 1.253,37	10 MWh R\$ 637,75	26 MWh R\$ 1.630,00			1.126,87	2.883,37
Metal Ferroso	19 t R\$ 4.758,65	67 t R\$ 19.426,65	96 MWh R\$ 5.980,00	339 MWh R\$ 21.090,00	76 m <sup>3</sup> R\$ 97,28	286 m <sup>3</sup> R\$ 366,08	10.835,93	40.882,73
Alumínio	3 t R\$ 337,50	7 t R\$ 787,50	51 MWh R\$ 3.160,00	118 MWh R\$ 7.370,00			3.497,50	8.157,50
Matéria. Orgânica	110 t	234 t						
<b>Total</b>	215 t	566 t	437 MWh	1.389 MWh			77.440,30	252.713,60

**Tabela 3.15.** Valores anuais referentes a receita e as despesas da Usina de Reciclagem e Compostagem de Coimbra (MG). Nos meses de fevereiro e outubro de 1999, 1ª e 2ª fase respectivamente.

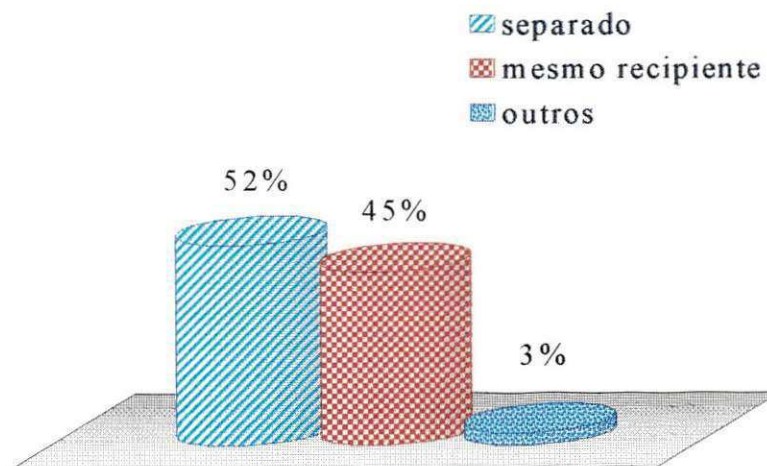
Receita (R\$)			despesas (R\$)		
Item	1ª fase	2ª fase	Item	1ª fase	2ª fase
Venda de matérias recicláveis	4.630,00	20.570,00	Folha de pagamento dos operários da Usina.	29.432,00	31.244,00
Venda de Composto	3.400,00	7.250,00	Coleta	8.424,00	10.368,00
Total	8.030,00	27.830,00	Manutenção	2.100,00	2.100,00
			Total	40.278,00	43.712,00
			Despesas cobertas pela receita	20%	64%

Fonte: URCLC (MG)/PMC (MG) (1999).

### **3.8 AVALIAÇÃO DE ASPECTOS SOCIAIS E COMPORTAMENTAIS DOS MUNICÍPIOS DE COIMBRA (MG) EM RELAÇÃO AO LIXO**

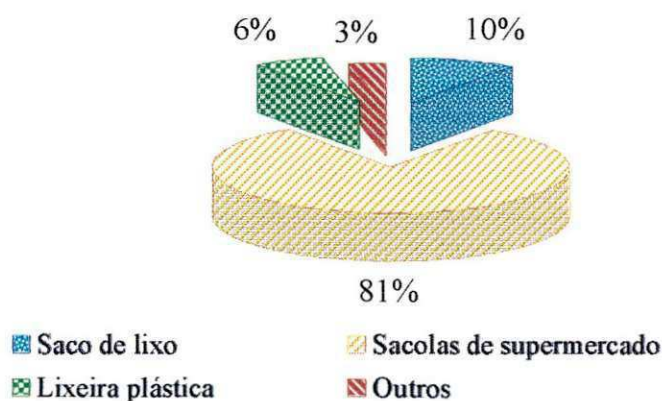
As Figuras 3.10 a 3.13 apresentam os resultados da avaliação das condições de acondicionamento do lixo no âmbito das residências.

A Figura 3.10 revela que 52% da população entrevistada separava o lixo úmido do lixo seco; entretanto 45% o colocava num mesmo recipiente e 3% não utilizava nenhum dos dois métodos de acondicionamento citados. Essa parcela dos entrevistados revelou que costuma queimar o lixo ou então jogá-lo em algum córrego localizado próximo das residências. Apesar do índice relativamente satisfatório da população que separava o lixo seco do úmido, constatou-se que esse comportamento não foi resultado de uma conscientização por parte dos munícipes e sim da necessidade de alimentar animais como porcos e galinhas com restos de comidas.



**Figura. 3.10** – Forma de acondicionamento do lixo no âmbito das residências do município de Coimbra (MG) em julho de 1999.

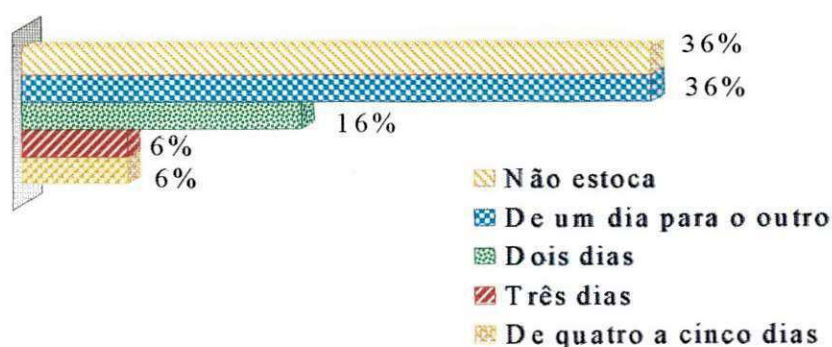
A Figura 3.11 mostra os tipos de recipientes mais utilizados para armazenar o lixo no município de Coimbra (MG).



**Figura 3.11** – Tipos de recipientes utilizados no acondicionamento do lixo no âmbito das residências do município de Coimbra (MG) em julho de 1999.

Observa-se que a grande maioria da população fez uso de sacolas de supermercado para acondicionar seu lixo. Esse comportamento já era previsto tendo em vista a facilidade de obtenção das mesma.

A Figura 3.12 mostra o tempo médio de estoque do lixo dentro das residências no município de Coimbra (MG).



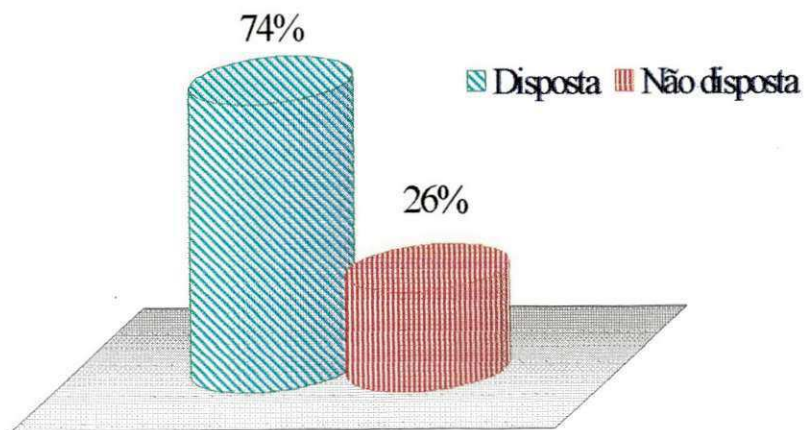
**Figura.3.14** – Tempo médio de estoque do lixo dentro das residências no município de Coimbra (MG) em julho de 1999.

Observa-se que 36% da população não estocava o lixo dentro de casa, fazendo seu transbordo para a lixeira pública imediatamente após a sua geração e 36% armazenava o

lixo de um dia para o outro. Esses comportamentos se verificam principalmente nos locais onde a coleta era feita diariamente. Nas ruas, onde a coleta era feita em dias alternados, ou então uma ou duas vezes por semana, costumava-se, obviamente, armazenar o lixo nas residências até que atinja um determinado volume ou até o dia em que passava o caminhão coletor. Seis por cento (6%) da população entrevistada armazenava o lixo dentro das residências por quatro ou cinco dias. Verifica-se esse comportamento nos bairros periféricos e na zona rural, onde a distância entre as residências e a lixeira pública era maior.

Longos períodos sem coleta não é uma prática recomendável, principalmente em climas tropicais, visto que o acúmulo de lixo propicia a fermentação e a liberação de maus odores, assim como a proliferação de vetores. Também, a demora na coleta estimula a população, principalmente das áreas mais carentes, a jogar o lixo em terrenos baldios, córregos, etc. para se verem livres do problema.

As Figuras 3.13 e 3.14 mostram a opinião da população entrevistada no município de Coimbra (MG) a respeito da Coleta Seletiva.

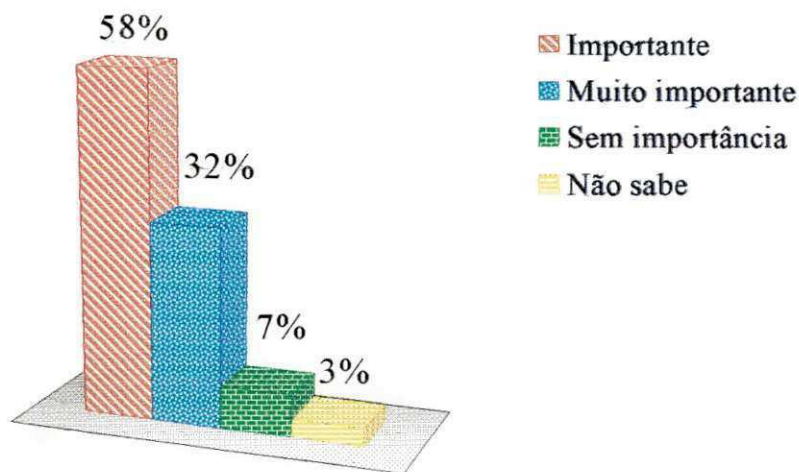


**Figura. 3.15** – Pré disposição dos munícipes de Coimbra (MG) para participar de um programa de coleta seletiva em julho de 1999.



Na Figura 3.13 observa-se que 74% dos entrevistados eram favoráveis à coleta seletiva, estavam dispostos a participar caso houvesse a implantação de um programa voltado para esse assunto. A população restante (26%) manifestou-se não estar disposta a participar, alegando um trabalho extra e também por não acreditar nos resultados desta prática.

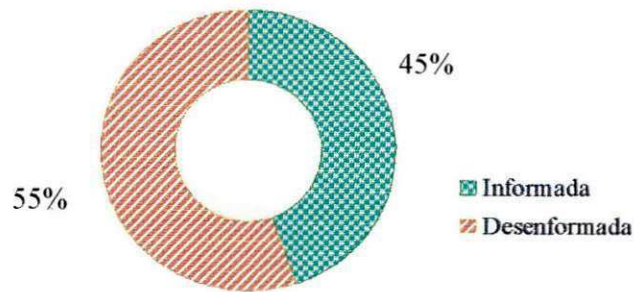
Na Figura 3.14 verifica-se que 58% dos munícipes entrevistados consideravam a coleta seletiva como importante e 32% muito importante, totalizando 90%. Com esse resultado, concluiu-se que o programa de coleta seletiva era bem vindo pela população.



**Figura 3.14** – Distribuição da opinião dos munícipes de Coimbra (MG) a respeito da coleta seletiva em julho de 1999.

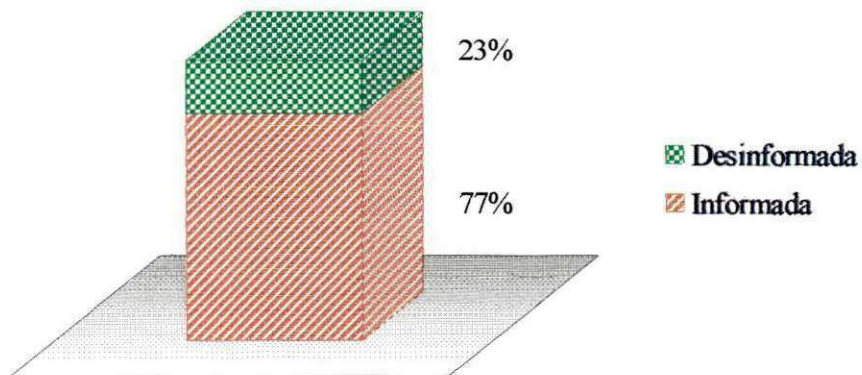
As Figuras de 3.15 a 3.21 mostram o nível de informação dos munícipes de Coimbra (MG) no que se refere ao destino final do lixo e aos problemas relacionados, assim como os critérios adotados para aquisição de bens de consumo e os principais veículos de informação da população.

Na Figura 3.15 observa-se que 55% da população entrevistada não possuía informação a respeito da forma como o lixo era tratado na Usina de Reciclagem. Vale salientar que todos os entrevistados tinham conhecimento da existência da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Coimbra, mas apenas 45% tinham conhecimento de como o lixo era manuseado na Usina.

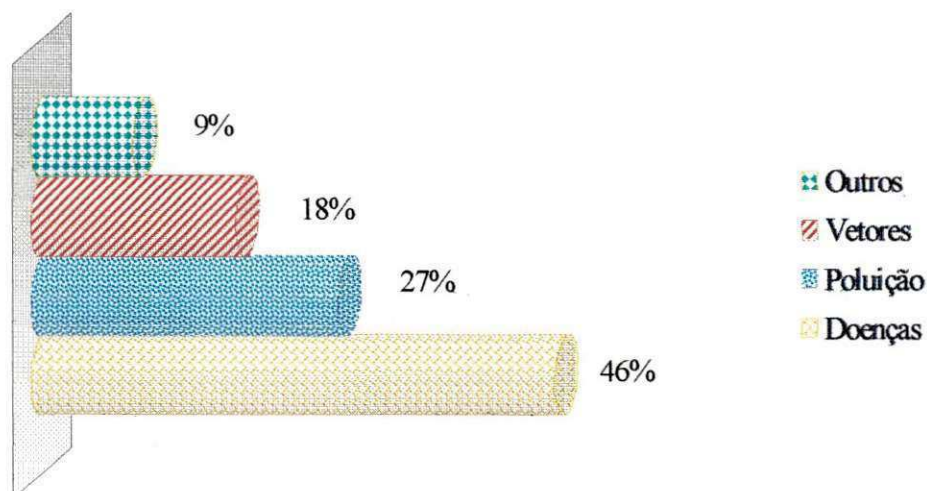


**Figura.3.15** – Distribuição da população com e sem informação a respeito do destino final do lixo no município de Coimbra (MG) em julho de 1999.

As Figuras 3.16 e 3.17 mostram que 77% das pessoas entrevistadas tinham conhecimento dos problemas causados pelo mau acondicionamento do lixo e que 46% delas apontavam as doenças relacionadas ao lixo como problema principal.

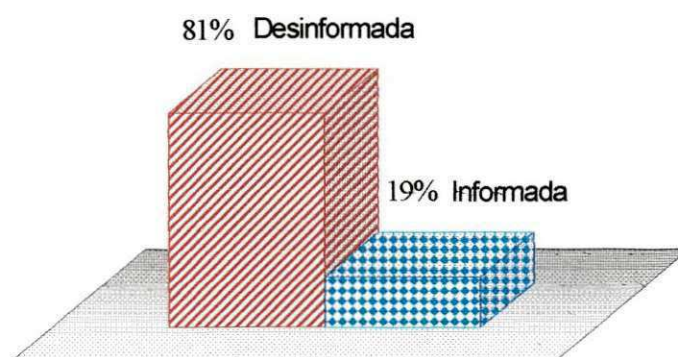


**Figura.3.16** – Distribuição da população entrevistada no município de Coimbra (MG) segundo o sua informação a respeito dos problemas causados pelo mau acondicionamento do lixo em julho de 1999.



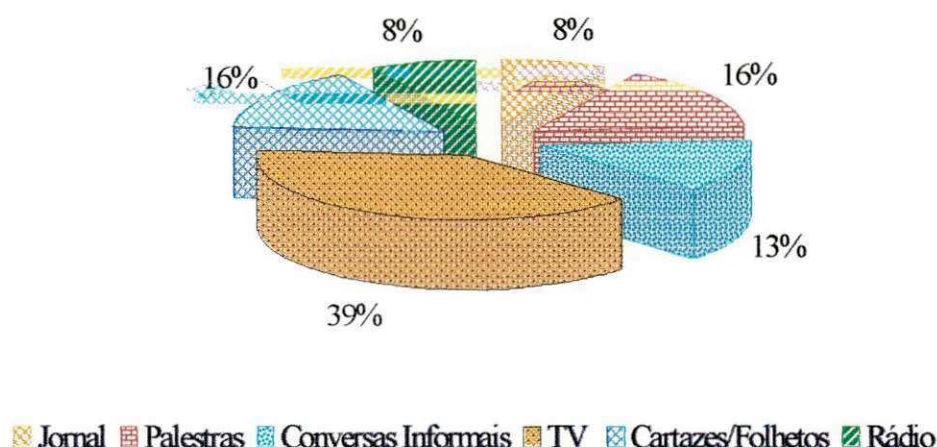
**Figura.3.17** – Principais problemas relacionados com lixo citados pela população entrevistada no município de Coimbra (MG) em julho de 1999.

Na Figura 3.18 observa-se que um número bastante expressivo (81% dos entrevistados) não estava informada a respeito das formas de produção dos bens de consumo. Esta desinformação, em relação ao consumo de energia elétrica, água e recursos naturais, além dos danos causados ao meio ambiente, dificultava a conscientização das pessoas com relação a necessidade de se reciclar os resíduos sólidos.



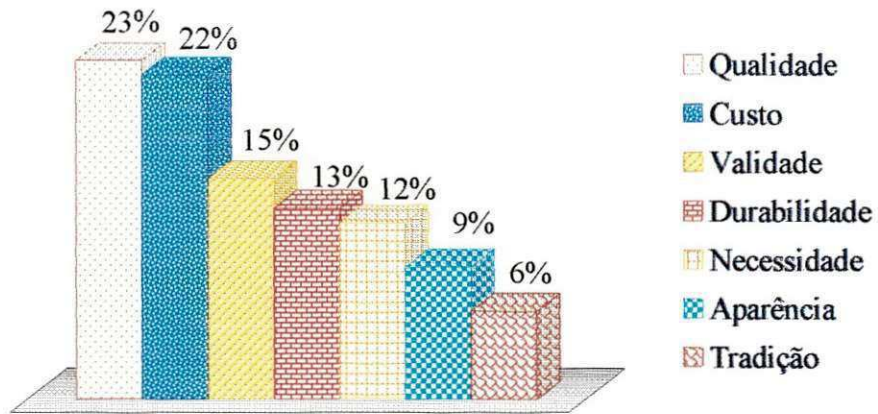
**Figura.3.18** – Distribuição da população entrevistada segundo o seu conhecimento em relação as formas de produção de bens de consumo em julho de 1999.

Na Figura 3.19 observa-se que 39% dos entrevistados tinham a televisão como o principal veículo de informação a respeito dos problemas relacionados ao lixo (índice de 39% dos entrevistados). O segundo meio de comunicação mais citado (16% dos entrevistados) foram cartazes e folhetos. Este valor foi resultado do empenho da Secretaria de Educação do Município em promover campanhas de educação ambiental, principalmente entre os alunos das escolas públicas municipais.



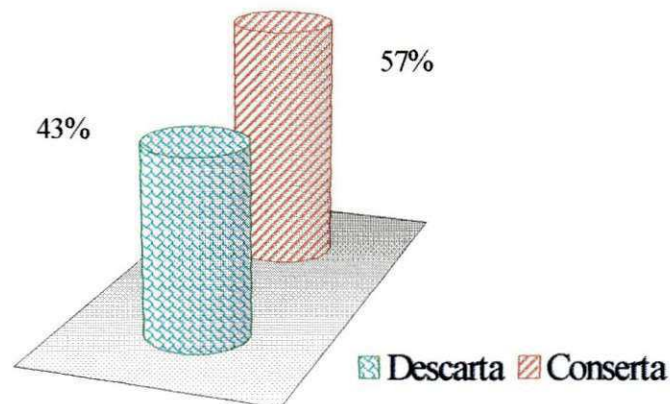
**Figura.3.19**– Principais veículos de comunicação através dos quais a população do município de Coimbra (MG) se mantém informada, em julho de 1999.

Na Figura 3.20 observa-se que a qualidade e o custo do produto foram os principais critérios adotados pelos entrevistados na hora da compra, com índices de 23% e 22% respectivamente. Outros critérios também foram citados como validade, durabilidade, necessidade, aparência e tradição mas em nenhum momento os entrevistados se mostraram preocupados com os danos causados com o descarte, após o uso, do produto ou com problemas das embalagens no meio ambiente.



**Figura.3.20** – Motivos citados pelo municípios entrevistados em Coimbra (MG) como sendo a razão da preferência de um produto a outro, em julho de 1999.

A Figura 3.21 mostra que 57% dos entrevistados costumavam consertar os produtos danificados para reutilizá-los. Este resultado mostra que a população não está preocupada com o produção de lixo. Praticamente metade dos entrevistado (43%) preferiam descartar os produtos a consertá-los, sem levar em conta o acúmulo de lixo no meio ambiente.

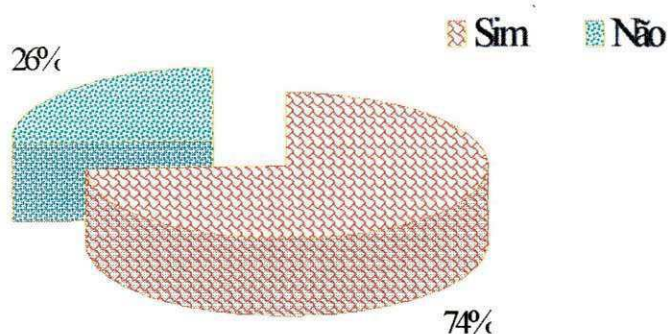


**Figura.3.21** – Atitude tomada pela população entrevistada no município de Coimbra (MG) quando um produto é danificado, em julho de 1999.

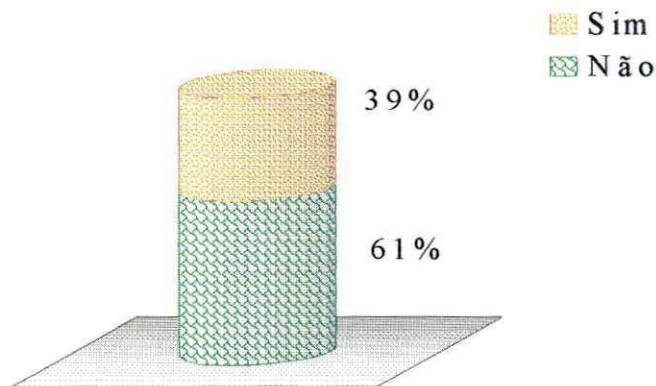
As Figuras de 3.22 a 3.25 referem-se as condições das lixeiras públicas nos logradouros no município de Coimbra (MG) e a opinião dos munícipes a respeito da limpeza das ruas.

No município de Coimbra (MG) foi observado um número satisfatório de lixeiras públicas em todos os logradouros visitados. A distância entre as residências e as lixeiras na zona urbana não ultrapassaram 30m, e na maioria das vezes não chegava a 15m.

As Figuras 3.22 e 3.23 mostram que 74 % dos entrevistados afirmaram haver presença de animais junto a lixeira pública assim como 39 % afirmou haver a presença de pessoas. Em geral, os animais que mexem no lixo são cães e gatos de rua a procura de alimentos. Com relação as pessoas, os entrevistados revelaram que na grande maioria são crianças a procura de brinquedos e as demais são vândalos ou pessoas embriagadas.

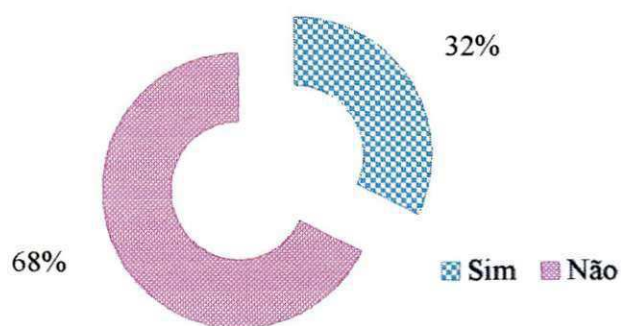


**Figura 3.22** - Distribuição da presença de animais na lixeira pública segundo a afirmação dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG), julho de 1999.



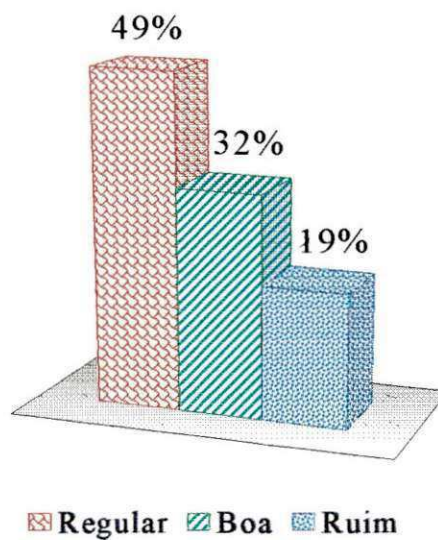
**Figura 3.23** - Distribuição da presença de pessoas mexendo na lixeira pública segundo a afirmação dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG), em julho de 1999.

Em relação a atração de vetores nas lixeiras públicas, a Figura 3.26 mostra que 68 % dos entrevistados afirmaram não haver esse tipo de problema nas ruas em que residem. Este comportamento já era esperado tendo em vista a frequência de coleta, que é diária na maioria dos logradouros ou em dias alternados, havendo um sincronismo considerado como satisfatório entre a hora da disposição do lixo e a hora (quase imediata) da coleta. Portanto, não há tempo suficiente para que apareçam grandes problemas como a atração de moscas e outros vetores.



**Figura 3.24** - Distribuição da existência de proliferação de vetores na lixeira pública segundo a afirmação dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG), em julho de 1999.

Na Figura 3.25 observa-se que para maioria dos munícipes (49%), a limpeza dos logradouros era regular, 32% achavam que é boa e a minoria (19%) achava ruim. Como já era esperado, o maior nível de insatisfação foi registrado nas ruas sem calçamento e nos locais onde a frequência da coleta era de no máximo duas vezes por semana ou nas ruas com ferrovias desativadas. As principais reclamações foram: acúmulo de lixo nas linhas de trem desativadas e lixo jogado fora das lixeiras.



**Figura 3.25** - Distribuição da opinião dos munícipes entrevistados em Coimbra (MG) a respeito da limpeza dos logradouros, em julho de 1999.



## CONCLUSÕES

- As Usinas de Reciclagem e Compostagem de baixo custo apresentam-se como uma alternativa viável de sistema de tratamento de lixo urbano para pequenas comunidades. A viabilidade desse sistema não só está relacionada com questões econômicas como também com questões sanitárias, sociais e ambientais. A economia de energia elétrica, matéria-prima, e água obtida com a reciclagem é significativa. Principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, com índices de pobreza elevados, o desperdício energético e de recursos naturais deveria ser inadmissível, no entanto, pouco se fala sobre o quanto é desperdiçado com a não reciclagem de materiais jogados no lixo.
- Existem outros ganhos importantes, relacionados com saúde pública através da extinção dos lixões que servem de abrigo para vetores e os ganhos ambientais e sociais. O primeiro está relacionado a não degradação do solo e ao fato de se evitar, ou diminuir, a poluição do ar e da água, e a extração de recursos naturais para fabricação de novos produtos. O segundo, refere-se a melhoria da qualidade de vida da população, aumento do sentimento de cidadania, criação de empregos diretos e indiretos.
- No caso do município de Coimbra (MG), além dos ganhos já citados, tem-se a projeção nacional do município, após a adoção da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo como sistema de tratamento, tendo a mesma sido citada como um exemplo de gerenciamento de resíduos sólidos urbano eficiente, em inúmeras reportagens de jornais e revistas, nacionais e internacionais.
- As principais vantagens do sistema de tratamento de lixo urbano do município de Coimbra (MG) são o baixo custo de implantação, a facilidade de operação, além da receita gerada com a venda dos materiais recicláveis. Um dos principais problemas enfrentados pela administração da usina tem origem no âmbito das residências, tendo em vista que, geralmente, os munícipes não têm o cuidado de separar o lixo, juntando em um mesmo recipiente resíduos como terra, materiais sépticos, material seco e úmido. Isto dificulta a triagem, contamina e desvaloriza os materiais passíveis de reciclagem.

- Outro problema enfrentado pela usina de Coimbra (MG) é a falta de concorrentes para compra dos materiais inertes. Com exceção do alumínio, a procura por materiais oriundos de usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano é limitada, principalmente quando no município não existe coleta seletiva.
- Nas proximidades da usina de Coimbra (MG), observa-se a construção de casas ao redor da usina. A mesma foi construída obedecendo os critérios técnicos exigidos para o tipo de empreendimento, para evitar qualquer forma de impacto ao meio ambiente entorno da área do projeto. Assim sendo, a usina não se encontrava localizada próxima a habitações. No decorrer dos cinco anos de implantação foram sendo construídas nas proximidades casas sem o consentimento da prefeitura. Atualmente, todo o terreno que fica ao lado e à frente da usina está tomado por residências de pessoas de baixa renda. A principal consequência disto é a presença de animais domésticos transitando nas dependências da usina e esses podem se tornar vetores na transmissão de doenças. Além disso, já houve casos de crianças entrarem na usina e, na ausência dos funcionários, brincarem e acabaram revirando e trocando as placas de identificação da leiras. Por isso a atenção dos funcionários ao que se refere a data de construção de cada uma das leiras deve ser redobrada para que os dias de reviramento sejam cumpridos rigorosamente.
- A administração da usina tem um papel preponderante no desempenho da mesma. Embora tenha uma rotina de funcionamento bastante simplificada, a usina requer do encarregado dedicação no sentido de zelar para que triagem seja eficiente, o processo de compostagem seja eficaz, o local de trabalho seja o mais agradável possível para os funcionários. Além de habilidade para negociar a venda dos materiais recicláveis.

## **RECOMENDAÇÕES**

Os futuros estudos e atividades poderão envolver as seguintes linhas:

- estudo das principais características do lixo em diferentes classes sociais (alta, média, baixa). Avaliação do potencial de materiais recicláveis presente no lixo, do nível de informação a respeito de reciclagem, e da disposição da população em participar do programa de coleta seletiva.
- viabilidade da criação de cooperativas de catadores e sucateiros numa microregião como fonte de empregos direto e indireto para a população de baixa renda. Estudo da quantidade de lixo que deixa de ir para os lixões devido a coleta informal, da renda obtida com a venda dos materiais recicláveis, do número de pessoas beneficiadas com o programa, etc.
- estudos do desenvolvimento de atividades de educação ambiental para os municípios das cidades onde já existe ou se pretende instalar uma Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (1999), São Paulo.  
(<http://www.abal.org.br/>).

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). **Resíduos Sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, 63 p. (NBR 10004).

ABRIVIDRO-ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO (1999). São Paulo. (<http://www.abividro.org.br/>)

ANEEL-AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (1999). Brasília.  
(<http://www.aneel.gov.br/>).

APHA-AWWA-WPCF (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health 19<sup>a</sup> Edition, Washinton D.C.,.

ASSEMAE/ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO (1994). **Tratamento de Resíduos Sólidos para Pequenas Comunidades**. Apostila do curso de Aperfeiçoamento em Resíduos Sólidos, Guarabira – PB.

AZEVEDO, G. D. (1999). Estratégias Desenvolvidas para a Promoção da Participação Comunitária nas Ações de Limpeza Urbana. 20<sup>o</sup> CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHEIRA SANITÁRIA E AMBIENTAL., Rio de Janeiro. ABES. Anais.

CALDERONI, S. (1998). **Os Bilhões Perdidos no Lixo**, 2<sup>a</sup> edição, Humanitas Editora/FFFLCH/USP, São Paulo.

- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998a). **Ficha Técnica nº 1 – Papel de Escritório**, 2ª edição, São Paulo.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998b). **Ficha Técnica nº 2 – Papel Ondulado**, 2ª edição, São Paulo.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998c). **Ficha Técnica nº 3 – Plástico Filme**, 2ª edição, São Paulo.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998d). **Ficha Técnica nº 4 – Latas de Alumínio**, 2ª edição, São Paulo.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998e). **Ficha Técnica nº 5 – Latas de Aço**, 2ª edição, São Paulo.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998f). **Ficha Técnica nº 6 - Vidro**, 2ª edição, São Paulo.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998g). **Ficha Técnica nº 7 – Plástico Rígido**, 2ª edição, São Paulo,.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (1998h). **Ficha Técnica nº 9 - PET**, 2ª edição, São Paulo.
- COELHO, E. J. (1994). **Sistemas de Aproveitamento de Lixo Urbano uma Avaliação Sócio Econômica**. [Dissertação do Curso de Mestrado apresentada à UFV, Departamento de Economia Rural, para obtenção do título Magister Scientiae, Viçosa, MG.]

CEBALLOS, B. S. O. (1995). **Utilização de Indicadores microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-árido. São Paulo.** 195 p. [Tese de Doutorado de Microbiologia, Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.]

CELULOIDE (1999) . <http://orbita.starmedia.com/~celuloides>.

CONAMA (1996) - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Legislação de Conservação da Natureza**, 4ª Edição. São Paulo, FBCN/CESP.

DIAZ, L.F. (1999). Overview of Solid Waste Management in Economically Developing Countries. In: **ORGANIC RECOVERY AND BIOLOGICAL**. Berlin: Rhombos. Setembro. Pag.749-758.. ORBIT 99.Anais.

GOLUEKE, C.G. (1977) **Biological Processing: Composting and Hydrolisis**. In: Solid Waster Management. Ed. Van Nostrand Reinholds, New Yord.. P.197 – 225.

GONÇALVES, D. L. (1997). O Crescimento da Produção de Lixo. **Revista Veja**, Ano 30, no 24, Editora Abril, São Paulo, 18 de Julho.

IBAM (1978) – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL **Manual de Tratamento e Disposição de Lixo**, Rio de Janeiro..

IBAM/CEMPRE (1996). Caderno de Reciclagem Número 2.O Papel da Prefeituras. São Paulo.

IBGE (1996) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**, Brasília.

- IPT (1995) - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS/CEMPRE- Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**, São Paulo.
- LATASA (1999). Latas de Alumínio S/A . (<http://www.latasa.com.br/index1.htm>).
- LELIS, M. P. N. (1998a). **Estudo e Avaliação do Balanço de Umidade na Compostagem: Determinação dos Limites toleráveis em Função da Velocidade de Degradação e Controle de Impactos Ambientais (produção de chorume)**. [Dissertação de Mestrado, UFMG- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte].
- LELIS, M. P. N. (1998b) .Reintegração Ambiental de Resíduos Sólidos Urbanos. **Revista Ação Ambiental**, Ano I, nº 1, p. 32, Agosto/Setembro.
- LESA (1999) – LABORATÓRIO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Universidade Federal de Viçosa.
- LIMA, L. M. Q. (1995) **Tratamento e Biorremediação de Lixo**, 3ª edição, Hemus Editora, São Paulo.
- LIPSCHUTZ, S. (1972) **Teoria e Problemas de Probabilidade**, 2ª edição, Ed. McGraw – Hill, Instituto de Matemática e Estatística da USP..
- LOPES, A. L. B (1997). ICMS Ecológico – Lei 12040/95. In: I ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. Viçosa, 21 a 24 de setembro. Anais.
- MALLANN, M. A. C (1998). A Educação Ambiental Aplicada à Problemática dos Resíduos Sólidos no Município de Porto Alegre. VIII SILUBESA- SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. João Pessoa, (pag. 58-67).

- MANDELLI, S. M. C; BOTOMÉ, S. P (1999). Condições para o Manejo de Resíduos Sólidos Domésticos no Âmbito das Residências e no Local de Transbordo na Via Pública. Trabalho apresentado no 20º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro. Anais .
- MANDELLI, S. M. D. (1997). **“Variáveis que Interferem no Comportamento da População no Manejo de Resíduos Sólidos Domésticos no Âmbito das Residências.** Tese de Doutorado apresentada na Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Educação, São Carlos.
- MARIBONDO, J. F (1994). **Concepção, projeto e otimização de usinas, de baixo custo, de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar, para o estado da Paraíba.** Dissertação de Mestrado, UFPB- Departamento de Engenharia Mecânica, Campina Grande.
- MARQUES, V. S. C. (1999). Consideração sobre a Coleta de Resíduos Domiciliares e Comerciais na Elaboração de um Plano Diretor Regional em Belo Horizonte, Estudo do Caso. Trabalho apresentado no 20º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro. Anais
- MEYER, P. L (1983). **Aplicações à Estatística**, 2ª Edição, Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., Rio de Janeiro.
- MORAES, L. R. S. (1997). Aspectos Epidemiológicos Relacionados aos Resíduos Sólidos Urbano: Um Estudo do caso, Trabalho apresentado no 19º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu,. Anais.



- OLIVEIRA, S. (1997) **Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microrregião Homogênea Serra de Botucatu- Caracterização Física dos Sólidos Domésticos na Cidade de Botucatu/SP.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomas, Botucatu.
- PAZ, M.C. F.(1998). **Avaliação das Propriedades Microbiológicas, Biológicas e Agronômicas de Quatro Compostos Orgânicos do Estado da Paraíba.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Areia - PB.
- PEREIRA NETO, J. T. & LELIS, M. P. N. (1999). Variação da Composição Gravimétrica e Potencial de Reintegração Ambiental dos Resíduos Sólidos Urbanos por Fisiografia do Estado de Minas Gerais. Trabalho apresentado no 20º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro. Anais.
- PEREIRA NETO, J. T. (1998a). Sistemas de Compostagem em Pequena Escala, **Informativo CEMPRE nº 42**, São Paulo, Novembro/Dezembro.
- PEREIRA NETO, J. T. (1998b). Lixo urbano no Brasil: Descaso, Poluição Irreversível e Mortalidade Infantil. **Revista Ação Ambiental**, Ano I, nº 1, Agosto/Setembro.
- PEREIRA NETO, J. T. (1997a) Gestão Municipal do Lixo Urbano: Tendências Atuais e Perspectivas. In: I ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, Viçosa. Anais.
- PEREIRA NETO, J. T.; SANTANA FILHO, S.; CARDOSO, I. M. (1997b). Utilização de Composto Orgânico de Lixo Urbano na Recuperação de Áreas Degradadas. In: 19º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu. Anais.

- PEREIRA NETO, J. T. (1996). **Manual de Compostagem**. UFV/SLU/UNICEF, Belo Horizonte.
- PEREIRA NETO, J. T. (1995). Reciclagem de Resíduos Orgânicos; Compostagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE RECICLAGEM, AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE. Campinas, p55-80. Anais .
- PEREIRA NETO, J. T. (1992). Alguns Aspectos Sobre o Estado da Arte do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil. In: **V Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1992, ABES/APESb.
- PEREIRA NETO, J. T. & BOHNENBERGER, J.C. (1990a). **Estimativa da Situação dos Resíduos Sólidos Urbanos (lixo) no Brasil**. Trabalho de pesquisa desenvolvido pelo laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa. [5 ed], 35p.
- PEREIRA NETO, J. T. (1990b). Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos., In: TRABALHO APRESENTADO NO I SIMPÓSIO DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL. Viçosa.
- PHILLIPI JÚNIOR, A . (1982). **Saneamento do Meio**. FUNDACENTRO/ UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO/FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA. Departamento de Saúde Ambiental.
- PINTO, R. (1998). PROLATA Estimula Reciclagem em Escala Industrial. **Revista Ação Ambiental**, Ano I, nº 1, p.26, Agosto/Setembro.
- PINTO, D. M. C. L.; BOLDOCHI, V. M. Z.; SILVA, A. R. (1998). Caracterização Física e Química da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos Domésticos. **VIII**

- SILUBESA- Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, João Pessoa. (pag. 10-17).
- RIBEIRO, C. J. (1997). **Estudo de um Sistema de Reciclagem e Tratamento de Lixo Domiciliar**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte].
- RIBEIRO, C. J. (1998). Quando o Lixo Tem valor. **Revista Ação Ambiental**, Ano I, nº 1, p. 33, Agosto/Setembro.
- RUBERG, C.& PHILIPPI JR., A. (1999). O gerenciamento de Resíduos Sólidos Domiciliares: Problema e Soluções – Um Estudo do Caso, In: 20º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro. Anais.
- RUBERG, C. PHILIPPI JR., A. O. (1998). Gerenciamento da Coleta Seletiva em Cidades Brasileiras. In: VIII SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa.
- RUSSO, M. A. T.; VIEIRA, J. M. P. (1998). A Compostagem de Resíduos Sólidos em Portugal, VIII SILUBESA- SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa., (pag. 132-144).
- RUSSO, M. A. T. (1998). Influência da Humidade no Processo de Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos. VIII SILUBESA- SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, abril, (pag. 10-17).
- SANGES, G. H. (1969). Limpeza Urbana- Métodos e Sistemas. **IBAM- Instituto Brasileiro de Administração Municipal**, série Desenvolvimento pelo Conhecimento, Rio de Janeiro.

SCHILLING, G. E. M.; ZENY, A. S. B. (1999). Auditorias de Redução de Resíduos, Trabalho apresentado no 20º CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, RIO DE JANEIRO, Anais .

VILHENA, A. (1998). Reciclagem de Resíduos Sólidos, **Revista Ação Ambiental**, Ano I, nº 1, Agosto/Setembro.

**ANEXO - ROTEIRO DE ENTREVISTA**

**Roteiro de entrevista utilizado para a coleta de dados com a municipais**

**(donas de casa ou auxiliares na administração da casa)**

**BLOCO 1 – IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Número do Roteiro: \_\_\_\_\_
2. Nome do Logradouro: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_
3. Bairro: \_\_\_\_\_
4. Identificação da Área: \_\_\_\_\_
5. Entrevistado: \_\_\_\_\_
  - 5.1 Sexo ( )    5.2 Faixa Etária: \_\_\_\_\_    5.3 Escolaridade: \_\_\_\_\_
  - 5.4 Ocupação: \_\_\_\_\_    5.5 Faixa de Renda: \_\_\_\_\_
6. Categoria:
  - 6.1 Residência ( )    6.2 Estabelecimento Comercial ( )    6.3 Repartição Pública ( )
7. Tempo que reside (ou está estabelecido) ou é usuário da rua: \_\_\_\_\_

**BLOCO II – FORMA DE ACONDICINAMENTO DO LIXO**

8. O que a Sra. (Sr.) costuma fazer com o material considerado lixo?
  - 8.1 Coloca tudo em um recipiente para coleta ( )
  - 8.2 Separa o lixo seco do lixo úmido ( )
  - 8.3 Outros.Especificadamente: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
9. Que tipo de coisa costuma deixar ou dispor no terreno da residência?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
10. Já teve coleta seletiva em sua rua?    Sim ( )    Não ( )

11. A Sra. (Sr.) foi orientada quanto a forma correta de separação do lixo? Através de quem e como foram fornecidas essas informações?

---

---

---

12. O que a Sra. (Sr.) acha do programa de coleta seletiva? \_\_\_\_\_

---

---

13. A Sra. (Sr.) gostaria de participar de um programa de coleta seletiva (coleta do lixo separado: seco e úmido)? \_\_\_\_\_

---

---

14. Que tipo de dificuldade a Sra. (Sr.) tem para separar o lixo?

---

---

---

15. A Sra. (Sr.) costuma lavar e/ou esvaziar por completo as embalagens separadas?

Sim ( ) Não ( )

16. A Sra. (Sr.) conhece o destino desse lixo separado? Sim ( ) Não ( )

17. Na sua opinião quais são as vantagens e as desvantagens de se separar o lixo?

17.1 Para população: \_\_\_\_\_

---

---

17.2 Para prefeitura: \_\_\_\_\_

---

---

17.3 Para o meio ambiente: \_\_\_\_\_

---

---

18. Em que tipo de recipiente a Sra. (Sr.) acondiciona o lixo?  
18.1 Sacos de lixo ( ) 18.2 Sacolas de supermercados ( ) 18.3 Lixeira de plástico ( )  
18.4 Outros ( ) Quais? \_\_\_\_\_
19. Esse recipiente é sempre o mesmo? Sim ( ) Não ( )
20. A Sra. (Sr.) tem dificuldade para adquirir os recipientes utilizados para acondicionar o lixo? Quais?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
21. A Sra. (Sr.) tem alguma dificuldade com o manuseio do recipiente no que diz respeito ao tamanho e/ou ao formato do mesmo? Quais? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
22. Quanto tempo o seu lixo fica estocado em casa? \_\_\_\_\_
23. Em que dia da semana a Sra. (Sr.) produz mas lixo? \_\_\_\_\_
24. Em que local (ou locais) a Sra. (Sr.) costuma colocar o seu lixo antes da coleta? \_\_\_\_\_
25. É comum haver proliferação de vetores (moscas, larvas, baratas, etc.) em seu lixo?  
Sim ( ) Não ( )
26. A Sra. (Sr.) costuma transportar o seu lixo até a via pública:  
Logo após a geração ( )  
Costuma guardar na residência até que tenha maior volume para a coleta( )
27. A que horas a Sra. (Sr.) costuma colocar o lixo na rua para ser coletado? \_\_\_\_\_

**BLOCO III – LIMPEZA DO LOGRADOURO**

28. Qual é a frequência de coleta na sua rua?  
Diária ( ) Em dias alternados ( ) Uma vez por semana ( ) Outra ( )  
Qual? \_\_\_\_\_
29. Qual o período da coleta? Manhã ( ) Tarde ( ) Noite ( )



30. Onde a Sra. (Sr.) costuma colocar o lixo para ser coletado? \_\_\_\_\_
31. Há lixeiras (depósito público) em sua rua para os moradores depositarem o lixo? Se há, a que distância fica de sua residência? \_\_\_\_\_
32. É comum haver animais vadios “mexendo” no lixo a ser coletado? Sim ( ) Não ( )
33. É comum haver pessoas “mexendo” no lixo? Sim ( ) Não ( ) . Se sim para tirarem o que? \_\_\_\_\_
34. É comum haver proliferação de vetores (moscas, larvas, baratas, etc.) nas lixeiras da sua rua? Sim ( ) Não ( )
35. A Sra. (Sr.) considera a limpeza de sua rua:  
31.1. Ruim ( ) 1.2. Deficiente ( ) 31.3. Regular ( ) 31.4.Boa ( ) 31.5. Ótima ( )
36. A Sra. (Sr.) encontra com freqüência lixo espalhado pela rua? Sim ( ) Não ( )
37. Qual a principal fonte de sujeira dessa rua? \_\_\_\_\_
38. Existe algum ponto usual de acúmulo de lixo na rua?
39. Sim ( ) Onde? \_\_\_\_\_ Não ( )
40. Dê uma nota de 1 a 5 para o aspecto geral da limpeza dessa rua: \_\_\_\_\_
41. Na sua opinião quais os aspectos que prejudicam a limpeza dessa rua?  
38.1. \_\_\_\_\_ 38.2. \_\_\_\_\_  
38.3. \_\_\_\_\_ 38.4. \_\_\_\_\_
42. A Sra. (Sr.) acha que após a implantação da usina de Reciclagem e Compostagem de Coimbra a limpeza da cidade melhorou? Sim ( ) Não ( )  
Outro \_\_\_\_\_
43. O que a Sra. (Sr.) acha dos serviços que a UFV/LESA na cidade?  
Bom ( ) Regular ( ) Ruim ( )

**BLOCO IV – NÍVEL DE CONSIENTIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

44. A Sra. (Sr.) Sabe como são produzidos os bens de consumo ( consumo de água e energia, riquezas naturais, processos poluidores, etc.)? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

45. A Sra. (Sr.) já ouviu falar dos problemas que o lixo causa ao meio ambiente? Quais?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

46. Através de que meio foram fornecidas essas informações?

45.1 Jornal ( )      45.2 TV ( )      45.3 Palestra ( )      45.4 Rádio ( )

45.5 Cartazes/Folhetos ( )      45.6 Conversas informais ( )      45.7 Outros ( ) Quais?  
\_\_\_\_\_

47. A Sra. (Sr.) costuma lê as informações sobre a embalagem antes de comprar o produto?

Sim ( )      Não ( )

48. O que a Sra. (Sr.) considera importante para a escolha do bem de consumo no mercado? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

49. O que leva a Sra. (Sr.) a preferir um produto a outro?

14.1 Custo ( )    14.2 Necessidade ( )    14.3 Tradição ( )    14.4 Aparência ( )

14.5 Durabilidade ( )    14.6 Consertabilidade ( )

14.7 Característica de recuperação do produto e/ou da embalagem ( )

50. Quando um produto é danificado a Sra. (Sr.) costuma consertar ou trocar por um novo?

Conserta ( ) Troca ( ) Outro ( ) Qual? \_\_\_\_\_

Observações do entrevistado: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Observações do entrevistador: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_