

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE

Secretaria de Educação
Profissional e Tecnológica

Ministério
da Educação



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL**

**VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E
COMPOSTAGEM DE LIXO NO MUNICÍPIO DE MACAÉ**

MARCELO VIZEU DIAS

MACAÉ/RJ
2011

MARCELO VIZEU DIAS

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E
COMPOSTAGEM DE LIXO NO MUNICÍPIO DE MACAÉ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de atuação Estratégias locais para o desenvolvimento regional: diagnóstico e proposições.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Rogério Nogueira de Souza

Dias, Marcelo Vizeu

Viabilidade de Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de Lixo no Município de Macaé
Macaé/RJ, 72 Págs.

Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental linha de pesquisa sustentabilidade regional.

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense, 2011.

1. Resíduos Sólidos Urbanos
2. Usina de Triagem e Compostagem
3. Viabilidade Econômica

Dissertação intitulada Viabilidade de Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de Lixo no Município de Macaé, elaborada por Marcelo Vizeu Dias e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, área de atuação Estratégias locais para o desenvolvimento regional: diagnóstico e proposições, linha de pesquisa Promoção da Sustentabilidade Regional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em: _____ de 2011

Banca Examinadora:

Paulo Rogerio Nogueira de Souza, Doutor em Ciências pela UFRJ; e Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense.

Marcelo Silva Sthel, Doutor em Física pela Universidade Estadual de Campinas/Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro -UENF

José Augusto Ferreira da Silva, Doutor em Geografia; e Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu saudoso pai, Damião, que sempre me impulsionou para o estudo. Por todos os seus exemplos de responsabilidade e compromisso com as tarefas assumidas, e por toda a sua dedicação na minha educação para que eu fosse hoje, um homem de bem, muito obrigado pai.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as oportunidades de crescimento na caminhada;

A todos os mestres que sabiamente contribuíram na minha formação, todos eles foram importantes;

Ao meu sogro, Ney, pela contribuição norteadora e fundamental na análise econômica;

Aos funcionários da Secretaria de Limpeza Pública de Macaé pela parceria fundamental na análise gravimétrica dos resíduos sólidos;

Ao Instituto Federal Fluminense, pela oportunidade proporcionada;

A minha esposa, Luciana, por toda dedicação e companheirismo;

A minha mãe, por todo carinho e preocupação nos momentos aflitivos da minha vida;

Ao meu orientador, professor Paulo Rogério, por todas as horas de leitura e dedicação a realização do trabalho;

A Ana Julia, aluna de iniciação científica, que contribui nas saídas de campo;

A todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização do trabalho.

RESUMO

A relevância da implantação de uma usina de triagem e compostagem de lixo no município de Macaé é abordada neste trabalho, visando o aproveitamento econômico dos resíduos, além dos ganhos sociais e ambientais. Apresenta as principais metodologias na caracterização de resíduos sólidos urbanos, e informa a composição gravimétrica dos RSU do município de Macaé. O estudo expõe a situação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e propõe uma alternativa para minimizar os impactos negativos causados por estes, prevendo a viabilidade econômica de implantação do projeto. O estudo demonstrou a viabilidade econômica considerando uma usina de reciclagem de resíduos ou uma usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Usina de Triagem e Compostagem, Viabilidade Econômica

ABSTRACT

The relevance of the implementation of a sorting and composting plant waste in the municipality of Macae is addressed in this paper, aimed at the economic use of waste, in addition to social and environmental gains. Presents the main methods for the characterization of municipal solid waste, and informs the gravimetric composition of MSW in the city of Macae. The study presents the situation of municipal solid waste in Brazil and offers an alternative to minimize the negative impacts caused by them, predicting the economic viability of the project implementation. The study demonstrated the economic viability considering a recycling plant or a waste recycling plant and composting of municipal solid waste.

Key words: Municipal Solid Waste, Composting and Screening Plant, Economic Viability

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1**.....pág. 20
Município de Macaé
- FIGURA 2**.....pág. 32
Setor de Triagem
- FIGURA 3**.....pág. 33
Equipamento e montes para reviramento da biomassa
- FIGURA 4**.....pág. 34
Esquema de unidade de triagem e compostagem
- FIGURA 5**.....pág. 38
Evolução da Reciclagem de Sucata de Alumínio no Brasil (%)
- FIGURA 6**.....pág. 38
Evolução dos Índices de Reciclagem de Latas de Alumínio de 1991 a 2009 (%)
- FIGURA 7**.....pág. 39
Papéis Recicláveis: Comparação entre as Taxas de Reciclagem do Brasil e de um Grupo de Países Selecionados em 2009 (%)
- FIGURA 8**.....pág. 40
Evolução do Consumo de Plásticos Reciclados no Brasil por tipo de Plástico
- FIGURA 9**.....pág. 40
Evolução da recuperação de PET no Brasil
- FIGURA 10**.....pág. 41
Evolução dos Índices de Reciclagem de Vidro no Brasil (%)

FIGURA 11.....pág. 55
Despejo dos resíduos

FIGURA 12.....pág. 55
Homogeneização dos resíduos

FIGURA 13.....pág. 55
Quarteamento da amostra

FIGURA 14.....pág. 55
Pesagem dos resíduos

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	pág. 23
Geração de RSU por faixa de renda dos países	
TABELA 2	pág. 23
Quantidade de RSU gerado	
TABELA 3	pág. 24
Coleta e geração de RSU no Estado do Rio de Janeiro em 2010	
TABELA 4	pág. 26
Composição gravimétrica/porcentagem do peso	
TABELA 5	pág. 27
Projeção de geração de RSU do município de Macaé	
TABELA 6	pág. 29
Composição Gravimétrica	
TABELA 7	pág. 57
Comparativo da composição gravimétrica/porcentagem do peso dos RSU	
TABELA 8	pág. 58
Receita Bruta para reciclagem e compostagem	
TABELA 9	pág. 59
Investimento Inicial	
TABELA 10	pág. 60
Despesa Operacional	

TABELA 11.....pág. 61
DRE para usina de reciclagem e compostagem

TABELA 12.....pág. 61
DRE para usina de reciclagem (sem compostagem)

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	pág. 31
Tratamentos de RSU, tipos de resíduos, vantagens e desvantagens	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro
- COMLURB – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
- CSSLL - Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
- DRE - Demonstração de resultados do exercício
- EPI – Equipamento de proteção individual
- FEEMA – Fundação Estadual Engenharia do Meio Ambiente
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IQM - Índice de Qualidade dos Municípios
- IR – Imposto de Renda
- MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- PIB – Produto Interno Bruto
- PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
- RAS - Relatório Ambiental Simplificado
- ROB - Receita operacional bruta
- RSU - Resíduos Sólidos Urbanos
- SELIMP - Secretaria de Limpeza Pública
- URC - Unidades de Reciclagem e Compostagem

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	pág. 8
LISTA DE TABELAS	pág. 10
LISTA DE QUADROS	pág. 12
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS	pág. 13
1. INTRODUÇÃO	pág. 17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	pág. 19
2.1. O Município de Macaé.....	pág. 19
2.2. Definição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).....	pág. 20
2.3. Geração de RSU.....	pág. 22
2.4. Caracterização de RSU.....	pág. 24
2.5. Tratamento e Destinação Final dos Resíduos.....	pág. 30
2.6. Triagem e Compostagem	pág. 32
2.7. Política Nacional de Resíduos Sólidos	pág. 36
2.8. Reciclagem	pág. 37
2.9. Coleta Seletiva.....	pág. 41
2.10. Educação Ambiental.....	pág. 43
3. ARTIGO CIENTÍFICO	pág. 45
3.1. Título do Artigo	pág. 45
3.2. Resumo	pág. 45
3.3. Abstract	pág. 45
3.4. Introdução	pág. 46
3.5. Revisão de Literatura	pág. 47
3.6. Material e Método	pág. 53
3.7. Resultados e Discussão	pág. 56

3.8. Conclusões	pág. 62
3.9. Referências bibliográficas	pág. 63
4. CONCLUSÕES	pág. 66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	pág. 67

1. INTRODUÇÃO

A geração crescente de resíduos e a necessidade de disposição final constituem um dos grandes problemas ambientais na sociedade atual. A descarga do lixo nas cidades de todo o mundo sempre representou sério problema à saúde pública e ao meio ambiente. Depósitos em áreas urbanas durante séculos tratados sem os devidos cuidados, sempre estiveram associados à propagação de doenças, seja diretamente via pessoas e animais coexistindo nestes locais, seja por meio da contaminação dos mananciais de água, dos solos e dos alimentos (JAMES, 1997).

Uma das formas de atacar o problema seria a redução do volume de resíduos gerados. Essa diminuição pode ser obtida através de dois caminhos que se complementam. O primeiro envolve a modificação dos padrões de produção e consumo, que pode ser considerada a verdadeira solução, pois minimizaria o problema em suas origens. Porém, este é um objetivo mais utópico e de longo prazo, pois envolve profundas transformações culturais, econômicas e sociais. O segundo, envolve as medidas complementares que devem ser tomadas imediatamente e que também contribuem para a redução do volume de resíduos sólidos a ser disposto. Estas medidas são todas aquelas que atuam no sentido de diminuir a enorme subutilização do potencial dos resíduos sólidos urbanos, seja através da reciclagem, compostagem, da reutilização direta ou do aproveitamento energético.

Dentre as alternativas de destino final para os resíduos gerados, pode-se destacar: aterros sanitários, reaproveitamento, reciclagem, incineração e compostagem. Todavia, no Brasil, boa parte do que é gerado não é coletado e, do que é coletado, a maior parte é disposta de forma inadequada. Segundo estudos já publicados, a melhor forma de tratar os resíduos orgânicos, que compõem até cerca de 65% do total dos resíduos sólidos urbanos produzidos (PEREIRA NETO, 1998), é transformá-los em fertilizante orgânico.

O município de Macaé, em função do grande aumento populacional, ocasionado pela instalação do pólo de extração e produção de petróleo na região, tem gerado muito mais resíduos do que o previsto no estudo realizado para a implantação do novo aterro sanitário do município. A diferença do resíduo gerado para o estimado pelo Relatório Ambiental Simplificado (RAS) do novo aterro sanitário é de 89 toneladas. Essas 89 toneladas a mais diminuirão a vida útil do aterro e podem ocasionar problemas de difícil remediação. A implantação de uma usina de triagem e compostagem aliviaria a carga de resíduos destinados ao aterro, aumentando sua vida útil e, aproveitaria o potencial que a carga orgânica, que constitui grande parte do resíduo, pode oferecer.

A relevância de se trabalhar este tema se justifica, baseado em dados do IBGE (2010), do quantitativo de resíduos sólidos produzidos no país, aproximadamente 50% (percentagem em peso) é constituído por resíduos orgânicos putrescíveis. Na sua maioria, estes resíduos são dispostos inadequadamente no meio ambiente, sendo responsáveis por prejuízos consideráveis ao solo, ar e mananciais hídricos, além de causar uma parcela significativa das doenças evitáveis registradas.

Segundo D'Almeida e Vilhena (2000), uma usina de triagem e compostagem, quando bem operada, permite diminuição de 50%, em média, do volume de resíduos sólidos que seria destinado aos aterros, permitindo, com isso, redução de custos dos serviços e do aumento da vida útil dos aterros sanitários ou controlados existentes.

A quantidade de composto orgânico produzido numa usina de triagem e compostagem é da ordem de 40% da quantidade inicial de lixo que chega a usina. É certo que a composição do lixo varia de município para município, porém se uma parte desse lixo for utilizada em produção de composto orgânico e outra reciclada em indústrias de papel, metal, plástico e vidro, o volume final com destino a aterros sanitários será bastante reduzido.

Desta forma, de maneira geral, foram levantadas informações sobre a viabilidade de implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo no município de Macaé, de forma a mostrar, que pode ser uma saída viável aos problemas ambientais causados por lixões e aterros sem controle no município e cidades vizinhas.

Os objetivos específicos são: a) estimar a composição gravimétrica dos resíduos gerados no município de Macaé; b) analisar os resultados positivos e as dificuldades encontradas pelas usinas de triagem e compostagem a serem visitadas; c) verificar a viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem em Macaé.

Os principais resultados foram: a composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Macaé, o que permitiu também realizar o estudo da viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem de lixo no município. Através do estudo demonstrou-se que o empreendimento é altamente lucrativo, com um tempo de retorno do investimento curto, além dos ganhos ambientais referentes ao prolongamento da vida útil do aterro sanitário.

Esta dissertação está dividida em quatro capítulos. O primeiro introduz sobre o que trata este trabalho, esclarece sobre a motivação e justificativa do trabalho e informa sobre os objetivos gerais e específicos do trabalho, bem como resume seus principais resultados.

O segundo trata da revisão bibliográfica e contempla (i) o Município de Macaé, de forma a mostrar sua localização e alguns aspectos sociais e econômicos; (ii) a definição de

resíduos sólidos urbanos (RSU); (iii) a geração de RSU, situando a geração de resíduos a nível nacional e regional e os fatores que influenciam nessa geração; (iv) a caracterização de RSU, fazendo um apanhado das principais técnicas de caracterização; (v) o tratamento e a destinação final dos resíduos; (vi) a triagem e a compostagem; (vii) a Política Nacional de Resíduos Sólidos e, (viii) a reciclagem.

O terceiro capítulo traz um artigo científico como um dos produtos do presente trabalho, onde são expostos os materiais e a metodologia empregada na execução do trabalho bem como os resultados da pesquisa.

O quarto capítulo trata das conclusões do trabalho e aponta algumas recomendações para estudos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Município de Macaé

O município de Macaé tem extensão territorial de 1.216 km² e está localizado a uma latitude de -22°37'08" e longitude de -41°78'69". Segundo dados do IBGE sua população em 2010 chegou a 206.728 pessoas. A figura 1 mostra a localização em detalhe do município no Estado do Rio de Janeiro.

No ano de 2010 o município recebeu em royalties e participações especiais, R\$ 398.897.470,99. O orçamento para o ano de 2010 foi de R\$ 1.210.660.500,00 bilhões e o município apresenta um PIB per capita de R\$ 120.062. Vale ressaltar que a Bacia de Campos é responsável por 86% da produção do petróleo nacional e 47% do gás natural.

O Índice de Qualidade dos Municípios (IQM, 2005), realizado pela Fundação CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro) indica que Macaé está entre as três melhores cidades do Estado em qualidade de vida. Esse índice avalia 67 variáveis, 38 indicadores e sete grupos que mostram as condições das cidades de atrair novos investimentos. E ainda, segundo dados do IBGE, o índice de pobreza do município é de 14,65%, o sexto menor do Estado.

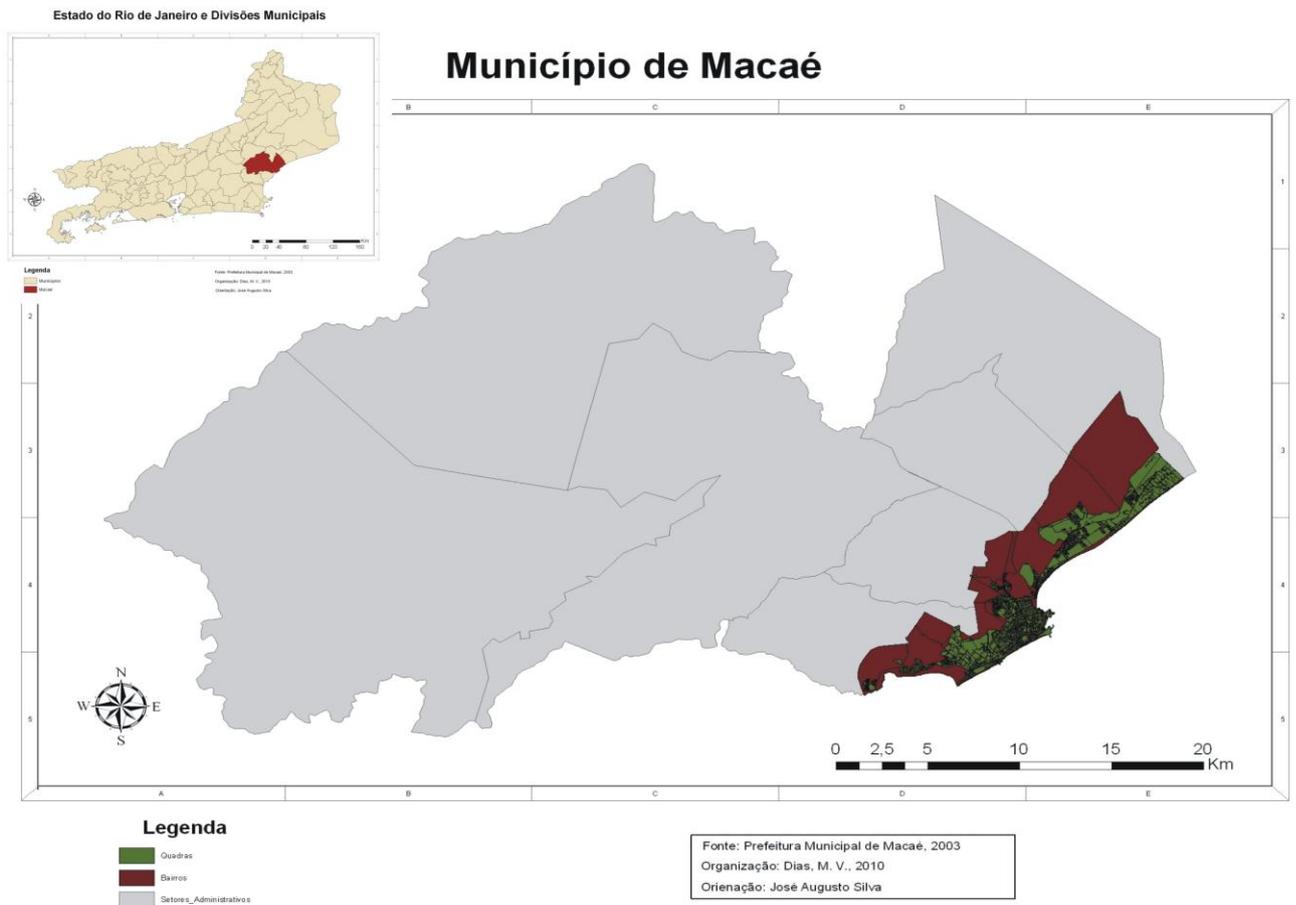


Figura 1 – Município de Macaé – Fonte: Prefeitura Municipal de Macaé, 2003.

2.2. Definição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A definição de resíduos sólidos, segundo a Norma NBR 10004, (ABNT, 2004) é a seguinte:

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

Os resíduos sólidos recebem diferentes classificações de acordo com a sua origem, periculosidade, finalidade, composição química, entre outros. Uma das principais

classificações dos resíduos sólidos é dada pela ABNT, 2004 que divide os resíduos sólidos em:

- Classe I (perigosos): Possuem potencial risco a saúde pública e ao meio ambiente. Apresentam uma ou mais características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- Classe II (não perigosos):
 - Classe IIA (não inertes): São os que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou IIB. Podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - Classe IIB (inertes). São quaisquer resíduos não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), classifica os resíduos sólidos da seguinte forma:

I - quanto à origem:

- a) resíduos sólidos urbanos: resíduos sólidos gerados por residências, domicílios, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviços e os oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, que por sua natureza ou composição tenham as mesmas características dos gerados nos domicílios;
- b) resíduos sólidos industriais: resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos e instalações industriais, bem como os gerados nos serviços públicos de saneamento básico;
- c) resíduos sólidos de serviços de saúde: resíduos sólidos oriundos dos serviços de saúde, conforme definidos pelo Ministério da Saúde em regulamentações técnicas pertinentes;
- d) resíduos sólidos rurais: resíduos sólidos oriundos de atividades agropecuárias, bem como os gerados por insumos utilizados nas respectivas atividades; e
- e) resíduos sólidos especiais ou diferenciados: aqueles que por seu volume, grau de periculosidade, de degradabilidade ou outras especificidades, requeiram procedimentos

especiais ou diferenciados para o manejo e a disposição final dos rejeitos, considerando os impactos negativos e os riscos à saúde e ao meio ambiente.

II - quanto à finalidade:

a) resíduos sólidos reversos: resíduos sólidos restituíveis, por meio da logística reversa, visando o seu tratamento e reaproveitamento em novos produtos, na forma de insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos; e

b) rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos acessíveis e disponíveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Uma classificação mais específica para resíduos sólidos urbanos (RSU), além da mencionada anteriormente na PNRS, é dada pela FEEMA (FEEMA, 1994), que trata RSU como:

“resíduos sólidos e semi-sólidos gerados num aglomerado urbano (residências, comércio, logradouros, indústrias, hospitais, etc.), excetuados os resíduos industriais provenientes de processos e tratamento, os hospitalares sépticos e aqueles advindos de portos e aeroportos”.

2.3. Geração de RSU

A geração dos RSU é dependente de fatores culturais, hábitos de consumo, poder aquisitivo, fatores climáticos, nível educacional e características de gênero e idade dos grupos populacionais, sendo afetada, também, pelas variações da economia, aspectos climáticos e sazonais, influências regionais, migrações e turismo (ERTHAL NETO, 2006).

A quantificação prática se baseia no índice denominado produção *per capita* de lixo, que representa a quantidade de resíduos sólidos, gerada por habitante em um determinado tempo, geralmente expresso em Kg/hab.dia.

Na América Latina e Caribe, a geração de resíduos sólidos urbanos varia de 0,5 a 1,2 Kg/hab.dia, sendo a média regional de 0,92 Kg/hab.dia. Nas áreas metropolitanas e cidades com mais de 2 milhões de habitantes a média é de 0,97 Kg/hab.dia; em cidades entre 500 mil e 2 milhões de habitantes essa média chega a 0,74 Kg/hab.dia; e em cidades médias e pequenas com menos de 500 mil habitantes a média é de 0,55 Kg/hab.dia (MONTEIRO, 2001).

A Tabela 1 expõe as faixas de geração de RSU em função da renda dos países.

Tabela 1 – Geração de RSU por faixa de renda dos países

Renda dos Países	Geração dos RSU
Renda baixa	0,4 – 0,6 Kg/hab.dia
Renda média	0,5 – 0,9 Kg/hab.dia
Renda alta	0,7 – 1,8 Kg/hab.dia

Fonte: Monteiro, 2001

No Brasil, segundo dados da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), a média total de produção de lixo diária para o ano de 2010, é de, aproximadamente, 195.090 toneladas. Esses dados são mostrados na Tabela 2. Acredita-se que cada brasileiro produza em média, de meio a um quilo de lixo por dia, variando este número de acordo com o poder aquisitivo de uma dada localidade (IBGE, 2000). Cada brasileiro produz, por ano, dez vezes o seu próprio peso em resíduos domésticos, dentre estes, cerca de 90 latas de bebidas, 2 árvores transformadas em papel, 107 frascos em geral, 70 latas de alimentos e 45 kg de plástico.

Tabela 2 – Quantidade de RSU gerado

Região	2009	2010		
	RSU Coletado (t/dia)/ Índice (Kg/hab/dia)	População Urbana (hab)	RSU Coletado (t/dia)	Índice (Kg/habitante/dia)
Norte	12.072 / 1,051	11.663.184	12.920	1,108
Nordeste	47.665 / 1,254	38.816.895	50.045	1,289
Centro-Oeste	13.907 / 1,161	12.479.872	15.539	1,245
Sudeste	89.460 / 1,204	74.661.877	96.134	1,288
Sul	19.624 / 0,859	23.257.880	20.452	0,879
BRASIL	182.728 / 1,152	160.879.708	195.090	1,213

Fonte: ABRELPE, 2010

No Estado do Rio de Janeiro, segundo dados da ABRELPE, que constam no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2010 a geração de resíduos e coleta podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 – Coleta e geração de RSU no Estado do Rio de Janeiro em 2010

UF	População Urbana 2010 (hab)	RSU Coletado por Habitante (kg/hab/dia)	RSU Coletado (t/dia)	RSU Gerado (t/dia)
RJ	15.466.996	1,295	20.024	20.465

Fonte: ABRELPE, 2010.

No município de Macaé, segundo dados fornecidos pela SELIMP, Secretaria de Limpeza Pública, a quantidade média de resíduos coletados por dia é de 200 toneladas. Admitindo a população atual do município que é de 206.728 habitantes, segundo dados do Censo 2010 do IBGE, chegaríamos a uma taxa de 0,967 (kg/hab/dia).

2.4. Caracterização de RSU

Através da composição física dos resíduos sólidos são mostradas as potencialidades econômicas do lixo, que servirão de subsídio para a escolha do melhor e mais adequado sistema de tratamento e disposição final.

As características e composição física dos RSU são influenciadas por vários fatores, como: números de habitantes; poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população; condições climáticas e sazonais; e ainda mudanças na política econômica da região.

Os resíduos sólidos urbanos apresentam diferentes categorias de componentes que podem ser obtidas a partir da composição gravimétrica. Os componentes básicos dos resíduos sólidos urbanos incluem (PROSAB 3, 2003):

- Matéria orgânica putrescível: restos alimentares, flores, podas de árvore;
- Plástico: sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de rafia;
- Papel e papelão: caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas;

- Vidro: copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios;
- Metal ferroso: palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios;
- Metal não-ferroso: latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica;
- Madeira: caixas, tábuas, palitos de fósforos e de picolé, tampas, móveis, lenha;
- Embalagem longa-vida: embalagens de produtos alimentícios (leite, sucos, massas, cremes, etc);
- Tecidos e Couros: roupas, panos, bolsas, mochilas, sapatos, tapetes, luvas, cintos;
- Contaminante químico: pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticidas, colas em geral, cosméticos, vidro de esmalte, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel-carbono, filme fotográfico;
- Contaminante biológico: papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gazes e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, embalagens de anestésicos, luvas;
- Pedra, terra e cerâmica: vasos de flores, pratos, restos de construção, tijolos, cascalho, pedras decorativas;
- Diversos: velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, lápis de cera, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação.

A partir da análise gravimétrica dessas categorias é possível definir as tecnologias de acondicionamento, estocagem, transporte, tratamento e disposição final para os resíduos sólidos.

De acordo com Vilhena (1999), antes de iniciar qualquer projeto que envolva tratamento de resíduos sólidos, é importante avaliar qualitativamente e quantitativamente o perfil dos resíduos sólidos gerados no município em estudo permitindo assim estruturar melhor todas as etapas do projeto.

O município de Macaé ainda não recebeu nenhum estudo aprofundado que caracterize a composição de seu RSU. Os dados contidos no RAS para a implementação do aterro sanitário, em funcionamento atualmente, foram baseados em municípios com características sócio-econômicas equivalentes. Esses dados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição gravimétrica/porcentagem do peso

ITENS	% PESO
<i>Papel</i>	27,11
<i>Papelão</i>	2,75
<i>Plástico</i>	11,76
<i>Vidro</i>	4,72
<i>Metais ferrosos</i>	2,09
<i>Metais não ferrosos</i>	0,46
<i>Pano e trapo</i>	2,03
<i>Madeira</i>	1,73
<i>Couro e borracha</i>	1,35
<i>Matéria orgânica</i>	46,00
TOTAL	100,0

Fonte: RAS (2005) – Aterro Sanitário de Macaé.

No RAS do aterro também consta a previsão da geração de RSU para o município nos próximos 20 anos. Estes dados podem ser consultados na Tabela 5. Todavia, segundo Veloso *et al.* (2009), em entrevista feita com o administrador do aterro, a quantidade recebida de resíduos, no ano de 2009, é de 320 toneladas por dia, um valor muito acima do esperado para o ano de 2009, o que acabará diminuindo a vida útil do aterro. Este fato comprova também a urgência de um estudo mais aprofundado sobre as características dos resíduos gerados no município, e de alternativas de gerenciamento dos resíduos que diminuam a quantidade diária de resíduos enviados para o aterro.

Tabela 5 – Projeção de geração de RSU do município de Macaé

<i>ANO</i>	<i>Produção diária de RSU (t)</i>	
<i>1</i>	2006	200
<i>2</i>	2007	210
<i>3</i>	2008	220
<i>4</i>	2009	231
<i>5</i>	2010	243
<i>6</i>	2011	255
<i>7</i>	2012	267
<i>8</i>	2013	281
<i>9</i>	2014	295
<i>10</i>	2015	309
<i>11</i>	2016	325
<i>12</i>	2017	341
<i>13</i>	2018	358
<i>14</i>	2019	375
<i>15</i>	2020	394
<i>16</i>	2021	413
<i>17</i>	2022	434
<i>18</i>	2023	455
<i>19</i>	2024	478
<i>20</i>	2025	502

Fonte: RAS (2005) – Aterro Sanitário de Macaé.

Alguns trabalhos publicados mostram diferentes metodologias para a caracterização de RSU.

A metodologia descrita por Nóbrega (2003) leva em consideração a amostragem nos principais bairros do município em questão. As etapas são as seguintes:

- escolha do bairro a ser amostrado,
- o caminhão da coleta despeja os resíduos em quatro montes,
- em seguida, faz-se uma mistura e separa-se duas partes e despreza-se as outras duas,
- faz-se uma nova mistura e um novo quarteamento da amostra, assim a amostra final deve ter em torno de 100Kg.

Na composição ou caracterização gravimétrica são separados manualmente os seguintes componentes: papel, papelão, metais ferrosos, metais não-ferrosos, plásticos, vidro, madeira, trapo, terra, matéria orgânica, ossos entre outros. Em seguida são determinados os pesos de cada material separado através de uma balança.

Mandelli (1997), Pessin (2001) e De Conto *et al.* (2002) propõem a escolha de três bairros, representando respectivamente as classes de poder aquisitivo alta (A), média (M) e baixa (B) do município. Após a coleta dos resíduos sólidos em cada bairro selecionado, os mesmos serão transferidos para uma área previamente preparada com lona plástica. As principais etapas serão as seguintes:

- Descarga dos resíduos e rompimento de sacos;
- Preenchimento de quatro tonéis de 200 litros com a retirada de amostras de resíduos sólidos de cinco pontos (topo e quatro laterais) do monte;
- O conteúdo dos tonéis será despejado sobre uma lona plástica e iniciado o processo de mistura e quarteamento da amostra;
- De um montante de 800 litros serão efetuados dois quarteamentos (com descarte vis-a-vis) até a obtenção de uma amostra de 200 litros.

Ao término do quarteamento, na amostra de 200 litros serão identificados os componentes presentes na mesma, diferenciado-se as seguintes categorias: matéria orgânica putrescível; plástico; papel/papelão; vidro; metal ferroso; metal não-ferroso; pano, trapo, couro e borracha; madeira; contaminante biológico; contaminante químico; pedra, terra e cerâmica e diversos.

Silveira (2004), descreve a seguinte metodologia para a caracterização da composição gravimétrica:

- Descarga do caminhão em pátio pavimentado ou coberto por lona, ao abrigo do sol, chuva, vento, e temperatura excessiva, de forma a inibir alterações do teor de umidade da massa a ensaiar, bem como o início da decomposição da matéria orgânica;
- Rompimento dos sacos, homogeneização da massa de lixo; com a utilização de tambores, coletar 4 amostras de 100 L cada, obedecendo à ordem de coletar o material da base, do topo e das laterais da pilha formada pela descarga do caminhão;
- Pesagem dos latões;
- Formação de uma pilha com este material

- Fazer a triagem dos materiais da amostra, separando-os em classes, pesando-os e determinando a porcentagem de cada componente no peso total da amostra, conforme o modelo indicado na tabela 6.

Tabela 6 – Composição Gravimétrica

ITENS	Porcentagem(%)	PESO (Kg)
<i>Borracha</i>		
<i>Couro</i>		
<i>Madeira</i>		
<i>Matéria Orgânica</i>		
<i>Metais Ferrosos</i>		
<i>Metais não-ferrosos</i>		
<i>Papel</i>		
<i>Papelão</i>		
<i>Plástico</i>		
<i>Plástico-filme</i>		
<i>Trapos</i>		
<i>Vidros</i>		
<i>Outros materiais</i>		

Fonte: Silveira, 2004

Loureiro (2005), cita os seguintes procedimentos para a análise da composição gravimétrica:

- São selecionadas algumas amostras de lixo "solto", provenientes de diferentes áreas de coleta, para achar resultados que se aproximem o máximo possível da realidade;
- As amostras são misturadas, com auxílio de pás e enxadas, num mesmo "lote", rasgando-se os sacos plásticos, caixas de papelão, caixotes, etc.;
- A massa de resíduos é dividida em quatro partes. Um dos quartos resultantes é escolhido para nova divisão em mais quatro e assim por diante, ou quarteamento;
- Os quarteamentos devem cessar quando o volume de cada uma das partes for de aproximadamente 1 m³;
- Qualquer uma das quatro partes do material deve ser separada para análise;

- Em seguida são escolhidos cinco recipientes de capacidade e pesos próprios conhecidos (tambores vazios de 200 litros, usados para armazenar óleo, são ideais);
- Os recipientes são preenchidos até a borda com o lixo do "quarto" selecionado.
- Escolher dois tambores de lixo e separar manualmente os componentes: papel e papelão; plástico; madeira; couro e borracha; pano e estopa; folha, mato e galhada; matéria orgânica (restos de comida); metal ferroso; metal não-ferroso (alumínio, cobre, etc.); vidro; louça, cerâmica e pedra; e agregado fino, isto é, todo material peneirado em malha de uma polegada (1") e de difícil catação, composto de pó, terra, grãos de arroz, etc.
- Em seguida, deve ser determinado o peso de cada um dos materiais separados. Finalmente, através de regra de três simples, é obtido o percentual em peso de cada componente, ou seja, a composição gravimétrica do lixo;

2.5. Tratamento e Destinação Final dos Resíduos

O tratamento dos resíduos sólidos consistem em uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou em local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável. As principais formas de tratamento empregadas aos resíduos são: reciclagem, incineração, compostagem e aterro sanitário. São apresentadas no quadro 1 as principais características, vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento.

O aproveitamento dos resíduos gerados pode trazer vários benefícios não só do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista econômico, pois tais soluções são atrativas tanto na redução de custos de transporte e da disposição legal do aterro, quanto na redução dos custos globais das matérias-primas. A escolha dos métodos de tratamento e disposição final deve considerar fatores técnicos, legais e financeiros.

Tratamento	Tipos de Resíduos	Vantagens	Desvantagens
Reciclagem	<ul style="list-style-type: none"> - Plásticos; - Vidros; - Metais; - Papel; - Papelão; - Resíduos da construção civil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de recursos naturais, energia e água; - Pode ser rentável; - Diminui o volume de resíduos; - Pode gerar empregos e renda, entre outros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alguns processos de reciclagem são caros; - Precisa de mercado que aceite materiais recicláveis;
Compostagem	<ul style="list-style-type: none"> - Orgânicos como resto de comida, verduras e frutas; - Lodo de estações de tratamento de esgoto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de resíduos enviados aos aterros; - Utilização do composto na agricultura, jardins, etc; - Pode ser feita na própria residência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode não haver mercado consumidor para o composto; - Pode haver emissão de maus odores; - Quando não monitorado, o composto pode promover riscos à saúde do homem, animais e plantas.
Incineração	<ul style="list-style-type: none"> - Resíduos perigosos como ácidos, óleos, materiais químicos, etc. - Resíduos dos serviços de saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição considerável do volume e do peso dos resíduos; - Aumento da vida útil de aterros; 	<ul style="list-style-type: none"> - Riscos de poluição atmosférica; - Alto custo de operação e instalação
Aterro Sanitário	<ul style="list-style-type: none"> - Qualquer tipo de resíduo, com exceção dos radioativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser empregada a maioria dos resíduos sólidos; - Comporta, por um período, determinado, grandes volumes de resíduos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda grandes áreas para sua instalação; - Os subprodutos gerados, biogás e lixiviados, são altamente poluidores, merecendo tratamento muitas vezes caro.

Quadro 1 – Tratamentos de RSU, tipos de resíduos, vantagens e desvantagens

Fonte: SNSA, 2007

2.6. Triagem e Compostagem

A compostagem é um processo de decomposição biológico, via oxidação aeróbia, que transforma resíduos orgânicos em um composto estabilizado com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem. A compostagem é normalmente realizada em locais abertos onde o resíduo é disposto em montes de forma cônica, chamados pilhas de compostagem. De maneira geral, constitui um processo de biodegradação para o tratamento da matéria orgânica presente em resíduos sólidos. Caracteriza-se pela produção de CO₂, água e pela liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES E SILVA, 1999). O composto produzido pode ser utilizado como insumo agrícola, de odor agradável e livre de organismos patogênicos.

Resíduos orgânicos provenientes de atividades humanas, dejetos de animais, restos de agricultura e de estabelecimentos comerciais e industriais, com alto grau de biodegradabilidade, podem ser destinados a unidades de compostagem, onde alguns riscos potenciais destes resíduos são praticamente eliminados, tais como: odores, contaminação patogênica e ocupação de grandes áreas de disposição. As características físico-químicas e biológicas de resíduos orgânicos são bastante diversificadas. A quantidade e qualidade varia de acordo com a origem do resíduo; assim é necessário o conhecimento das características de cada resíduo, para a tomada de decisão quanto a tecnologia mais apropriada de reaproveitamento de matéria orgânica. Abaixo, apresenta-se algumas fotos referentes ao processo de triagem e compostagem.



Figura 2 – Setor de triagem. Fonte: Santos *et al.* 2006



Figura 3 – Equipamento e montes para reviramento da biomassa. Fonte: Dantas, 2008

O fluxo de processos nas unidades de reciclagem e compostagem consiste das seguintes atividades:

1. Recebimento dos resíduos, segregação ou triagem: separação manual dos materiais recicláveis como plásticos, PET's, vidros, alumínio, papel, papelão e outros;
2. Remoção dos metais ferrosos: latas, pregos (pode ser manual ou podem ser utilizados separadores eletromagnéticos);
3. Materiais recicláveis são armazenados em fardos para posterior transporte;
4. Remoção de componentes mais pesados como cacos de vidro, tijolo, louça, pedras (separadores balísticos). Esses materiais podem ser enviados para reciclagem de RCC;
5. Separação da matéria orgânica para o processo de compostagem;
6. Trituração da matéria orgânica com a finalidade de uniformizar os componentes, misturando os mais ricos em nitrogênio (resíduos animais) com os mais pobres (resíduos vegetais); os mais suculentos com os mais secos; os mais pesados com os mais leves.
7. Material assim tratado e preparado vai para o pátio ou baias de compostagem onde acontece o processo de cura ou maturação da matéria orgânica;
8. Após completo o ciclo de maturação, o material é peneirado;
9. Após checagem das exigências da legislação, o produto se transforma em composto orgânico.

A figura a seguir demonstra o fluxograma de funcionamento de uma usina de triagem e compostagem.

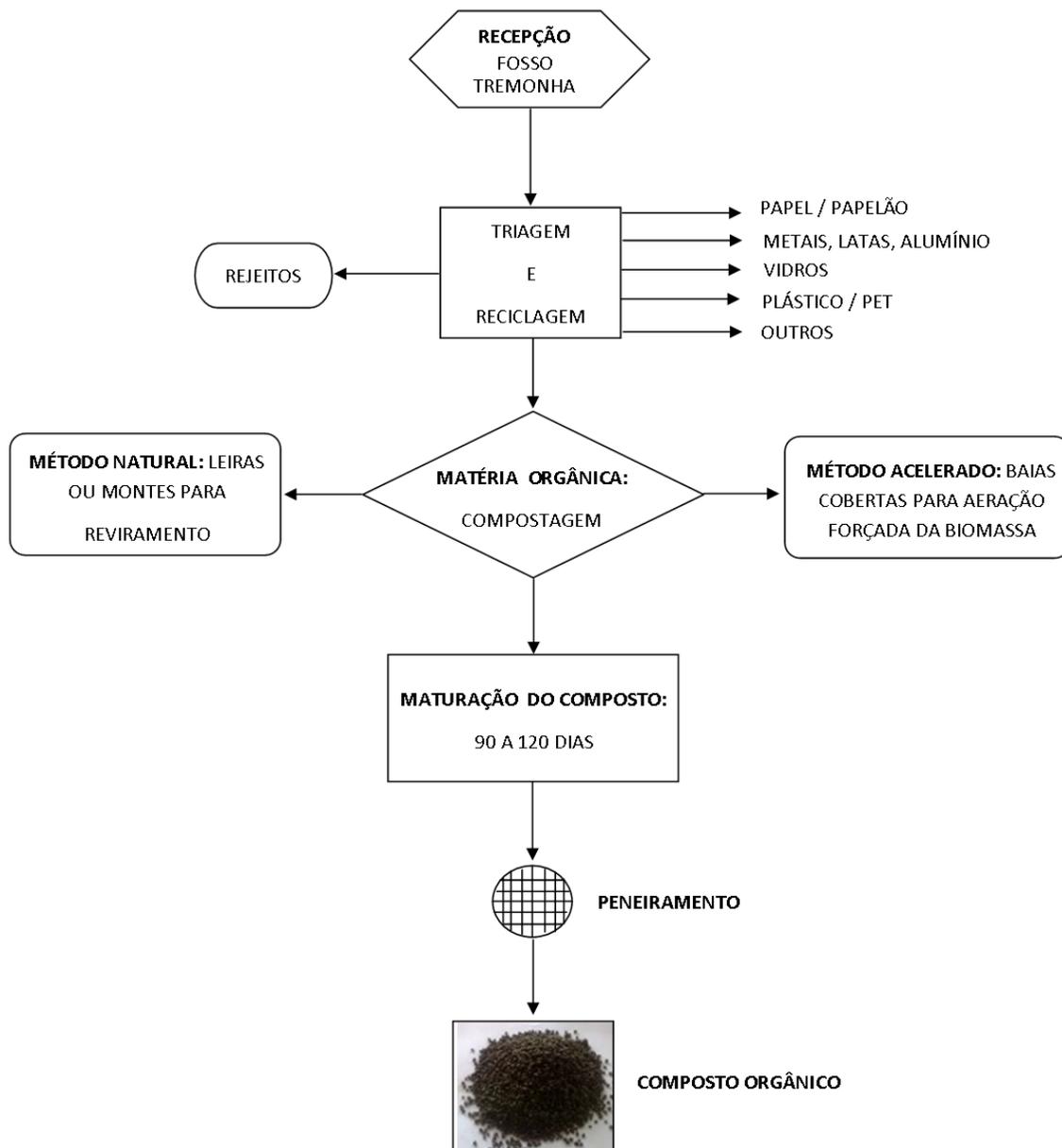


Figura 4: Esquema de unidade de triagem e compostagem – Fonte: Dantas, 2008 (Adaptado)

As Unidades de Reciclagem e Compostagem contribuem para a redução do volume total de lixo, mas ainda são gerados rejeitos nas URC, que devem ter destinação adequada.

Nimermark e Hogland (1998), demonstram que mais de 75% dos resíduos sólidos domiciliares são biologicamente degradáveis e podem ser utilizados para a produção de composto. Mesmo após a separação na fonte da fração de papel, cerca de 55-60% dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares restantes são biologicamente degradáveis.

De acordo com D'Almeida (2000) quanto aos impactos econômicos, no contexto brasileiro, a compostagem tem grande importância, uma vez que cerca de 50% do lixo municipal é constituído por material orgânico. As principais vantagens da compostagem no âmbito econômico são: as reduções nos investimentos para a instalação dos aterros sanitários causados pela diminuição da quantidade de resíduos sólidos, o aproveitamento agrícola da matéria orgânica, a reciclagem de nutrientes para o solo reduzindo os custos da produção agrícola, a economia de tratamento de efluentes.

A busca por uma alternativa de vida saudável tem provocado uma maior procura pelos alimentos produzidos sem o uso de agrotóxicos, em razão disso, abre-se um mercado cada vez maior para os produtos orgânicos, inclusive para exportação. Muitas instituições públicas e bancos privados estão atentos para estas tendências.

No Brasil, a introdução das usinas de reciclagem e compostagem começou na década de 70. O incentivo para a implantação dessas usinas ocorreu nos anos 86/87, quando o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, propôs às prefeituras municipais uma linha de crédito específica para a compra de equipamentos, visando a triagem e compostagem do lixo urbano (BLEY JÚNIOR, 1993).

De acordo com Figueiredo (2001), os impactos ambientais da compostagem constituem-se na redução dos resíduos sólidos orgânicos de origem animal e vegetal que deixam de gerar gases e maus odores, líquidos percolados, atrair animais vetores como as moscas, ratos e baratas que passam a viver, alimentam-se e proliferam-se nos restos orgânicos e são normalmente vetores de doenças humanas como: tifo, leptospirose, peste bubônica, diarreias infantis e outras igualmente perigosas. Por meio da compostagem os resíduos orgânicos são decompostos, tornando disponível os nutrientes para as plantas.

Segundo Wagner (1998), os impactos sociais envolvem a população que passa a se conscientizar do seu poder e dever de separar o lixo, contribuindo assim mais ativamente com os programas ambientais e do recolhimento de resíduos sólidos orgânicos para a compostagem, diminuindo a prática condenável da catação de resíduos em ruas, avenidas, mercados, feiras e nos próprios lixões, realizada por homens, mulheres e crianças que vivem em condições sub-humanas nessas áreas de despejos, em contato com materiais contaminados e perigosos, caso do lixo tóxico e do lixo hospitalar.

2.7. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem o intuito de avançar para a gestão adequada dos processos e pessoas que convivem e sobrevivem através desta atividade. A PNRS está relacionada com outros instrumentos legais, tais como: a Lei 11.445/2007 – que trata das diretrizes nacionais do saneamento básico (BRASIL, 2007); Lei 9.966/2000 – sobre a prevenção, controle e fiscalização da poluição por óleos e substâncias perigosas (BRASIL, 2000); Lei 9.974/2000 – que dispõe sobre a pesquisa e experimentação, embalagem e rotulagem, transporte e armazenamento, comercialização e utilização, importação e exportação, classificação e controle, disposição final de resíduos (BRASIL, 2000); Lei 9.795/1999 – que dá as diretrizes nacionais da educação ambiental (BRASIL, 1999), também integra a Política Nacional do Meio Ambiente estabelecida pela Lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981).

O texto aprovado aborda aspectos importantes sobre a gestão dos resíduos em nosso país e estabelece: o conceito de ciclo de vida dos produtos, considerando todas as etapas de produção: desenho, matérias primas, produção, armazenamento, reciclagem e disposição final; ressalta que embalagens devem facilitar a reutilização e a reciclagem, restringindo o volume e o peso; esclarece sobre a responsabilidade compartilhada pós consumo entre os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores; aborda o conceito da logística reversa, com obrigação das empresas estabelecerem sistemas de retorno pós consumo, independentes dos serviços de limpeza pública, de embalagens de agrotóxicos, baterias, pilhas, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos, pneus, etc.; e ressalta a importância da criação e desenvolvimento de cooperativas e associações de trabalhadores em materiais recicláveis como parte dos processos de logística reversa e inclusão social.

A PNRS estabelece ainda distinção clara entre resíduos e rejeitos. Define como resíduos: materiais que sobram após ações ou processos de produção e/ou consumo e rejeitos: lixo, materiais considerados inúteis, não passíveis de reaproveitamento ou reciclagem. Define ainda como cada ente federativo deverá gerenciar seus resíduos sólidos, sendo indispensável implantarem-se programas integrados nos planos nacional, estaduais, regionais e municipais. Regulamenta que os setores empresariais deverão se adequar através de um gerenciamento ambiental que previna os passivos e estabeleça planos adequados de manejo dos resíduos e rejeitos em suas atividades. Prevê acordos setoriais entre os governos em suas esferas e as

empresas. Garante à sociedade o direito à informação e ao controle social no gerenciamento e destinação final dos resíduos.

A implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos deverá originar grandes transformações nos modos de produção, distribuição e consumo, melhorando a relação da sociedade com o meio ambiente, possibilitando deixarmos uma herança sustentável às futuras gerações do Brasil. É indispensável atenção da sociedade e ação dos poderes públicos para que esta lei se incorpore ao modo de agir e pensar sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil.

2.8. Reciclagem

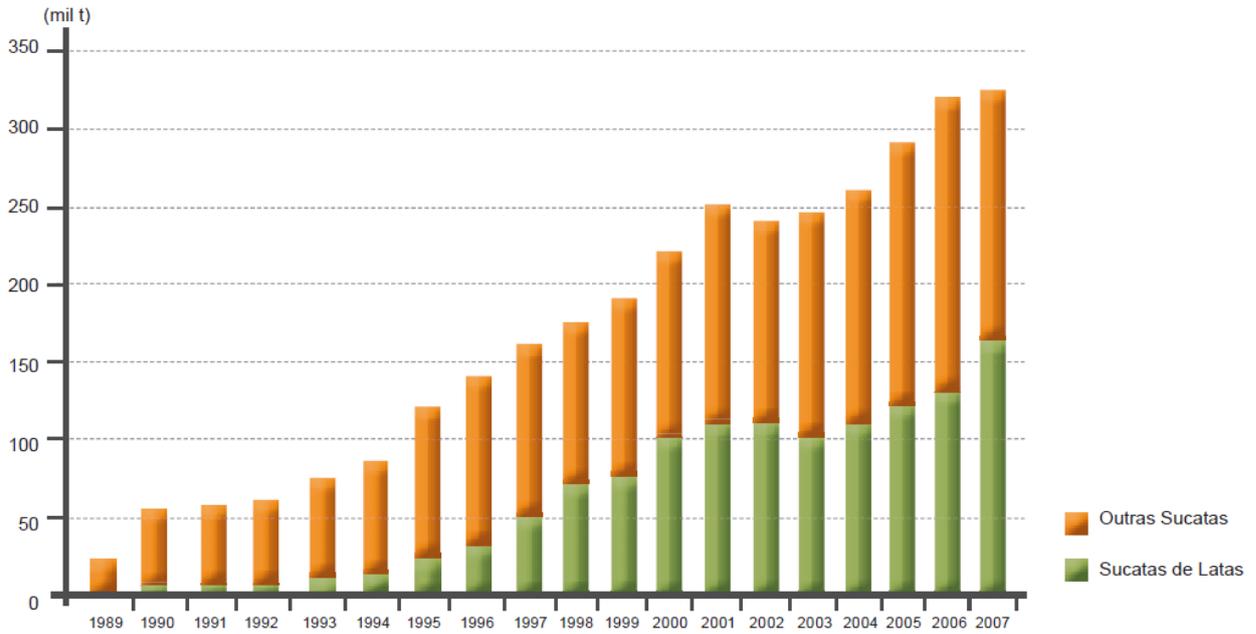
A partir da implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos passou a existir uma hierarquia a ser seguida na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos, com uma ordem de prioridade de ações a serem seguidas. Dentre tais ações, a reciclagem foi inserida como fator prioritário no processo de gestão de resíduos. A reciclagem, nos termos da lei, é o processo de transformação dos resíduos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas a transformação em insumos ou novos produtos.

O panorama das atividades de reciclagem no Brasil relativos a alumínio, papel, plástico e vidro, segundo dados da ABELPRE, 2010, é o seguinte:

2.8.1. Alumínio

A figura 5 demonstra que nos últimos dez anos a quantidade reciclada de sucata de latas de alumínio passou a ser relevante e os dados mais recentes mostram o atingimento de cerca de 50% do total de alumínio reciclado.

Figura 5 - Evolução da Reciclagem de Sucata de Alumínio no Brasil (%)

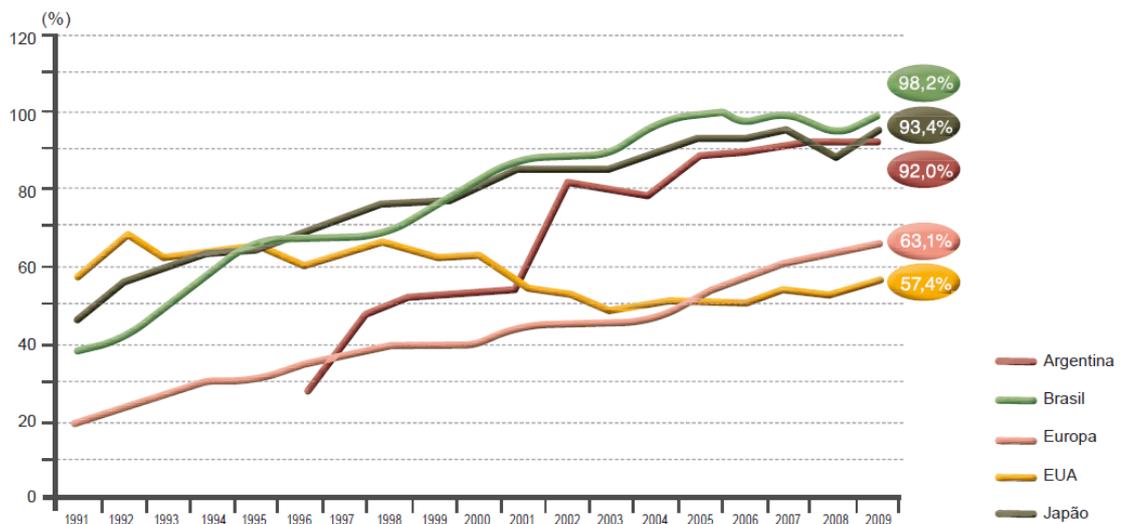


Fonte: ABRELPE, 2010.

Em função de sua visibilidade e, principalmente, do seu curto ciclo de vida, a lata de alumínio utilizada no envase de bebidas aparece como um ícone do sucesso da reciclagem de alumínio no Brasil.

O Brasil consolidou sua liderança mundial, atingindo a marca de 98,2 % de latas de alumínio recicladas relativamente ao total de latas comercializadas no mercado interno.

Figura 6 - Evolução dos Índices de Reciclagem de Latas de Alumínio de 1991 a 2009 (%)



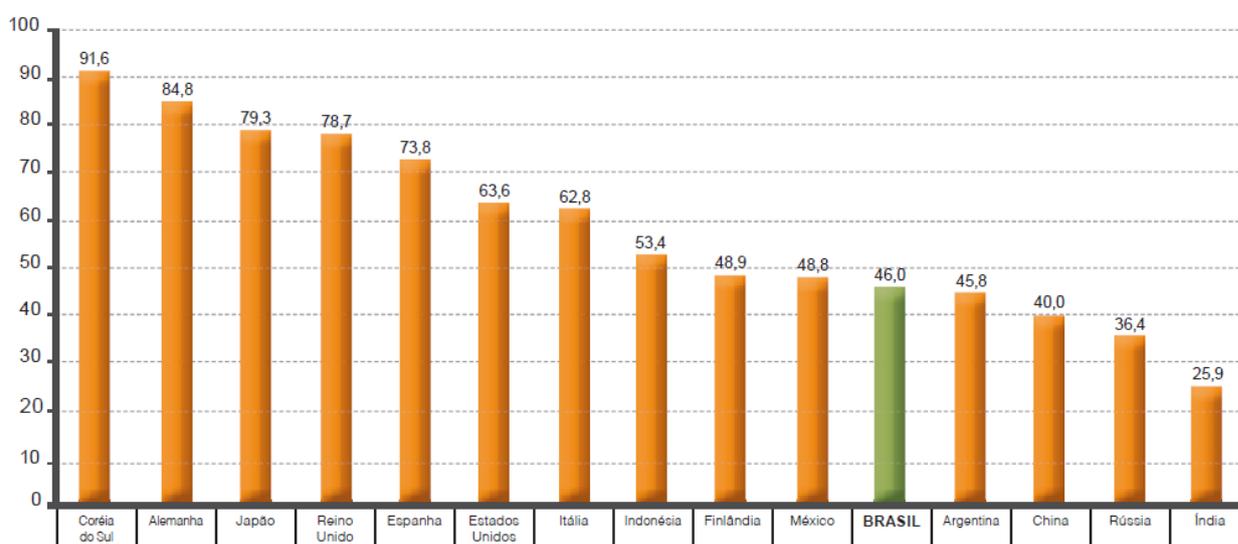
Fonte: ABRELPE, 2010.

2.8.2. Papel

A reciclagem anual de papéis é obtida pela divisão da taxa de recuperação de papéis recuperáveis (com potencial de reciclagem) pela quantidade total de papéis recicláveis consumidos no mesmo período.

Em 2009, o Brasil registrou uma taxa de recuperação de 46%, a qual indica o percentual de reciclagem dos papéis passíveis de reciclagem.

Figura 7 – Papéis Recicláveis: Comparação entre as Taxas de Reciclagem do Brasil e de um Grupo de Países Selecionados em 2009 (%)

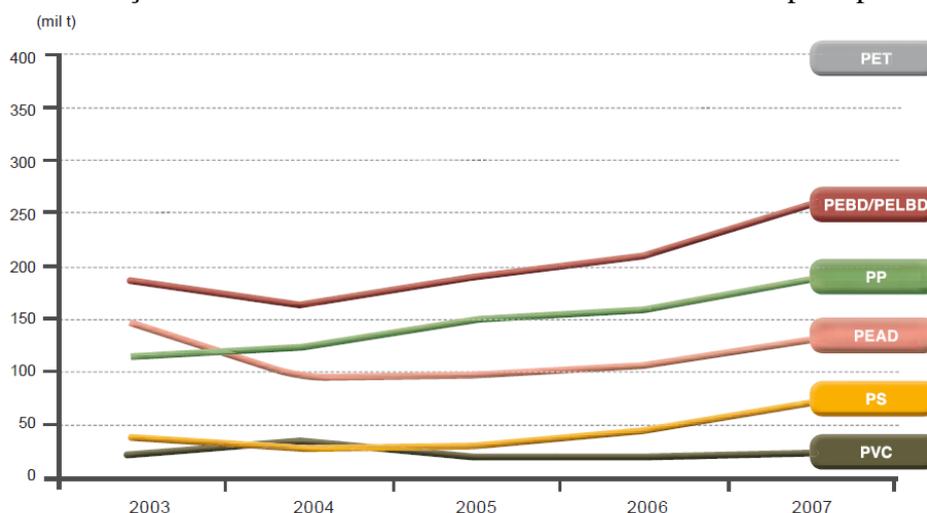


Fonte: ABRELPE, 2010.

2.8.3. Plástico

Os dados disponíveis sobre a reciclagem de plásticos no Brasil retratam o universo da indústria de reciclagem mecânica dos plásticos, a qual converte os descartes plásticos pós consumo em grânulos passíveis de serem utilizados na produção de novos artefatos plásticos.

Figura 8 – Evolução do Consumo de Plásticos Reciclados no Brasil por tipo de Plástico

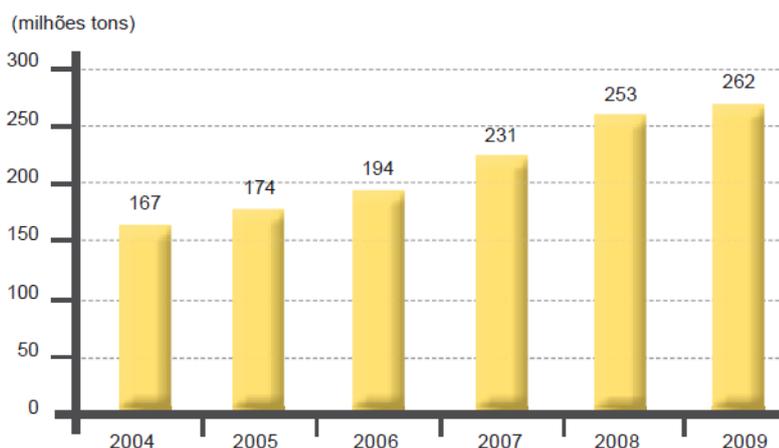


PET – Polietireno Tereftalato, **PEBD/PELBD** – Poliestireno de Baixa Densidade/Polietileno Linear de Baixa Densidade, **PP** – Polipropileno, **PEAD** – Polietileno de Alta Densidade, **PS** – Poliestireno, **PVC** – Policloreto de Vinila

Fonte: ABRELPE, 2010.

O plástico tipo PET se apresenta como o tipo mais reciclado no país, destacando-se dos demais. A figura 9 representa esta evolução.

Figura 9 – Evolução da recuperação de PET no Brasil



Fonte: ABRELPE, 2010.

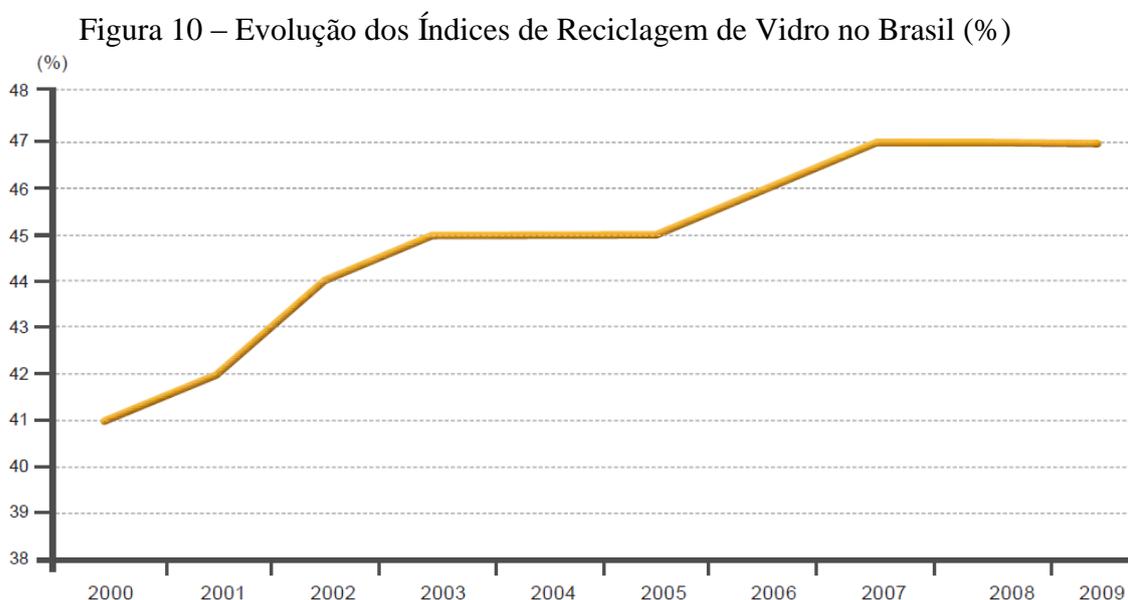
2.8.4. Vidro

A reciclagem de vidros no Brasil concentra-se amplamente no segmento de embalagens e, assim, torna-se necessário e importante observar o perfil do destino das embalagens de vidro pós consumo. É interessante a constatação que apenas 20% do vidro

utilizado em embalagens teve destinação em aterros sanitários ou de forma ignorada. Se a parcela reciclada atingiu a casa dos 47%, a parcela reutilizada totalizou 33%, sendo que 24% correspondem a reutilizações consideradas indevidas, em geral como embalagens de produtos fabricados informalmente.

No período de 2000 a 2008 os índices de reciclagem de vidro apresentaram uma evolução continuada e positiva.

Ressalta-se que o índice registrado de 47% em 2008 pode ser considerado bem adequado, pois como já destacado anteriormente, outros 44% do total das embalagens de vidro tiveram por destino algum tipo de reuso.



Fonte: ABRELPE, 2010

2.9. Coleta Seletiva

A coleta seletiva e a reciclagem de lixo têm um papel extremamente importante para o meio ambiente. Através delas, matérias-primas podem ser recuperadas que, de outro modo, seriam retiradas da natureza. A ameaça de exaustão dos recursos naturais não-renováveis aumenta a necessidade de reaproveitamento dos materiais recicláveis, que são separados na coleta seletiva de lixo.

A coleta seletiva é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis: papéis, plásticos, vidros, metais e orgânicos, previamente separados na fonte geradora e que podem ser reutilizados ou reciclados. A coleta seletiva funciona, também, como um processo de

educação ambiental na medida em que sensibiliza a comunidade sobre os problemas do desperdício de recursos naturais e da poluição causada pelo lixo (FUZARO, 2001).

Para que a coleta seletiva seja colocada em prática, é preciso incentivar a implantação de projetos que visem à organização de catadores de resíduos, os quais são os mais afetados pela ausência de políticas públicas e pelo contato direto com o lixo, estando sujeitos à contaminação e doenças. Portanto, qualquer programa de coleta seletiva deve envolver diretamente os catadores que sobrevivem e retiram seu sustento da comercialização dos materiais recicláveis.

Entretanto, os trabalhadores que se dedicam a estas atividades enfrentam dificuldades relacionadas: à organização interna do trabalho; aos tipos de resíduos coletados, alguns dos quais não são recicláveis e têm que ser descartados no lixão; com a comercialização dos materiais; e com a concorrência de catadores que passam nos bairros coletando os materiais antes dos cooperados.

Para resolver tais problemas, a ampliação e a divulgação da cooperativa de modo a conseguir maior participação da comunidade, ao descarte seletivo de resíduos e sua doação para a cooperativa, se constitui numa boa alternativa.

Galvão (2000) destaca que, uma das condições para a “expansão da reciclagem é o desenvolvimento de ações exemplares de articulação entre educação ambiental, coleta seletiva e responsabilidade social, envolvendo escolas, empresas e organizações não governamentais. Tal articulação viabiliza o ciclo completo da reciclagem, além de beneficiar entidades sociais.”.

Algumas associações sem fins lucrativos, mantidas por empresas privadas, também se dedicam à promoção da reciclagem, seguindo o conceito de gerenciamento integrado do lixo. As associações têm como objetivo conscientizar a sociedade sobre a importância dos chamados "Três Rs": redução, reutilização e reciclagem de lixo, utilizando publicações, pesquisas técnicas e seminários. A implantação de um programa de coleta seletiva requer bastante dedicação e empenho. Todo o programa é compreendido em, pelo menos, três etapas: o planejamento, a implantação e a manutenção (FUZARO, 2001).

O Planejamento consiste em conhecer bem o lixo "produzido" no local. Saber qual é a quantidade gerada, que materiais compõem o lixo e qual é a proporção de cada material - papel, plástico, vidro, alumínio ou orgânico. Definir que destino o material reciclável tomará, depois de selecionado, é outra atitude imprescindível. Em geral, eles podem ser doados ou comercializados. Seja qual for a decisão, o mais sensato é procurar conhecer bem o mercado de recicláveis. Depois de ter, em mãos, todas as informações sobre o lixo e sobre o destino do

material reciclável, o próximo passo é partir para a parte operacional do projeto. Neste momento, é importante decidir se todo tipo de lixo será coletado, quem fará a coleta, onde será estocado e para quem será doado ou vendido. A educação ambiental é importante para que o programa funcione. Moradores, funcionários da limpeza e empregadas domésticas devem, de maneira específica, ser informados, sensibilizados e mobilizados, seja por meio de cartazes, palestras, treinamento ou reuniões. Para que o programa seja duradouro é preciso ser muito bem estruturado.

A fase da implantação é o momento de elaboração do material educativo, treinamento dos funcionários, e acordo com compradores ou entidades, que receberão o lixo selecionado.

Depois da implantação é importante continuar planejando atividades de informação e sensibilização entre os moradores, fazendo com que as informações sobre os resultados e o andamento do programa sejam de conhecimento geral, o que caracteriza a fase da manutenção.

A coleta seletiva é uma das práticas que contribui para minimizar os problemas relativos a grande geração de resíduos, pois através dela podemos separar os materiais recicláveis dos não recicláveis. Isso quer dizer que uma parte do lixo pode ser reaproveitada, deixando de se tornar uma fonte de degradação para o meio ambiente e tornando-se uma solução econômica e social, passando a gerar empregos e lucro.

2.10. Educação Ambiental

A implementação de projetos relacionados a gestão dos resíduos sólidos tem como chave a Educação Ambiental. Esta última é um processo educativo, permanente e contínuo, que visa desenvolver uma filosofia de vida ética e moral, de maior harmonia e respeito com a natureza e entre os homens, propiciando conhecimentos e o exercício da cidadania para uma atuação crítica e consciente dos indivíduos e grupos.

A Educação Ambiental constitui um importante instrumento de mobilização da comunidade para mudança de hábitos e comportamentos, especialmente em projetos relacionados à coleta seletiva. Segundo Dias (1994) e Guimarães (1995), a Educação Ambiental deve ser um processo contínuo e permanente, iniciando em nível pré-escolar e estendendo-se por todas as etapas da educação formal e informal, adotando a perspectiva interdisciplinar e utilizando as especificidades de cada matéria de modo a analisar os problemas ambientais através de uma ótica global e equilibrada. Deve ainda examinar as principais questões relativas ao ambiente tanto do ponto de vista local como nacional,

regional e internacional, para que os envolvidos tomem conhecimento das condições ambientais de outras regiões.

Desta forma, deve relacionar os processos de sensibilização, aquisição de conhecimentos, habilidades para resolver problemas e especificações dos valores relativos ao ambiente em todas as idades, enfatizando, sobretudo a sensibilidade dos indivíduos em relação ao meio ambiente de sua própria comunidade e ainda levar em conta a totalidade do ambiente, ou seja, considerar os aspectos naturais e construídos pelo homem, tecnológicos e sociais, econômicos, políticos, histórico-culturais e estéticos.

De acordo com Leff (2001), “o custo social da destruição e da degradação ambiental gerada pela maximização do lucro e dos excedentes econômicos em curto prazo deram, pois impulso à emergência de novos atores sociais mobilizados por valores, direitos e demandas que orientam a construção de uma racionalidade ambiental”. Desta forma, a questão do lixo passa por um aspecto primordial, que é o da educação para uma nova consciência ambiental, seja da criança, do trabalhador, ou de qualquer cidadão. Todavia, a educação só será efetivada através de ações concretas que apresentem resultados visíveis a toda sociedade, a exemplo da coleta seletiva e da organização de catadores.

Ferreira (2010) destaca que, a Educação Ambiental constitui um processo que integra conhecimentos, valores e participação social, objetivando a promoção da conscientização das pessoas a respeito da crise ambiental e do papel que cada um desempenha enquanto co-responsável pelos problemas e a respeito das possibilidades de cada um participar das alternativas de solução, procurando despertar um comprometimento do cidadão, já que a crise ambiental e a crise social se confundem e são frutos de uma crise mais profunda e mais geral desse momento da história da humanidade. Torna-se obrigatório, portanto, criar mecanismos para a diminuição da geração exacerbada de resíduo, pois, se reciclar é um ato ecológico e sensato, evitar a geração de lixo é mais inteligente e consciente.

3. ARTIGO CIENTÍFICO

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO NO MUNICÍPIO DE MACAÉ.

3.1. Resumo

A relevância da implantação de uma usina de triagem e compostagem de lixo no município de Macaé é abordada neste trabalho, visando o aproveitamento econômico dos resíduos, além dos ganhos sociais e ambientais. Apresenta as principais metodologias na caracterização de resíduos sólidos urbanos, e informa a composição gravimétrica dos RSU do município de Macaé. O estudo expõe a situação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e propõe uma alternativa para minimizar os impactos negativos causados por estes, prevendo a viabilidade econômica de implantação do projeto. O estudo demonstrou a viabilidade econômica considerando uma usina de reciclagem de resíduos ou uma usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Usina de Triagem e Compostagem, Viabilidade Econômica

3.2. Abstract

The relevance of the implementation of a sorting and composting plant waste in the municipality of Macae is addressed in this paper, aimed at the economic use of waste, in addition to social and environmental gains. Presents the main methods for the characterization of municipal solid waste, and informs the gravimetric composition of MSW in the city of Macae. The study presents the situation of municipal solid waste in Brazil and offers an alternative to minimize the negative impacts caused by them, predicting the economic viability of the project implementation. The study demonstrated the economic viability considering a recycling plant or a waste recycling plant and composting of municipal solid waste.

Key words: Municipal Solid Waste, Composting and Screening Plant, Economic Viability

3.3. Introdução

A geração crescente de resíduos e a necessidade de disposição final constituem um dos grandes problemas ambientais na sociedade atual. A descarga do lixo nas cidades de todo o mundo sempre representou sério problema à saúde pública e ao meio ambiente.

A reciclagem de resíduos sólidos apresenta-se como uma forma de minimizar a problemática advinda do padrão de consumo da sociedade atual. Esta solução apresenta diversas características, todas com sua devida importância, algumas delas são: economia de recursos naturais, redução dos impactos negativos ao meio ambiente, redução dos custos de tratamento deste material por parte do Estado, geração de emprego e renda, e de maneira geral, a redução do volume de resíduos gerados. Essa diminuição pode ser obtida através de dois caminhos que se complementam. O primeiro envolve a modificação dos padrões de produção e consumo, que pode ser considerada a verdadeira solução, pois minimizaria o problema em suas origens. Porém, este é um objetivo mais utópico e de longo prazo, pois envolve profundas transformações culturais, econômicas e sociais. O segundo, envolve as medidas complementares que devem ser tomadas imediatamente e que também contribuem para a redução do volume de resíduos sólidos a ser disposto. Estas medidas são todas aquelas que atuam no sentido de diminuir a enorme subutilização do potencial dos resíduos sólidos urbanos, seja através da reciclagem, compostagem, da reutilização direta ou do aproveitamento energético.

Dentre as alternativas de destino final para os resíduos gerados, pode-se destacar: aterros sanitários, reaproveitamento, reciclagem, incineração e compostagem. Todavia, no Brasil, boa parte do que é gerado não é coletado e, do que é coletado, a maior parte é disposta de forma inadequada. Segundo estudos já publicados, a melhor forma de tratar os resíduos orgânicos, que compõem até cerca de 65% do total dos resíduos sólidos urbanos produzidos (PEREIRA NETO, 1998), é transformá-los em fertilizante orgânico.

O município de Macaé, em função do grande aumento populacional, ocasionado pela instalação do pólo de extração e produção de petróleo na região, tem gerado muito mais resíduos do que o previsto nos últimos estudos realizados para a implantação do novo aterro sanitário do município. A diferença do resíduo gerado para o estimado pelo Relatório Ambiental Simplificado (RAS) do novo aterro sanitário é de 89 toneladas. Essas 89 toneladas a mais diminuirão a vida útil do aterro e podem ocasionar problemas de difícil remediação. A implantação de uma usina de triagem e compostagem aliviaria a carga de resíduos destinados

ao aterro, aumentando sua vida útil e, aproveitaria o potencial que a carga orgânica, que constitui grande parte do resíduo, pode oferecer.

A relevância de se trabalhar este tema se justifica, baseado em dados do IBGE (2010), do quantitativo de resíduos sólidos produzidos no país, aproximadamente 50% (percentagem em peso) é constituído por resíduos orgânicos putrescíveis. Na sua maioria, estes resíduos são dispostos inadequadamente no meio ambiente, sendo responsáveis por prejuízos consideráveis ao solo, ar e mananciais hídricos, além de causar uma parcela significativa das doenças evitáveis registradas.

Segundo D'Almeida e Vilhena (2000), uma usina de triagem e compostagem, quando bem operada, permite diminuição de 50%, em média, do volume de resíduos sólidos que seria destinado aos aterros, permitindo, com isso, redução de custos dos serviços e do aumento da vida útil dos aterros sanitários ou controlados existentes.

Desta forma, de maneira geral, foram levantadas informações sobre a viabilidade de implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo no município de Macaé, de forma a mostrar, que pode ser uma saída viável aos problemas ambientais causados por lixões e aterros sem controle no município e cidades vizinhas.

Os objetivos específicos são: a) estimar a composição gravimétrica dos resíduos gerados no município de Macaé; b) analisar os resultados positivos e as dificuldades encontradas pelas usinas de triagem e compostagem a serem visitadas; c) verificar a viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem em Macaé.

O trabalho revela como principais resultados a composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Macaé, o que permitiu também realizar o estudo da viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem de lixo no município. Tal estudo revelou que o empreendimento é altamente lucrativo, com um tempo de retorno do investimento curto, além dos ganhos ambientais referentes ao prolongamento da vida útil do aterro sanitário.

3.4. Revisão de Literatura

3.4.1. Definição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A definição de resíduos sólidos, segundo a Norma NBR 10004, (ABNT, 2004) é a seguinte:

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

Os resíduos sólidos recebem diferentes classificações de acordo com a sua origem, periculosidade, finalidade, composição química, entre outros. Uma das principais classificações dos resíduos sólidos é dada pela ABNT, 2004 que divide os resíduos sólidos em:

- Classe I (perigosos): Possuem potencial risco a saúde pública e ao meio ambiente. Apresentam uma ou mais características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- Classe II (não perigosos):
 - Classe IIA (não inertes): São os que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou IIB. Podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - Classe IIB (inertes). São quaisquer resíduos não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

3.4.2. Geração de RSU

A geração dos RSU é dependente de fatores culturais, hábitos de consumo, poder aquisitivo, fatores climáticos, nível educacional e características de gênero e idade dos grupos populacionais, sendo afetada, também, pelas variações da economia, aspectos climáticos e sazonais, influências regionais, migrações e turismo (ERTHAL NETO, 2006).

No Brasil, segundo dados da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), a média total de produção de lixo diária para o ano de 2010, é de, aproximadamente, 195.090 toneladas. Acredita-se que cada brasileiro produza em média, de meio a um quilo de lixo por dia, variando este número de acordo com o poder

aquisitivo de uma dada localidade (IBGE, 2000). Cada brasileiro produz, por ano, dez vezes o seu próprio peso em resíduos domésticos, dentre estes, cerca de 90 latas de bebidas, 2 árvores transformadas em papel, 107 frascos em geral, 70 latas de alimentos e 45 kg de plástico.

No Estado do Rio de Janeiro, segundo dados da ABRELPE, que constam no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2010 a geração de resíduos foi de 20.465 toneladas/dia dos quais 20.024 toneladas/dias foram coletados. Considerando a população urbana do estado em 2010, que é de 15.466.996 habitantes, segundo dados do Censo 2010 do IBGE, a taxa de RSU coletado por habitante é de 1,295 (kg/hab/dia)

No município de Macaé, segundo dados fornecidos pela SELIMP, Secretaria de Limpeza Pública, a quantidade média de resíduos coletados por dia é de 200 toneladas. Admitindo a população atual do município que é de 206.728 habitantes, segundo dados do Censo 2010 do IBGE, chegaríamos a uma taxa de 0,967 (kg/hab/dia).

3.4.3. Caracterização de RSU

Através da composição física dos resíduos sólidos são mostradas as potencialidades econômicas do lixo, que servirão de subsídio para a escolha do melhor e mais adequado sistema de tratamento e disposição final.

As características e composição física dos RSU são influenciadas por vários fatores, como: números de habitantes; poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população; condições climáticas e sazonais; e ainda mudanças na política econômica da região.

Os resíduos sólidos urbanos apresentam diferentes categorias de componentes que podem ser obtidas a partir da composição gravimétrica. Os componentes básicos dos resíduos sólidos urbanos incluem (PROSAB 3, 2003):

- Matéria orgânica putrescível: restos alimentares, flores, podas de árvore;
- Plástico: sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de rafia;
- Papel e papelão: caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas;
- Vidro: copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios;
- Metal ferroso: palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios;

- Metal não-ferroso: latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica;
- Madeira: caixas, tábuas, palitos de fósforos e de picolé, tampas, móveis, lenha;
- Embalagem longa-vida: embalagens de produtos alimentícios (leite, sucos, massas, cremes, etc);
- Tecidos e Couros: roupas, panos, bolsas, mochilas, sapatos, tapetes, luvas, cintos;
- Contaminante químico: pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticidas, colas em geral, cosméticos, vidro de esmalte, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel-carbono, filme fotográfico;
- Contaminante biológico: papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gazes e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, embalagens de anestésicos, luvas;
- Pedra, terra e cerâmica: vasos de flores, pratos, restos de construção, tijolos, cascalho, pedras decorativas;
- Diversos: velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, lápis de cera, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação.

A partir da análise gravimétrica dessas categorias é possível definir as tecnologias de acondicionamento, estocagem, transporte, tratamento e disposição final para os resíduos sólidos.

O município de Macaé ainda não recebeu nenhum estudo aprofundado que caracterize a composição de seu RSU. Os dados contidos no RAS para a implementação do aterro sanitário, em funcionamento atualmente, foram baseados em municípios com características sócio-econômicas equivalentes.

Alguns trabalhos publicados mostram diferentes metodologias para a caracterização de RSU.

Mandelli (1997), Pessin (2001) e De Conto et al. (2002) propõem a escolha de três bairros, representando respectivamente as classes de poder aquisitivo alta (A), média (M) e baixa (B) do município. Após a coleta dos resíduos sólidos em cada bairro selecionado, os mesmos serão transferidos para uma área previamente preparada com lona plástica. Onde procede-se, quarteamento, descarte e posterior classificação.

3.4.4. Tratamento e Destinação Final dos Resíduos

O tratamento dos resíduos sólidos consistem em uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou em local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável. As principais formas de tratamento empregadas aos resíduos são: reciclagem, incineração, compostagem e aterro sanitário.

O aproveitamento dos resíduos gerados pode trazer vários benefícios não só do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista econômico, pois tais soluções são atrativas tanto na redução de custos de transporte e da disposição legal do aterro, quanto na redução dos custos globais das matérias-primas. A escolha dos métodos de tratamento e disposição final deve considerar fatores técnicos, legais e financeiros.

3.5.5. Triagem e Compostagem

A compostagem é um processo de decomposição biológico, via oxidação aeróbia, que transforma resíduos orgânicos em um composto estabilizado com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem. A compostagem é normalmente realizada em locais abertos onde o resíduo é disposto em montes de forma cônica, chamados pilhas de compostagem. De maneira geral, constitui um processo de biodegradação para o tratamento da matéria orgânica presente em resíduos sólidos. Caracteriza-se pela produção de CO₂, água e pela liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES E SILVA, 1999). O composto produzido pode ser utilizado como insumo agrícola, de odor agradável e livre de organismos patogênicos.

Resíduos orgânicos provenientes de atividades humanas, dejetos de animais, restos de agricultura e de estabelecimentos comerciais e industriais, com alto grau de biodegradabilidade, podem ser destinados a unidades de compostagem, onde alguns riscos potenciais destes resíduos são praticamente eliminados, tais como: odores, contaminação patogênica e ocupação de grandes áreas de disposição. As características físico-químicas e biológicas de resíduos orgânicos são bastante diversificadas. A quantidade e qualidade varia de acordo com a origem do resíduo; assim é necessário o conhecimento das características de cada resíduo, para a tomada de decisão quanto a tecnologia mais apropriada de reaproveitamento de matéria orgânica.

As Unidades de Reciclagem e Compostagem contribuem para a redução do volume total de lixo, mas ainda são gerados rejeitos nas URC, que devem ter destinação adequada.

Nimermmark e Hogland (1998), demonstram que mais de 75% dos resíduos sólidos domiciliares são biologicamente degradáveis e podem ser utilizados para a produção de composto. Mesmo após a separação na fonte da fração de papel, cerca de 55-60% dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares restantes são biologicamente degradáveis.

De acordo com D'Almeida (2000) quanto aos impactos econômicos, no contexto brasileiro, a compostagem tem grande importância, uma vez que cerca de 50% do lixo municipal é constituído por material orgânico. As principais vantagens da compostagem no âmbito econômico são: as reduções nos investimentos para a instalação dos aterros sanitários causados pela diminuição da quantidade de resíduos sólidos, o aproveitamento agrícola da matéria orgânica, a reciclagem de nutrientes para o solo reduzindo os custos da produção agrícola, a economia de tratamento de efluentes.

3.4.6. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem o intuito de avançar para a gestão adequada dos processos e pessoas que convivem e sobrevivem através desta atividade.

O texto aprovado aborda aspectos importantes sobre a gestão dos resíduos em nosso país e estabelece: o conceito de ciclo de vida dos produtos, considerando todas as etapas de produção: desenho, matérias primas, produção, armazenamento, reciclagem e disposição final; ressalta que embalagens devem facilitar a reutilização e a reciclagem, restringindo o volume e o peso; esclarece sobre a responsabilidade compartilhada pós consumo entre os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores; aborda o conceito da logística reversa, com obrigação das empresas estabelecerem sistemas de retorno pós consumo, independentes dos serviços de limpeza pública, de embalagens de agrotóxicos, baterias, pilhas, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos, pneus, etc.; e ressalta a importância da criação e desenvolvimento de cooperativas e associações de trabalhadores em materiais recicláveis como parte dos processos de logística reversa e inclusão social.

A implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos deverá originar grandes transformações nos modos de produção, distribuição e consumo, melhorando a relação da sociedade com o meio ambiente, possibilitando deixarmos uma herança sustentável às futuras

gerações do Brasil. É indispensável atenção da sociedade e ação dos poderes públicos para que esta lei se incorpore ao modo de agir e pensar sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil.

3.4.7. Reciclagem

A partir da implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos passou a existir uma hierarquia a ser seguida na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos, com uma ordem de prioridade de ações a serem seguidas. Dentre tais ações, a reciclagem foi inserida como fator prioritário no processo de gestão de resíduos. A reciclagem, nos termos da lei, é o processo de transformação dos resíduos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas a transformação em insumos ou novos produtos.

3.4.8. Coleta Seletiva e Educação Ambiental

A coleta seletiva é uma das práticas que contribui para minimizar os problemas relativos a grande geração de resíduos, pois através dela podemos separar os materiais recicláveis dos não recicláveis. Isso quer dizer que uma parte do lixo pode ser reaproveitada, deixando de se tornar uma fonte de degradação para o meio ambiente e tornando-se uma solução econômica e social, passando a gerar empregos e lucro.

A Educação Ambiental constitui um importante instrumento de mobilização da comunidade para mudança de hábitos e comportamentos, especialmente em projetos relacionados à coleta seletiva. Segundo Dias (1994) e Guimarães (1995), a Educação Ambiental deve ser um processo contínuo e permanente, iniciando em nível pré-escolar e estendendo-se por todas as etapas da educação formal e informal, adotando a perspectiva interdisciplinar e utilizando as especificidades de cada matéria de modo a analisar os problemas ambientais através de uma ótica global e equilibrada. Deve ainda examinar as principais questões relativas ao ambiente tanto do ponto de vista local como nacional, regional e internacional, para que os envolvidos tomem conhecimento das condições ambientais de outras regiões.

3.5. Material e Método

3.5.1. Material

- Caminhão para coleta (parceria com a empresa responsável pela coleta no município);
- Lonas plásticas impermeáveis;
- Balança portátil;
- Sacos de lixo;
- Máscaras, luvas e botas próprias para o manuseio do lixo.

3.5.2. Método

3.5.2.1. Análise gravimétrica de RSU

Para a análise gravimétrica dos RSU do município de Macaé, foram entrevistados especialistas nas diversas áreas do conhecimento que envolvem o tema, tais como: o responsável pela parte de resíduos sólidos do município; o gerente do aterro sanitário; um representante da parte da coleta do lixo; e um estatístico, acerca de qual seria o melhor método para a caracterização do lixo do município. Tais entrevistas apontaram que, para uma melhor caracterização dos resíduos, a coleta deveria ocorrer em bairros de classe alta, média e baixa. Tal fato é evidenciado pela literatura que aponta para diferentes composições do lixo em tais classes. Foram coletados então, resíduos nos bairros: Vivendas da Lagoa, representando a classe alta; Nova Macaé, representando a classe média e Jardim Carioca, representando a classe baixa, por indicação dos responsáveis pelos resíduos sólidos e coleta de lixo do município. A coleta ocorreu em um dia de semana comum (não era época de férias escolares, véspera de feriado, nem ocorria nenhum evento de maior importância na cidade que pudesse vir a alterar de alguma forma a caracterização dos resíduos).

Por indicação dos responsáveis pela coleta, foram coletadas aproximadamente 300 toneladas em cada bairro amostrado, resultando numa amostra final de aproximadamente 1 tonelada de resíduos.

Após a coleta nos referidos bairros, o caminhão se dirigiu para o aterro sanitário do município. Na entrada, o caminhão foi pesado e logo após dirigiu-se a parte de despejo dos resíduos. Os resíduos foram despejados e homogeneizados com auxílio de trator. O monte sofreu quarreamento e foram eliminados 2/4 do montante. Logo após homogeneizou-se novamente e foi realizado novo quarreamento, com eliminação de 2/4 do montante. Repetiu-se o procedimento até chegar a uma amostra final de aproximadamente 100 kg. Os resíduos

foram separados e pesados de acordo com as classes: papel e papelão; embalagem longa-vida; plástico; vidro; metais ferrosos; metais não ferrosos; tecidos e couros; madeira; contaminante biológico; contaminante químico; pedra, terra e cerâmica; diversos; e matéria orgânica. As figuras 11, 12, 13 e 14 ilustram o processo.

	
<p>Figura 11 – Despejo dos resíduos. Foto tirada em março de 2011.</p>	<p>Figura 12 – Homogeneização dos resíduos. Foto tirada em março de 2011.</p>
	
<p>Figura 13 – Quarteamento da amostra. Foto tirada em março de 2011.</p>	<p>Figura 14 – Pesagem dos resíduos. Foto tirada em março de 2011.</p>

Fonte: Fotos do autor

3.5.2.2. Visitas a usinas de triagem e compostagem em funcionamento no Estado do Rio de Janeiro, verificando o funcionamento, materiais utilizados, *layout* das instalações, e, entrevistando os responsáveis pelas usinas para o acompanhamento das principais dificuldades e facilidades dos processos utilizados.

3.5.2.3. Análise e tratamento dos dados obtidos na análise da composição gravimétrica e visitas técnicas.

3.5.2.4. Estudo da viabilidade econômica da implantação do empreendimento, baseado no trabalho de Pais (2009) e Savi (2005). Este estudo considera as etapas de:

- Investimentos: que englobam licenciamento ambiental, obras para a instalação, compra de maquinário e equipamentos e as despesas de capital;
- Custos: de pessoal, de depreciação dos equipamentos, de despesas operacionais e de manutenção, de despesas de energia, de despesas de reposição de peças, máquinas e equipamentos, e despesas com manutenção e equipamentos;
- Receitas: diretas, ambientais e sociais.

Para este estudo não se levou em consideração as receitas que poderiam advir em função da aquisição de créditos de carbono. Para se levar tais receitas em consideração o projeto deve passar por algumas etapas processuais e de avaliação, que posteriormente, podem vir a contribuir na viabilidade do projeto.

3.6. Resultados e Discussão

O estudo da composição gravimétrica pode ser observado na tabela 7.

O resultado da composição gravimétrica demonstrou algumas diferenças quando comparada com a composição que consta no RAS do aterro. Para este estudo foram consideradas mais classes de resíduos quando comparada a composição contida no RAS. E algumas delas tiveram participações significativas, como a classe contaminante biológico e a classe pedra, terra e cerâmica. Vale ressaltar ainda que, as classes vidro e metais não ferrosos que tem alto potencial para reciclagem, apresentaram o dobro e o triplo, respectivamente da quantidade prevista no RAS. Por outro lado a classe papel, papelão e a classe plástico, apresentaram quantidades bem abaixo do previsto no RAS.

Com relação a realidade brasileira, a composição gravimétrica demonstra uma desigualdade muito grande quando comparamos a classe matéria orgânica. Tal fato pode ser explicado em função de Macaé ser uma cidade predominantemente urbana, o que acarreta numa diminuição da carga orgânica.

Tabela 7 – Comparativo da composição gravimétrica/porcentagem do peso dos RSU

ITENS	% PESO	%PESO (RAS¹)	% PESO (BRASIL²)
<i>Papel e Papelão</i>	8	29,86	25
<i>Embalagem longa-vida</i>	1,75	---	---
<i>Plástico</i>	5	11,76	3
<i>Vidro</i>	9,75	4,72	2
<i>Metais ferrosos</i>	2,25	2,09	2 ^(*)
<i>Metais não ferrosos</i>	1,25	0,46	(*)
<i>Tecidos e couros</i>	8,5	3,38	---
<i>Madeira</i>	4,5	1,73	---
<i>Contaminante Biológico</i>	9,75	---	---
<i>Contaminante Químico</i>	0,5	---	---
<i>Pedra, terra e cerâmica</i>	12	---	---
<i>Diversos</i>	1	---	13
<i>Matéria orgânica</i>	35,75	46,00	55,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00

Fonte: Elaboração própria, 2011

As visitas técnicas foram uma grande dificuldade do presente trabalho. Não conseguimos localizar muitas usinas de triagem e compostagem em funcionamento no Estado do Rio de Janeiro. Vários contatos telefônicos foram realizados e na grande maioria deles eram colocados empecilhos a visita, ou as usinas não estavam praticando a compostagem por alguma inviabilidade técnica. Vale ressaltar que a usina de Nova Friburgo foi visitada e pode-se acompanhar as atividades elaboradas, bem como registrá-las com fotografias e várias informações relevantes foram de grande contribuição para o trabalho, tais como o layout das instalações, a parceria entre a empresa responsável pela administração do aterro onde funciona também a triagem dos resíduos, prefeitura do município e a associação de catadores, cujos membros trabalham no processo.

⁽¹⁾ RAS, 2005

⁽²⁾ CEMPRE, 2004

^(*) A fonte não diferencia metais ferrosos de não ferrosos

O responsável pela visita técnica informou que houve um grande trabalho de divulgação e educação ambiental com vista a uma grande participação da população na separação dos resíduos, de forma que os resíduos com potencial de reciclagem já chegam separados da matéria orgânica ao aterro, o que facilita muito o processo. O mesmo ressalta que a participação da população é grande, de forma que a empresa tem como principal retorno o aumento da vida útil do aterro.

O estudo da viabilidade econômica foi realizado admitindo-se dois panoramas distintos. O primeiro corresponde a uma usina que trabalha com a reciclagem dos resíduos que podem ser aproveitados e compostagem da matéria orgânica. O segundo corresponde a uma usina que trabalha apenas com a reciclagem sem a realização da compostagem.

Os valores de receita bruta, que foram calculados considerando os percentuais da análise gravimétrica realizada e os preços de venda dos materiais recicláveis e do composto orgânico, são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Receita Bruta para reciclagem e compostagem

ITENS	% produção PESO	diária (t)	receita diária (Reais)	receita mensal (Reais)	receita anual (Reais)
<i>Papel e Papelão</i>	8	16	R\$ 4.000	R\$ 120.000	R\$ 1.440.000,00
<i>Embalagem longa-vida</i>	1,75	3,5	R\$ 945,00	R\$ 28.350,00	R\$ 340.200,00
<i>Plástico</i>	5	10	R\$ 8.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 2.880.000,00
<i>Vidro</i>	9,75	19,5	R\$ 3.900,00	R\$ 117.000,00	R\$ 1.404.000,00
<i>Metais ferrosos</i>	2,25	4,5	R\$ 675,00	R\$ 20.250,00	R\$ 243.000,00
<i>Metais não ferrosos</i>	1,25	2,5	R\$ 6.000,00	R\$ 180.000,00	R\$ 2.160.000,00
<i>Tecidos e couros</i>	8,5	17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<i>Madeira</i>	4,5	9	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<i>Contaminante Biológico</i>	9,75	19,5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

<i>Contaminante Químico</i>	0,5	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
ITENS	% PESO	produção diária (t)	receita diária (Reais)	receita mensal (Reais)	receita anual (Reais)
<i>Pedra, terra e cerâmica</i>	12	24	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<i>Diversos</i>	1	2	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<i>Matéria orgânica</i>	35,75	71,5	R\$ 15.620,00 ⁽¹⁾	R\$ 468.600,00	R\$ 5.623.200,00
TOTAL	100	200	R\$ 39.140,00	R\$ 1.174.200,00	R\$ 14.090.400,00

Fonte: Elaboração própria, 2011

⁽¹⁾ Admitindo perda de massa de 40% referente ao processo de compostagem

Os valores de investimento inicial do empreendimento são apresentados na tabela 9. Vale ressaltar que esses cálculos foram realizados admitindo-se a implantação da usina no mesmo terreno que funciona o atual aterro municipal de Macaé. Tal fato visa diminuir custos com transporte e coleta dos resíduos.

Tabela 9 – Investimento Inicial

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)
1 - Pré Operacional	
1.1 - Registro da empresa	R\$ 1.650,00
1.2 - Licenciamento Ambiental	R\$ 17.600,00
1.3 - Elaboração Projeto	R\$ 1.100,00
2 - Construção Civil e Infra-estrutura	R\$ 1.083.500,00
(1970m ² a R\$ 550,00 o m ² , prédio administrativo e barracão)	
3 - Equipamentos	
3.1 - Esteira transportadora com correia de 900 mm, 15 m de comprimento, motor 5 cv trifásico, inclusive instalação, quadro chave liga-desliga (1 unidade)	R\$ 23.210,00
3.2 - Silo receptor instalado aço estrutural 15 m ³ (4 unidades)	R\$ 30.800,00
3.3 - Prensa para papéis e plásticos motor 7 cv trifásico, completa, instalada	

(1 unidade)	R\$ 11.352,00
3.4 - Prensa para alumínio e sucatas leves completa e instalada (1 unidade)	R\$ 19.604,20
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)
3.5 Compressor de 3 pcm com motor 5 cv completo e instalado (1 unidade)	R\$ 3.564,00
3.6 - Triturador de vidro com motor de 0,75 cv trifásico (1 unidade)	R\$ 3.351,70
3.7 - Moinho triturador motor 15cv, diâmetro da boca de 300 mm (1 unidade)	R\$ 9.900,00
3.8 - Peneira rotativa (1 unidade)	R\$ 17.600,00
3.9 - Containeres (36 unidades)	R\$ 79.200,00
3.10 - Carrinhos de mão (6 unidades)	R\$ 1.320,00
3.11 - Carrinhos basculante de 700 litros (9 unidades)	R\$ 5.940,00
3.12 - Sacolões de 3000 kg (60 unidades)	R\$ 7.722,00
3.13 - Container “roll-on – roll-off” de 30 m ³ (3 unidades)	R\$ 39.600,00
3.14 - Caminhão basculante (1 unidade)	R\$ 110.000,00
3.15 - Retroescavadeira (1 unidade)	R\$ 110.000,00
3.16 - Mobiliário de escritório	R\$ 8.556,90
3.17 - Kits de Equipamentos de proteção Individual (90 unidades)	R\$ 52.272,00
Total	R\$ 1.511.606,80

Fonte: Elaboração própria, 2011

O resultado da despesa operacional bruta anual é apresentado na tabela 10.

Tabela 10 – Despesa Operacional

Despesa Operacional	Valor
Salários e encargos ⁽¹⁾	R\$ 1.070.240,10
Depreciação	R\$ 153.938,31
Custos operacionais ⁽²⁾	R\$ 156.594,48
Total	R\$ 1.380.772,89

Fonte: Elaboração própria, 2011

O DRE (demonstração de resultados do exercício) anual simplificado admitindo uma usina de triagem e compostagem é apresentado na tabela 11.

⁽¹⁾ Corresponde ao salário e encargos sociais do pessoal administrativo e operacional.

⁽²⁾ Corresponde aos gastos de seguro, manutenção, energia elétrica, IPVA de veículos, material de escritório, material de limpeza, telefone fixo e outros.

Tabela 11 – DRE para usina de reciclagem e compostagem

DRE Simplificado (demonstração de resultados do exercício)	Valor
Receita operacional bruta (ROB)	R\$ 14.090.400,00
Imposto sobre vendas ⁽¹⁾	R\$ 268.659,34
Receita operacional líquida/lucro bruto	R\$ 13.821.740,66
Despesas operacionais	R\$ 1.380.772,89
Lucro Operacional antes do IR	R\$ 12.440.967,77
IR (30%)	R\$ 3.732.290,33
C.S.S.L.L. ⁽²⁾ (12% sobre ROB)	R\$ 1.690.848,00
Lucro ou prejuízo líquido do exercício	R\$ 7.017.829,44

Fonte: Elaboração própria, 2011

A análise do resultado do exercício apresenta um retorno anual de 130% e considerando o investimento inicial, o valor gasto para a implantação da usina seria retornado ao empreendedor em menos de 3 meses.

O DRE anual simplificado admitindo uma usina de triagem (sem compostagem) é demonstrado na tabela 12. Tal panorama foi considerado devido a dificuldade de se encontrar usinas de reciclagem que também adotem a prática da compostagem no Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 12 – DRE para usina de reciclagem (sem compostagem)

DRE Simplificado (demonstração de resultados do exercício)	Valor
Receita operacional bruta (ROB)	R\$ 8.467.200,00
Imposto sobre vendas	R\$ 161.442,71
Receita operacional líquida/lucro bruto	R\$ 8.305.757,29
Despesas operacionais	R\$ 1.380.772,89
Lucro Operacional antes do IR	R\$ 6.924.984,40
IR (30%)	R\$ 2.077.495,32
C.S.S.L.L. (12% sobre ROB)	R\$ 1.016.064,00
Lucro ou prejuízo líquido do exercício	R\$ 3.831.425,08

Fonte: Elaboração própria, 2011

⁽¹⁾ Corresponde a ICMS/IPI/ PIS/COFINS/SEG.SOCIAL

⁽²⁾ Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

A análise do resultado do exercício apresenta um retorno anual de 106% e considerando o investimento inicial, o valor gasto para a implantação da usina seria retornado ao empreendedor em menos de 5 meses.

3.7. Conclusões

Os resultados da determinação da composição gravimétrica dos RSU do município de Macaé e o consequente estudo da viabilidade econômica de implantação da usina de triagem e compostagem, demonstraram-se promissores.

A análise comparativa entre os dois cenários propostos, uma usina de reciclagem e compostagem e outra só de reciclagem, nos permite concluir que a usina que engloba os dois processos (reciclagem e compostagem) se mostra como uma opção mais viável, não só do ponto de vista econômico, pois garante um retorno mais rápido e um lucro maior, mas também devemos salientar o ponto de vista ambiental, pois a carga orgânica tem uma contribuição muito alta no percentual total dos resíduos do município, em torno de 36%, e o não reaproveitamento deste material, além de constituir um desperdício financeiro, contribui para a diminuição da vida útil do aterro.

Outro fator que aponta para o aproveitamento da carga orgânica se justifica pela diminuição da emissão de gases estufa, provenientes da decomposição dos compostos orgânicos, o que acarretaria na aquisição de créditos de carbono, viabilizando ainda mais o projeto do ponto de vista financeiro e ambiental. Silva (2008), apresenta uma estimativa, de aproximadamente 50 milhões de reais na arrecadação proveniente de créditos de carbono, considerando um período de 7 anos de diminuição na emissão de gases estufa.

A empresa que administra o aterro sanitário arrecada em função das toneladas de resíduos que são depositadas no mesmo. A implantação do presente projeto, seja ele considerando só a reciclagem dos resíduos ou considerando a reciclagem e compostagem da carga orgânica, diminuirá a arrecadação em função dos resíduos depositados no aterro. Todavia, segundo os cálculos apresentados, a implantação do projeto é altamente rentável, com investimento inicial sendo recuperado em pouquíssimo tempo, fato que justifica a viabilidade econômica da implantação do projeto, além do prolongamento da vida útil do aterro.

Durante o estudo, pode-se perceber que as informações acerca do volume de resíduos gerados no município é um pouco desconhecida. Segundo o RAS do aterro, a quantidade prevista para o ano de 2011 seria de 255 toneladas/dia. Já segundo Veloso *et al* (2009), a quantidade de 2009 era de 320 toneladas/dia. Segundo Ferreira (2011) o valor seria de 300 a 350 toneladas/dia. O número divulgado hoje, pela SELIMP, é de 200 toneladas/dia. Para os cálculos da viabilidade econômica utilizou-se o valor de 200 toneladas, de modo que se a quantidade de resíduos gerada for maior, maior será a arrecadação e, conseqüentemente o empreendimento se tornará financeiramente ainda mais atrativo.

Os impactos sociais da implantação do projeto também são promissores. Os catadores que atuam no município podem ter suas condições de trabalho melhoradas, pois além de estarem vinculados a uma empresa, ou cooperativa, deixariam de estar circulando nas ruas, correndo riscos de sofrer acidentes e passariam a manusear os resíduos com o EPI necessário para tal atividade, o que acarreta menos risco para sua saúde e de seus familiares.

Vale ressaltar ainda que, para o sucesso do empreendimento, a participação da população é fundamental na separação prévia dos resíduos. Esta participação exige da prefeitura de Macaé uma parceria fundamental para sensibilizar a população através de campanhas publicitárias nas mídias de grande circulação (TV, jornais e revistas), chamando a atenção para todos os ganhos sociais e ambientais que todos terão se cada um fizer a sua parte, além do trabalho primordial de educação ambiental nas escolas do município.

3.8. Referência Bibliográfica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-10004: Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010*. São Paulo, 2010.

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

CEMPRE. *Brasil ocupa boa posição no cenário mundial de reciclagem*. Nº 75 maio/junho 2004. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/cempre_informa.php?lnk=ci_2004-0506_inter.php>. Acesso em: 03/06/2010.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2º ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370p. 2000.

DE CONTO, S. M. et al. **Composição gravimétrica de resíduos sólidos domésticos – um estudo de caso**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2002, Gramado. Anais... Gramado: ABES, 2002.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental Princípios e Práticas**, São Paulo. Global, 1998.

FEEMA. **Diretriz de Destinação de Resíduos**. DZ.1311.R-4. 1994. Disponível em <http://200.20.42.68/meioambiente/arquivos/textos/textos/Classe300/DZ%20%20DIRETRIZ/DOC-796/DZ-1311.R-4.doc>>. Acesso em: 03/06/2010.

FERNANDES, F., SILVA, S. M. C. P. 1999. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES.

FERREIRA, M. A. V. A. **Injustica ambiental associada a disposicao final de residuos solido urbanos em Macae/RJ– Do vazadouro em Aguas Maravilhosas ao aterro sanitario na BR-101/Macae / RJ**, Dissertação de Mestrado – IFF, 2011. 111 Paginas.

GUIMARÃES, M. A **Dimensão Ambiental na Educação**. Campinas: Papirus, 1995.

IBAM, **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos** / José Henrique Penido Monteiro ...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico, Rio de Janeiro – RJ**, 2000.

FUNDAÇÃO CIDE. **IQM-Necessidades habitacionais**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em www.cide.rj.gov.br/secao.php?secao=8.1.11.1.1. Acessado em: 26/06/2010.

JUNIOR, A. B. C. **Aterro Sustentável para municípios de pequeno porte**. PROSAB. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – Edital 03. Alternativas de Disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Rio de Janeiro. ABES, RiMa; 2003.

MANDELLI, S. M. De C., **Variáveis que interferem no comportamento da população urbana no manejo de resíduos sólidos domésticos no âmbito das residências**. 1997. 267 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MONTEIRO, J. H. P., **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000: Limpeza Urbana e Coleta de Lixo**. Rio de Janeiro. ABES Informa 2001; Jan/Fev:12-13.

MONTEIRO, J. H. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAM). 15ª edição, 2001, 200p.

ERTHAL NETO, E. L., **Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado do Rio de Janeiro e a Aplicação dos Instrumentos de Regulamentação e Controle Ambiental: Uma Abordagem Crítica**, Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006.

NIMMERMARK, S. and W. HOGLAND. 1998. **Composting with a vertical compost reactor**. Report 108, Kalmar University, (In Swedish), 92 pp.

PAIS, J. S. O., **Viabilidade econômica de uma usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos domiciliares**, UPIS, Planaltina/DF, 2009.

PEREIRA NETO. **Quanto vale nosso lixo**. Viçosa-MG. Projeto Verde Vale – IEF/UNICEF, 70p. 1999.

PESSIN, N.; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. **Componentes potencialmente perigosos nos resíduos sólidos domésticos - estudo de caso de sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Cai/RS**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2002, Gramado. Anais... Gramado: ABES, 2002.

PROSAB 3, **Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e aproveitamento do biogás**. Sérgio Tulio Cassini (coordenador). – Rio de Janeiro: ABES, Rima, 210 p., 2003.

RELATÓRIO AMBIENTAL SIMPLIFICADO (RAS), Novo Aterro Sanitário de Macaé-RJ. Construtora Zadar LTDA. Vol I. Outubro de 2005

SAVI, J. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos em Adamantina-SP: Análise da viabilidade da usina de triagem de RSU com coleta seletiva**, Presidente Prudente: UNESP, 2005.

SILVA, R. C., **Estudo do Potencial Energético dos Resíduos Depositados no Aterro Sanitário de Macaé-RJ com o Uso da Tecnologia de Digestão Anaeróbica Acelerada**, Dissertação de Mestrado, Macaé, 2008. 86 p.

VILHENA, A. **Guia da Coleta Seletiva de Lixo**. São Paulo, CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem, 1999, p. 84.

VELOSO, A.; TUDESCO, D.; TAVARES, H.; DINIZ, L.; DIAS, M. V.; FAUSTINO, M.; MARIANO, R. **Levantamento e Avaliação dos Aterros dos Municípios da Bacia Hidrográfica VIII**. In. II Fórum Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Rio de Janeiro, 2009.

WAGNER, D. M. K., **Educação Ambiental para o Cidadão**. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins Industriais e Agrícolas, Belém, 1998. Anais: Belém-PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p. 157-164.

4. CONCLUSÕES

O reaproveitamento e reciclagem de resíduos demonstra-se uma prática tecnologicamente viável, ambientalmente correta e economicamente eficiente. Entretanto, alguns aprofundamentos devem ser elaborados para permitir um maior entendimento das questões associadas à gestão e a reciclagem dos resíduos sólidos urbanos.

Em primeiro plano deve-se focar em aprimorar a pesquisa ora apresentada, no sentido de continuar o estudo da composição gravimétrica em diferentes meses do ano. Tal fato pode levar a uma melhor compreensão de como é a geração de resíduos em diferentes épocas do ano, tais como: verão, inverno, férias escolares, carnaval, festas de fim de ano, etc. Além disso, seria interessante realizar um estudo da composição gravimétrica analisando os bairros separadamente, ou por setores tais como: centro, orla, serra, entre outros. Tal estudo pode indicar em quais bairros a coleta seletiva pode ser mais lucrativa financeiramente, por exemplo.

Outro ponto de extrema importância na atual conjuntura é o que diz respeito aos modelos integrados de gestão dos resíduos. O que ocorre nas capitais que possuem um grande contingente populacional, é que a cada dia que passa as autoridades encaram o desafio de lidar com a crescente geração de resíduos urbanos. Alguns desses problemas são a falta de espaço conveniente para a instalação de aterros sanitários, o esgotamento da vida útil desses aterros e a disposição indevida de resíduos em terrenos não apropriados, provocando poluição e danos à população. O município de Macaé, em função do grande aumento populacional da última década, começa a enfrentar esses problemas. Nesse sentido, o desenho de políticas e ações para lidar com tais fatos devem levar em conta os diversos incentivos que estimulam de forma correta a tomada de decisões dos administradores envolvidos, no sentido de aprimorar a gestão de resíduos do município. Observa-se que a falta de articulação conjunta entre setores públicos e agentes que atuam na atividade de reciclagem impedem a maximização dos benefícios sócio-ambientais e econômicos que a prática pode propiciar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-10004: Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009*. São Paulo, 2009.

BLEY JUNIOR, C. *Usinas de lixo no Brasil – Gerenciamento Atual e Perspectivas*. Revista Limpeza Pública, São Paulo: ABLP, n. 40, p. 11-19, jan./fev./mar. 1993.

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

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

_____. Lei nº 9.996, de 06 de junho de 2000. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

_____. Lei nº 9.974, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

_____. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2º ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370p. 2000.

DANTAS, K. M. C. **Proposição e avaliação de sistemas de gestão ambiental integrada de resíduos sólidos através de indicadores em municípios do Estado do Rio de Janeiro**, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

DE CONTO, S. M. et al. **Composição gravimétrica de resíduos sólidos domésticos – um estudo de caso**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2002, Gramado. Anais... Gramado: ABES, 2002.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental Princípios e Práticas**, São Paulo. Global, 1998.

ERTHAL NETO, E. L., **Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado do Rio de Janeiro e a Aplicação dos Instrumentos de Regulamentação e Controle Ambiental: Uma Abordagem Crítica**, Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006.

FEEMA. **Diretriz de Destinação de Resíduos**. DZ.1311.R-4. 1994. Disponível em <http://200.20.42.68/meioambiente/arquivos/textos/textos/Classe300/DZ%20%20DIRETRIZ/DOC-796/DZ-1311.R-4.doc>>. Acesso em: 03/06/2010.

FERNANDES, F., SILVA, S. M. C. P. 1999. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES.

FERREIRA, R. C. **Educação Ambiental e coleta seletiva do lixo**. 2010. Disponível em <http://www.cenedcursos.com.br/educacao-ambiental-e-coleta-seletiva-do-lixo/pdf.html>. Acesso em 03/06/2010.

FIGUEIREDO, F. E. R. **Agricultura Alternativa Versus Convencional**. Revista Brasileira de Agropecuária. Ano 1 nº 9. 2001,p 18-20.

FIGUEIREDO, P. J. .M. **A Sociedade do lixo: Os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Editora Unimep, 1a. Ed., Piracicaba, 1994.

FUNDAÇÃO CIDE. **IQM-Necessidades habitacionais**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em www.cide.rj.gov.br/secao.php?secao=8.1.11.1.1. Acessado em: 26/06/2010.

FUZARO, J. A.; WOLMER, F. A. **Compêndio sobre tratamento e disposição de resíduos sólidos**. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – São Paulo, 2001.

GALVÃO, M. **Reciclagem conquista o respeito do mercado**. In: Revista: Plásticos Modernos, no. 305, dez/jan., 2000.

GUIMARÃES, M. **A Dimensão Ambiental na Educação**. Campinas: Papyrus, 1995.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico, Rio de Janeiro – RJ**, 2000.

JAMES, B. **Lixo e Reciclagem**. São Paulo, Scipione, 1997. 43p.

JUNIOR, A. B. C. **Aterro Sustentável para municípios de pequeno porte**. PROSAB. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – Edital 03. Alternativas de Disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Rio de Janeiro. ABES, RiMa; 2003.

LEFF, E. **Saber Ambiental. Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001

LOUREIRO, S.M., **Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQS**, Rio de Janeiro, 2005.

MANDELLI, S. M. De C., **Variáveis que interferem no comportamento da população urbana no manejo de resíduos sólidos domésticos no âmbito das residências**. 1997. 267 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MONTEIRO, J. H. P., **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000: Limpeza Urbana e Coleta de Lixo**. Rio de Janeiro. ABES Informa 2001; Jan/Fev:12-13.

MONTEIRO, J. H. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAM). 15ª edição, 2001, 200p.

NIMMERMARK, S. and W. HOGLAND. 1998. **Composting with a vertical compost reactor**. Report 108, Kalmar University, (In Swedish), 92 pp.

NÓBREGA. C. C., **Viabilidade Econômica, com Valoração Ambiental e Social, de sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares – Estudo de Caso: João Pessoa/PB**, Tese de Doutorado, UFCG, Campina Grande/Pb – Brasil, 2003.

PAIS, J. S. O., **Viabilidade econômica de uma usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos domiciliares**, UPIS, Planaltina/DF, 2009.

PEREIRA NETO. **Quanto vale nosso lixo**. Viçosa-MG. Projeto Verde Vale – IEF/UNICEF, 70p. 1999.

PESSIN, N.; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. **Componentes potencialmente perigosos nos resíduos sólidos domésticos - estudo de caso de sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Caí/RS.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2002, Gramado. Anais... Gramado: ABES, 2002.

PROSAB 3, **Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e aproveitamento do biogás.** Sérgio Tulio Cassini (coordenador). – Rio de Janeiro: ABES, Rima, 210 p., 2003.

REIS, M. F. P., **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos.** Porto Alegre, 2005.

REIS, M. F. P., e REICHERT, G. A. e BRITO, M. J. P. **Segregação na Origem: uma solução para a qualificação do composto produzido em unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos.** In. XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Alegre 2000, Artigo: Porto Alegre-RS, ABES 2000.6p.

RELATÓRIO AMBIENTAL SIMPLIFICADO (RAS), Novo Aterro Sanitário de Macaé-RJ. Construtora Zadar LTDA. Vol I. Outubro de 2005

SANTOS, R.C.; CAMPOS, J. F.; PINHEIRO, C.D.; TOLON, Y.B.; SOUZA, S.R.L.; BARACHO, M.; CARMO, E.L. **Usinas de Compostagem de Lixo como alternativa viável à problemática dos lixões no meio urbano.** Enciclopédia Biosfera, N.02, 2006

SAVI, J. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos em Adamantina-SP: Análise da viabilidade da usina de triagem de RSU com coleta seletiva,** Presidente Prudente: UNESP, 2005.

SILVEIRA, A. M. M., **Estudo do Peso Específico de Resíduos Sólidos Urbanos,** Rio de Janeiro, 2004.

SNSA, **Resíduos sólidos: plano de gestão de resíduos sólidos urbanos: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.).** – Belo Horizonte: ReCESA, 2007.

VILHENA, A. **Guia da Coleta Seletiva de Lixo**. São Paulo, CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem, 1999, p. 84.

VELOSO, A.; TUDESCO, D.; TAVARES, H.; DINIZ, L.; DIAS, M. V.; FAUSTINO, M.; MARIANO, R. **Levantamento e Avaliação dos Aterros dos Municípios da Bacia Hidrográfica VIII**. In. II Fórum Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Rio de Janeiro, 2009.

WAGNER, D. M. K., **Educação Ambiental para o Cidadão**. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins Industriais e Agrícolas, Belém, 1998. Anais: Belém-PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p. 157-164.