

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WERNER KESSLER

**ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**

CURITIBA

2011

WERNER KESSLER

**ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre no Mestrado Profissional de Meio Ambiente Urbano e Industrial, do Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná/Senai/Universidade Stuttgart.

Orientador: Dr. Klaus Martin Fischer

Co-Orientador: Andreas Friedrich Grauer

CURITIBA

2011

Kessler, Werner

Estudos de alternativas para gestão de resíduos orgânicos / Werner Kessler. – Curitiba, 2011.

113 f. : il.; graf., tab.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, SENAI e Universität Stuttgart.

Orientador: Klaus Martin Fischer

Co-orientador: Andreas Friedrich Grauer

1. Resíduos orgânicos - Reaproveitamento - Curitiba, Região Metropolitana de (PR). 2. Resíduos sólidos - Reaproveitamento - Curitiba, Região Metropolitana de (PR). I. Fischer, Klaus Martin. II. Grauer, Andreas Friedrich. III. Título.

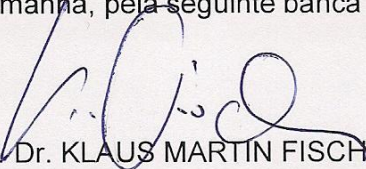
CDD 628.445

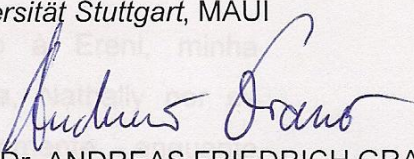
TERMO DE APROVAÇÃO

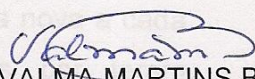
WERNER KESSLER

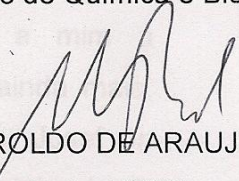
**ESTUDO DE ALTERNATIVA PARA GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI-PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:   
Prof. Dr. KLAUS MARTIN FISCHER  
*Universität Stuttgart*, MAUI

Coorientador:   
Prof. Dr. ANDREAS FRIEDRICH GRAUER  
*Universität Stuttgart*, MAUI

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> VALMA MARTINS BARBOSA  
Departamento de Química e Biologia, UTFPR

  
Prof. Dr. HAROLDO DE ARAUJO PONTE  
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 21 de março de 2011.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Ereni, minha esposa, à minha filha, Nathally por se constituírem diferentemente enquanto pessoas, igualmente belas e admiráveis em essência, estímulos que me impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, meus agradecimentos por terem aceito se privar de minha companhia pelos estudos, concedendo a mim a oportunidade de me realizar ainda mais. Agradeço também meus pais, Josef (*in memoriam*) e Ingborg, e à minha irmã, Erika, por todo o amor e dedicação para comigo, por terem sido a peça fundamental para que eu tenha me tornado a pessoa que hoje sou.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores orientadores Klaus Martin Fischer e Andreas Friedrich Grauer pelo incentivo, simpatia e presteza no auxílio às atividades e discussões sobre o andamento e normatização desta.

Especialmente aos Professores Daniela Neuffer e Uwe Menzel pelo espírito inovador e empreendedor na tarefa de multiplicar seus conhecimentos, pela sua disciplina nos ensinando a importância do trabalho em grupo e pela oportunidade de participação em publicações, eventos e exercícios simulados.

Aos colegas de classe pela espontaneidade e alegria na troca de informações e materiais numa rara demonstração de amizade, particularmente à Matilde de Paula Soares e Ademilson Rodrigues Ribeiro.

## EPÍGRAFE

*Não precisamos de mais dinheiro, não precisamos de mais sucesso ou fama, não precisamos do corpo perfeito, nem mesmo do parceiro perfeito, agora mesmo, neste momento exato, dispomos da mente, que é todo o equipamento básico de que precisamos para alcançar a plena felicidade.*

Dalai Lama

*Tudo o que somos é resultado do que pensamos.*

Buda

## RESUMO

Este trabalho acadêmico apresenta o atual problema que afeta a maioria dos centros urbanos em todo mundo, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Os RSU em muitas regiões não são acondicionados nem tratados corretamente e, por conta disso, resultam em poluição, acarretando assim em problemas sociais e de saúde. Nesta dissertação são abordados os cenários da geração e tratamento dos RSU a nível mundial, principalmente na Alemanha e no Brasil, com foco no Paraná, especialmente na Grande Curitiba. Também é realizado um balanço de massa e de energia para o processo de fermentação da fração orgânica dos RSU e um balanço de massa para o processo de compostagem dos mesmos, nos quais são apresentadas alternativas para destinação sustentável de parte dos resíduos, que é a biomassa ou a fração orgânica do RSU. Tais alternativas mostram que a biomassa pode ser fermentada e, em seguida, comercializada, obtendo-se assim receita financeira do composto e biogás gerados, assim como o crédito de carbono. A intenção desta dissertação é mostrar que além das receitas financeiras também haverá uma economia relacionada aos custos de monitoramento e operação de aterros e de outras tecnologias, devido à redução da matéria orgânica a ser disposta em aterros, além de trazer vantagens para a saúde pública, saneamento básico e melhoria de questões sociais.

**Palavras-chave:** Fermentação; Compostagem; Co-Compostagem; Reciclagem; Resíduos Orgânicos; Resíduos Sólidos Urbanos.



## **ABSTRACT**

*This academic paper is presenting the current problem that affects most urban centers around the world, the Municipal Solid Waste (MSW). MSW in many regions is not handled and treated properly which results in pollution, health and social problems. In this dissertation it is discussed the scenarios of the generation and treatment of MSW at a global level, mainly in Germany and in Brazil, especially in the state of Parana. However, there will be a deepening for the region of Curitiba, where a mass balance and energy balance for the fermentation process is developed as well as a mass balance for the composting process. Through these calculations some interesting alternatives are presented for a sustainable allocation of a MSW portion which is biowaste (biomassa), the organic fraction of MSW. These alternatives will expose that biowaste can be fermented obtaining financial income with the sale of generated compost and biogas, besides the tradeoff the carbon credits. The intention of this dissertation is to show that beyond the financial revenues biowaste treated with marketing, it also will save costs related to monitoring and operation of landfills and other technologies due to the reduction of organic matter in the composition of MSW. These measures are also improvements in the activities of public health, sanitary activities and improving the social sectors.*

**Keywords:** *Fermentation; Composting; Co-composting; Recycling; Organic Waste; Municipal Solid Waste.*

## **ZUSAMMENFASSUNG**

*Diese akademische Arbeit beschreibt ein aktuelles wissenschaftliches Problem, das in vielen Großstädten auf der ganzen Welt sehr drängend ist, nämlich die umweltfreundliche Behandlung von Siedlungsabfällen*

*Derzeit werden diese Siedlungsabfälle häufig nicht oder nur unvollständig behandelt und verursachen dadurch zahlreiche Probleme, sowohl für die Umwelt, die Gesundheit und den Sozialen Bereich. In dieser Arbeit werden die Szenarien der Entstehung und Behandlung von Siedlungsabfällen weltweit, auf der Ebene von Deutschland und Brasilien, und speziell für Paraná und für die Region von Curitiba diskutiert. Für Curitiba wurde eine Fallstudie erstellt. Diese beinhaltet eine Massen- und Energiebilanz für den Vergärungsprozess sowie auch eine Massenbilanz für den Kompostierungsprozess.*

*Durch diese Berechnungen werden in dieser Arbeit einige interessante Alternativen für eine nachhaltige Verwertung und Entsorgung des Biomüllanteils des Siedlungsabfalls beschrieben.*

*Durch die Vergärung von Biomüll können finanzielle Erträge durch den Verkauf von Kompost und Biogas erzielt werden, zusätzliche Einnahmen können durch den Handel mit Emissionszertifikaten erreicht werden. Auch bei der Kompostierung von Biomüll können Einnahmen generiert werden, in diesem Fall durch den Verkauf von Kompost und von Emissionszertifikaten. Neben diesen Erträgen könnten durch diese Maßnahmen auch weitere Kosten im Zusammenhang mit der Überwachung und dem Betrieb von Deponien eingespart werden, die ansonsten durch den hohen Anteil des Biomülls in den Siedlungsabfällen verursacht werden. Mit diesen Maßnahmen ergeben sich zusätzlich Verbesserungen für die Bereiche der öffentlichen Gesundheit, der Sanitärsysteme und der sozialen Sektoren.*

**Stichwörter:** *Fermentation; Kompostierung; Co-Kompostierung; Recycling; Organische Abfälle; Siedlungsabfälle.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 -	MAPA MUNDIAL NA SUA PROPORÇÃO REAL.....	22
FIGURA 02 -	MAPA MUNDIAL NA SUA PROPORÇÃO DEFORMADA QUE REVELA O ÍNDICE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	23
FIGURA 03 -	MAPA MUNDIAL NA SUA PROPORÇÃO DEFORMADA QUE REVELA O ÍNDICE DE RECICLAGEM.....	24
FIGURA 04 -	PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLIS – ITÁLIA.....	25
FIGURA 05 -	PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLIS – ITÁLIA.....	25
FIGURA 06 -	PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLIS – ITÁLIA.....	25
FIGURA 07 -	PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLIS – ITÁLIA.....	25
FIGURA 08 -	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	30
FIGURA 09 -	DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS NA ALEMANHA COM O PASSAR DOS ANOS.....	36
FIGURA 10 -	O ÍNDICE DE REAPROVEITAMENTO DE BIOMASSA EM 25 PAÍSES DA EUROPA.....	39
FIGURA 11 -	DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS COLETADOS, POR REGIÃO.....	43
FIGURA 12 -	PARTICIPAÇÃO DAS DIFERENTES FORMAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS NO BRASIL - % SOBRE O NÚMERO DE UNIDADES.....	43
FIGURA 13 -	PARTICIPAÇÃO DAS DIFERENTES FORMAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL.....	44
FIGURA 14 -	PERFIL QUALITATIVO DO RESÍDUO GERADO NO BRASIL.....	46
FIGURA 15 -	COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA....	53
FIGURA 16 -	PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.....	54
FIGURA 17 -	OFERTA INTERNA DE ENERGIA POR FONTES (TEP).....	54
FIGURA 18 -	EVOLUÇÃO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS QUE DEPOSITAM RESÍDUOS NO ATERRO DA CACHIMBA.....	64
FIGURA 19 -	DEMONSTRATIVO DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA, EM TONELADAS 1990 A 2007 CONFORME ESTAÇÕES DO ANO.....	67

FIGURA 20 -	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS PROGRAMAS COMPRA DO LIXO E CÂMBIO VERDE.....	75
FIGURA 21 -	REGIÃO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL.....	77
FIGURA 22 -	BALANÇO DE MASSA E ENERGÉTICO DA BIOMASSA NA ALEMANHA.....	81
FIGURA 23 -	BALANÇO DE MASSA DA INSTALAÇÃO KOMPOGAS.....	83
FIGURA 24 -	BALANÇO DE ENERGIA DA INSTALAÇÃO KOMPOGAS....	84
FIGURA 25 -	BALANÇO DE MASSA DA BIOMASSA PELO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	85
FIGURA 26 -	BALANÇO DE MASSA PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA PARA AS CIDADES INTEGRANTES DO SISTEMA DO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA. (2007).....	90
FIGURA 27 -	BALANÇO ENERGÉTICO PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA PARA AS CIDADES INTEGRANTES DO SISTEMA DO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA. (2007).....	92
FIGURA 28 -	BALANÇO MASSA PARA A COMPOSTAGEM DO 100% DA BIOMASSA DEPOSITADO NO ATERRO DA CACHIMBA (2007).....	94
FIGURA 29 -	BALANÇO DE MASSA PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA DE CURITIBA (2005).....	110
FIGURA 30 -	BALANÇO ENERGÉTICO PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA DE CURITIBA (2005).....	111
FIGURA 31 -	BALANÇO MASSA PARA A COMPOSTAGEM DE 100% DA BIOMASSA GERADO EM CURITIBA (2005).....	112

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 -	DEFINIÇÃO DO QUE PODE OU NÃO SER COLOCADO NOS TONÉIS DE BIOMASSA.....	37
QUADRO 02 -	DADOS ESTATÍSTICOS DOS RESÍDUOS DE CURITIBA....	62
QUADRO 03 -	SISTEMA DE DESTINAÇÃO DE RSU NA GRANDE CURITIBA.....	68
QUADRO 04 -	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS QUE CHEGAM NO ATERRO DA CACHIMBA.....	70

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	A GERAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS NA ALEMANHA.....	39
TABELA 02 -	DADOS DA GERAÇÃO MÉDIA PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ACORDO COM O PORTE DO MUNICÍPIO.....	42
TABELA 03 -	UNIDADES DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS, POR REGIÃO BRASILEIRA.....	42
TABELA 04 -	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DOMICILIAR DE PORTO ALEGRE DE ACORDO COM OS ESTRATOS SOCIAIS.....	46
TABELA 05 -	CONCENTRAÇÃO DOS GASES EMITIDOS PELA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUO EM PORTO ALEGRE:.....	51
TABELA 06 -	EVOLUÇÃO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS QUE DEPOSITAM RESÍDUOS NO ATERRO DA CACHIMBA.....	63
TABELA 07 -	EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOS MUNICÍPIOS INTEGRANTES DO SISTEMA	65
TABELA 08 -	DEMONSTRATIVO DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA, EM TONELADAS 1990 A 2007.....	67
TABELA 09 -	PARTICIPAÇÃO RELATIVA DA CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS POR ESTAÇÃO DO ANO DO MUNICÍPIO DE CURITIBA.....	69
TABELA 10 -	RESULTADOS DO PROJETO CÂMBIO VERDE.....	74
TABELA 11 -	RESULTADOS DA COLETA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS..	74
TABELA 12 -	ESCOPO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	86
TABELA 13 -	BALANÇO DE MASSA PARA FERMENTAÇÃO.....	88
TABELA 14 -	FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA.....	95
TABELA 15 -	COMPOSTAGEM DA BIOMASSA.....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEN -	Balanço Energético Nacional
BMU	<i>Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit</i> (Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear)
CEMPRE -	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CIC -	Cidade Industrial de Curitiba
FEPAR -	Federação Paranaense das Associações de Produtores Rurais
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI -	<i>International Council for Local Environmental Initiatives</i>
IPPUC -	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
ISO -	International Organization for Standardization
kWh -	<i>Quilowatt-hora</i>
MWh -	<i>Megawatt-hora</i>
NBR -	Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
PMC -	Prefeitura Municipal de Curitiba
PNSB -	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RSD -	Resíduos Sólidos Domiciliares
RSU -	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMA -	Secretaria do Meio Ambiente do Estado
SMMA -	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
Tep -	Toneladas equivalentes de petróleo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo geral.....	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19
1.3 JUSTIFICATIVA.....	19
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
<b>2 A HISTÓRIA DOS RESÍDUOS NO MUNDO.....</b>	<b>21</b>
2.1 RESÍDUOS – UMA VISÃO DO MUNDO.....	22
<b>3 DEFINIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO.....</b>	<b>26</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS QUANTO AOS RISCOS POTENCIAIS AO MEIO AMBIENTE .....	28
<b>4 DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RSU.....</b>	<b>31</b>
4.1 ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....	31
4.1.1 Centrais de reciclagem e compostagem de RSU.....	32
4.1.2 Incineração.....	33
4.1.3 Recuperação energética.....	33
<b>5 A GESTÃO DE RESÍDUOS NA ALEMANHA.....</b>	<b>34</b>
5.1 A HISTÓRIA DA GESTÃO DE RESÍDUOS NA ALEMANHA.....	34
5.2 SITUAÇÃO NA ALEMANHA – VISÃO GERAL.....	35
5.3 COLETA DA BIOMASSA E SEU TRATAMENTO NA ALEMANHA.....	36
<b>6 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - RSU NO BRASIL.....</b>	<b>40</b>
6.1 A GERAÇÃO DE RSU NO BRASIL – ESTATÍSTICAS.....	41
6.2 A COMPOSIÇÃO RSU NO BRASIL – ESTATÍSTICAS.....	45
6.3 A RECICLAGEM NO BRASIL.....	47
6.4 A PROBLEMÁTICA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NO BRASIL E ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO.....	48
6.4.1 Degradação de compostos orgânicos por compostagem no Brasil.....	49
6.4.2 Degradação de compostos orgânicos por fermentação – Visão brasileira.	50
6.4.2.1 A gestão de resíduos e a geração de biogás.....	52
6.4.2.2 Situação atual do aproveitamento de biogás no Brasil e perspectivas....	53



6.4.2.3 Alternativas para aproveitamento de biogás.....	55
<b>7 A POLÍTICA DE RESÍDUOS NO ESTADO DO PARANÁ E PROGRAMA DESPERDÍCIO ZERO.....</b>	<b>57</b>
7.1 SITUAÇÃO ATUAL DO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS NO PARANÁ...	58
7.2 OBJETIVO AMBIENTAL DA SEMA, QUANTO AO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO PARANÁ.....	59
<b>8 CURITIBA E A GESTÃO DE RESÍDUOS.....</b>	<b>61</b>
8.1 DESCRIÇÃO DA CIDADE DE CURITIBA E SUA HISTÓRIA.....	61
8.2 OS SERVIÇOS OFERECIDOS PELA PREFEITURA DE CURITIBA.....	61
8.3 DADOS ESTATÍSTICOS DOS RESÍDUOS DE CURITIBA.....	62
8.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O CRESCIMENTO POPULACIONAL.....	63
8.4.1 Geração de resíduos em relação a épocas do ano.....	66
8.5 SISTEMA DE DESTINAÇÃO DE RSU NA GRANDE CURITIBA.....	68
8.6 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE CURITIBA:.....	69
8.7 COLETA E TRATAMENTO DE RSU.....	70
8.7.1 O programa da coleta seletiva.....	71
8.7.1.1 Programa compra do lixo.....	72
8.7.1.1.1 Funcionamento.....	72
8.7.1.1.2 Sistema de pagamento.....	73
8.7.1.2 Câmbio Verde.....	73
8.7.1.2.1 Modalidades de Câmbio Verde.....	73
8.8 O SISTEMA DE GERENCIAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS – PROJETO PARA OS PRÓXIMOS ANOS.....	76
<b>9 BALANÇO DE MASSA.....</b>	<b>80</b>
9.1 PROCESSO DE FERMENTAÇÃO.....	80
9.1.1 Potencial de energia e rendimento de biogás.....	80
9.1.2 Biomassa domiciliar.....	80
9.1.3 Biomassa do comércio e Indústria.....	80
9.1.4 Geração de energética a partir do biogás.....	81
9.1.5 Processo Kompogas – Experiência Prática.....	82
9.2 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	85
<b>10 ESTUDO DE CASO – O TRATAMENTO DOS RSU DE CURITIBA.....</b>	<b>86</b>

<b>11 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>95</b>
<b>12 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Tombosi, Silva e Bem (2000), os atuais problemas de poluição são gerados pela disposição inadequada dos resíduos que podem ser atribuídos, principalmente, à falta de educação ambiental, às condições administrativas e de interesses políticos, além do aumento do consumismo da sociedade.

Os sistemas produtivos intensificam o desenvolvimento e a utilização de altas tecnologias com o objetivo de otimizar e aumentar a produtividade para atender à demanda de necessidades da população mundial resultando no elevado consumo de recursos naturais e influenciando os processos biológicos naturais da terra. Para Fereguetti e Santana (2002) a obrigatoriedade de atender à rápida demanda da produção de alimentos e bens de consumo está gerando produtos de pequena vida útil e supérfluos para as necessidades humanas. Este modelo produtivo transformou as embalagens e os restos de produtos em uma geração de grande quantidade de resíduos sólidos.

A quantidade de resíduos produzidos por habitante durante um dia pode ser utilizado como indicativo de poder aquisitivo de uma população e, com isto, as cidades mais ricas, tendem a produzir mais resíduos do que em cidades mais pobres. Essa relação entre poder aquisitivo e geração de resíduos é normalmente citada em diversas literaturas [FEREGUETTI e SANTANA (2002) e MONTEIRO *et al* (2001 *apud* PASQUALETTO *et al*, 2007)].

No Brasil, os resíduos são constituídos principalmente de matéria-orgânica (50-60%), recicláveis (20-30%) e rejeitos (10-20%), que quando despejados inapropriadamente em locais como os lixões, são decompostos, gerando gases e chorume que, além de poluírem e causarem incômodo estético e mau cheiro, atraem macro vetores (ratos, moscas, baratas, porcos, cães, urubus, bovinos, eqüinos e o homem) e micro vetores (vermes, fungos, bactérias e vírus) que encontram abrigo e alimento, causando riscos para a saúde pública com o aparecimento de doenças como: cólera, tifo, leptospirose e pólio. Outro fator que agrava a poluição proveniente dos resíduos sólidos é a falta de áreas adequadas para o tratamento e a disposição final [FEREGUETTI e SANTANA (2002), MONTEIRO *et al* (2001 *apud* PASQUALETTO *et al*, 2007) e SANTOS, RAMOS e PINHEIRO, (2002)].

Segundo Monteiro *et al* (2007), o problema da disposição final dos resíduos assume uma magnitude alarmante. Mais de 80% dos municípios brasileiros depositam seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas de proteção ambiental. No entanto, isto tudo poderia ser evitado já que a maioria dos resíduos gerados possui um valor agregado e poderiam ser reaproveitados de alguma forma.

Para Fereguetti e Santana (2002) dar valor ao lixo é uma alternativa para mitigar diversos problemas e custos ambientais. Sendo assim, alguns municípios brasileiros buscam implementar a coleta seletiva, a reciclagem de materiais e a reintrodução dos resíduos no ciclo econômico mas, para isto, faz-se necessário melhorar a política ambiental a um nível mais amplo com definição de objetivos e metas.

Já para Pasqualetto *et. al.* (2007) as características dos resíduos podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, esses fatores diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades, sendo necessário realizar um levantamento e uma avaliação de cada situação.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Esta dissertação visa apresentar e levar ao conhecimento geral, os atuais problemas ambientais gerados pela produção e disposição inadequada dos resíduos orgânicos, bem como:

- Levantar a situação e propor alternativas para um tratamento sustentável dos resíduos orgânicos da cidade de Curitiba e da região metropolitana;
- Realizar um balanço de massa e de energia dos tratamentos propostos com o intuito de gerar biogás e um composto orgânico que pode ser utilizado na agricultura.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

O desenvolvimento desta dissertação envolve as seguintes etapas:

- a) Realizar uma revisão bibliográfica descrevendo a situação e a problemática dos resíduos a nível mundial, na Alemanha e no Brasil;
- b) Realizar o levantamento detalhado quantitativo e qualitativo dos resíduos gerados e destinados em Curitiba e na região metropolitana, em especial os resíduos orgânicos (biomassa);
- c) Identificar alternativas sustentáveis para o tratamento de resíduos orgânicos;
- d) Realizar um balanço de massa e energético da biomassa gerada e estimando a quantidade de composto e biogás gerados por este resíduo.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme o artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 1988, estabelece-se que:

[... Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações...].

[... É um dever do cidadão ter um ambiente sadio, e um dever de todos, preservá-lo...].

Segundo a Organização Mundial da Saúde define saúde como:

[... o estado de completo bem estar físico, mental e social e, não apenas, a ausência de doenças ou enfermidades...].

Com estas definições foi estruturada esta dissertação, a qual utiliza estas bases para encontrar uma solução mais adequada para a destinação dos resíduos sólidos urbanos. Entretanto, este é um problema que tende a intensificar os problemas sócio-ambientais da população mundial.

#### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Todo trabalho consiste no levantamento e pesquisa bibliográfica por meio de livros, artigos científicos, dados de páginas da *internet*, teses e dissertações apresentados por diversos autores.

A partir destes levantamentos será possível estimar, através de balanços de massa e energia, a quantidade de energia e de composto que poderia ser gerado se a cidade de Curitiba e região metropolitana tratassem os resíduos orgânicos pelos processos de compostagem e/ou fermentação.

## 2 A HISTÓRIA DOS RESÍDUOS NO MUNDO

O que fazer com os resíduos? Esta é uma pergunta fundamental da política ambiental em na maioria dos países. No entanto, esse problema é histórico e recente devido à geração de riqueza, ao aumento populacional e ao aumento da densidade demográfica em certas regiões do planeta.

Segundo artigo publicado pelo site da *Bundesregierung* – Alemanha (2007) o homem como caçador e coletor de uma sociedade nômade gerava os resíduos e estes participavam no seu ciclo normal de decomposição fornecendo nutrientes para o solo. Isto ocorria uma vez que o homem utilizava somente roupas e alimentos para a sua subsistência, sem causar impacto no ambiente. Já no período pré-industrial a sociedade aprendeu a aproveitar o ciclo ambiental para desenvolver certas culturas e criar eco-sistemas de alta produtividade. Com isto, surgiu a agricultura e a pecuária. Mas o problema de resíduos não era ainda questionado, pois o meio ambiente ainda conseguia aproveitá-lo no seu ciclo de nutrientes.

Conforme a *Bundesregierung* – Alemanha (2007) somente na sociedade industrial, com a geração de riqueza e o consumismo, começaram a surgir os primeiros problemas ambientais, principalmente, na primeira metade do século 20, onde espaços vazios no solo como cavas fendas e áreas bombardeadas durante a segunda guerra mundial e que possuíam cavidades profundas no solo, eram aproveitados para o depósito de resíduos.

Mas com o surgimento da fase de preocupação e gestão de resíduos, surgiu um período em que a população não podia mais descartar os resíduos de qualquer forma, uma vez que, ao notar-se que substâncias geradas pelos resíduos estavam, entre diversos problemas, contaminando águas de consumo humano e causando doenças.

Com isto, fez-se necessário criar tecnologias e alternativas que dessem melhores condições de solução para os resíduos, como por exemplo: aterros sanitários, incineradores e o reaproveitamento dos resíduos. Também surgiram neste movimento, as legislações ambientais e os trabalhos de incentivo e educação ambiental.

Segundo a *Bundesregierung* – Alemanha (2007) nos anos 90 começou a fase da gestão da reciclagem, onde se tentava trabalhar e produzir com mais eficiência, reduzir a geração dos resíduos e introduzir novamente os resíduos em

processos industriais. Outra medida implantada foi os programas de políticas ambientais como *Öko-Audit* e as ISOs.

Segundo o artigo publicado pela *Bundesregierung* – Alemanha (2007) toda esta preocupação surgiu devido às seguintes situações:

- a) Os resíduos possuem diversas substâncias que causam problemas para o ar, intensificam o efeito estufa e contaminam a água e o solo;
- b) Cada resíduo gerado possui uma determinada quantidade de matéria-prima que foi extraída da natureza. No entanto, estas matérias-primas tendem a se acabar. Isto obriga a população a reduzir o consumo e a procurar alternativas em outros lugares ou desenvolver novos processos.

## 2.1 RESÍDUOS – UMA VISÃO DO MUNDO

Conforme artigo publicado no site da *Umweltschulen* (2009), com a geração de resíduos, descarta-se ou queima-se os recursos naturais disponíveis no planeta. Com isto, quem gera muito resíduo não está aproveitando os recursos de forma eficiente. Na figura 02 é possível ver o mundo na sua proporção normal, para que se possa comparar com os países deformados apresentados nas outras imagens.

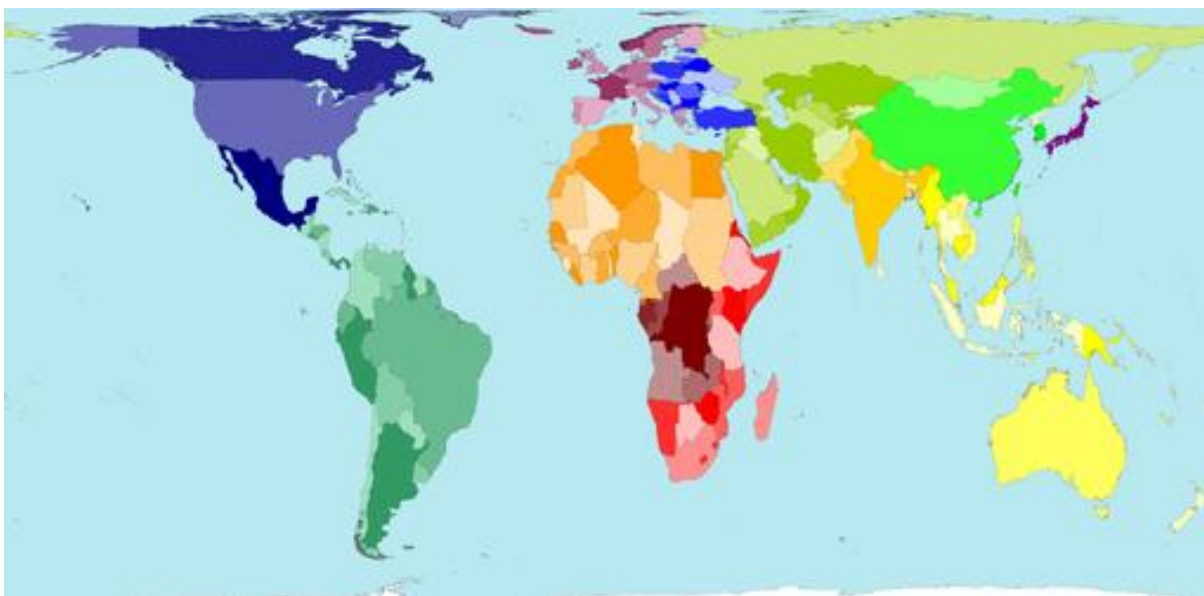


FIGURA 01 -MAPA MUNDIAL NA SUA PROPORÇÃO REAL.  
FONTE: [www.worldmapper.org/display.php?selected=1](http://www.worldmapper.org/display.php?selected=1) - 28.10.2009



A figura 03 ilustra a situação da geração dos resíduos residenciais, de pequenas manufaturas, de escritórios, escolas etc. A imagem simula, por meio da deformação dos países, a relação entre os países de acordo com a geração dos resíduos. A figura 03 pode ser comparada com a 02, onde é possível visualizar as deformações dos países. Os países que aumentaram possuem um índice de geração de resíduos maior do que países que encolheram.

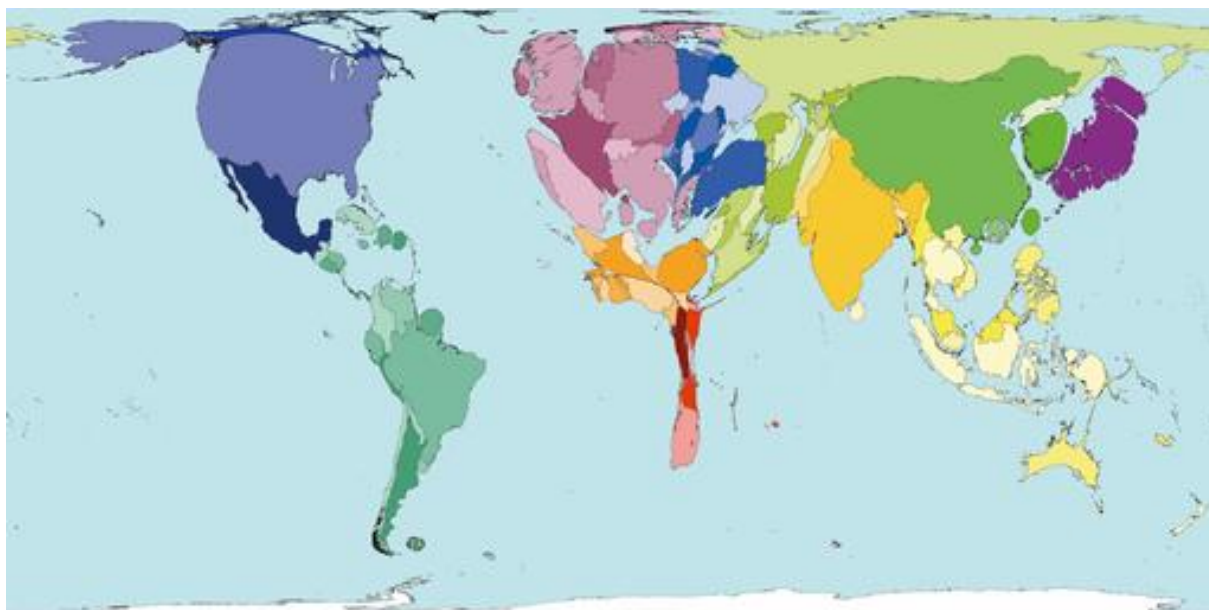


FIGURA 02- MAPA MUNDIAL NA SUA PROPORÇÃO DEFORMADA QUE REVELA O ÍNDICE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

FONTE: [www.worldmapper.org/display.php?selected=307](http://www.worldmapper.org/display.php?selected=307) (2009)

Ainda conforme o site *Umweltschulen* (2009), no mundo inteiro foram reciclados em torno de 6,6% dos resíduos gerados no ano de 2006. Sendo que América do Norte, Europa Ocidental, Japão e Coréia foram líderes na reciclagem.

A figura 04 simula por meio da deformação dos países, onde a reciclagem predomina.

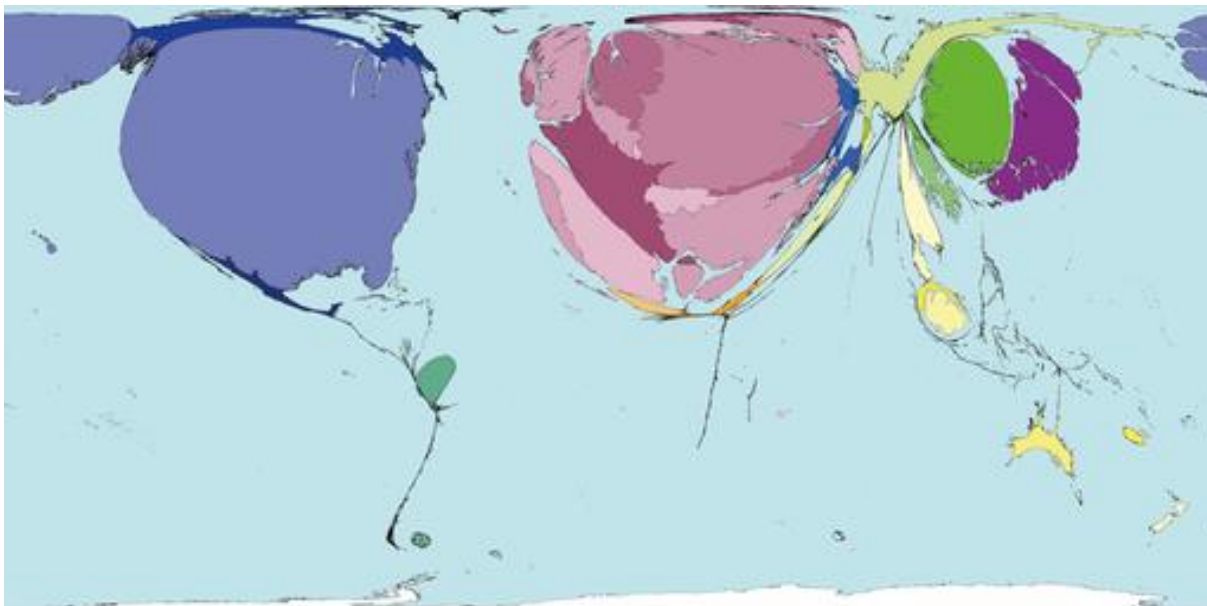


FIGURA 03-MAPA MUNDIAL NA SUA PROPORÇÃO DEFORMADA QUE REVELA O ÍNDICE DE RECICLAGEM

FONTE: <http://www.worldmapper.org/display.php?selected=308> (2009)

Todas estas imagens são simulações de valores estimados, pois não é possível obter valores precisos, em razão de cada país possuir o seu próprio sistema de gerenciamento de resíduos, identificação e levantamento de dados. Os resíduos industriais, de agricultura e construção civil, não foram levantados nas apresentações de mapas das figuras 02 até 04.

Segundo artigo publicado no site *Blick* (2009) é afirmado que no mundo inteiro são produzidos 130 milhões de toneladas de resíduos por dia, os quais contaminam ar, solo e água com substâncias químicas diversas e com metais pesados.<sup>1</sup>

Contudo se a situação da gestão sai de controle ocorre um desequilíbrio na sociedade e isto pode ser visto nas figuras 05, 06, 07 e 08, onde são apresentadas imagens de Nápoles-Itália com o acúmulo de resíduos nas ruas. Nestas imagens é possível visualizar a problemática dos resíduos quando ocorre a falta de coleta, tratamento ou destinação de resíduos por um período prolongado.

<sup>1</sup> FONTE: <http://www.blick.ch/life/wissen/die-welt-versinkt-im-muell-80513>



FIGURA 04 – PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLES - ITÁLIA  
FONTE: Blick (2009)



FIGURA 05 – PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLES - ITÁLIA  
FONTE: Blick (2009)



FIGURA 06 – PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLES - ITÁLIA  
FONTE: Blick (2009)



FIGURA 07 – PROBLEMAS DE COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM NÁPOLES - ITÁLIA  
FONTE: Blick (2009)

### 3 DEFINIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

A diversidade das fontes geradoras faz com que a composição dos resíduos varie muito de acordo com a localidade, época do ano e nível econômico da população. Para Gorgati (2000) qualquer que seja essa composição, pode-se separar basicamente em componentes de fração orgânica e fração inorgânica. No entanto, ambas as frações podem ser recicladas.

Conforme Pasqualetto *et al* (2007) e Figueiredo (2007) a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT editou em 1987, com a revisão em 2004, um conjunto de normas para padronizar nacionalmente a classificação dos resíduos:

- a) NBR 10.004 Resíduos Sólidos – Classificação;
- b) NBR 10.005 Lixiviação de Resíduos – Procedimento;
- c) NBR 10.006 Solubilização de Resíduos – Procedimento;
- d) NBR 10.007 Amostragem de Resíduos – Procedimento.

Autores como Pasqualetto *et al* (2007), Gorgati, Júnior (2000) e Figueiredo (2007) afirmam que a NBR 10.004, define que os resíduos sólidos sejam classificados como material que está nos estados sólido e semi-sólido resultante de atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição, agrícola além dos lodos provenientes de sistemas de tratamento de água gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição. Nesta norma incluem-se também líquidos que possuem características de inviabilidade para seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água ou, ainda, que exijam soluções técnicas e economicamente inviáveis (SANTOS, RAMOS e PINHEIRO 2002).

Segundo Machado, Ferraz e Bizzo (2007) e Figueiredo (2007) a geração dos resíduos sólidos urbanos pode ser subdividida em:

- a) Resíduo doméstico:
  - Originário do consumo das atividades residenciais (restos de alimentos, embalagens plásticas, de metal, vidro e papel);

b) Resíduo comercial:

- Originário das atividades realizadas em escritórios, hotéis, cinemas, teatros, mercados, etc. (papel, restos de alimentos e embalagens em geral);

c) Resíduo hospitalar:

- Originário de atividades realizadas no ambiente de hospitais, farmácias e algumas indústrias que precisam cuidados especiais em seu manuseio, transporte ou disposição final, os restos que são gerados em salas de cirurgias, áreas de internação e isolamento e os resíduos que são considerados sépticos.

d) Resíduo de tratamento especial:

- Composto por resíduos de produção transiente, como veículos abandonados, podas de jardins e praças, mobiliário, animais mortos, pilhas, baterias, lâmpadas, descargas clandestinas, etc. Em geral as prefeituras ou empresas de limpeza pública dispõem de um serviço de coleta para estes tipos de resíduos;

e) Resíduos urbanos:

- São gerados pela limpeza pública (ruas, praças, praias, terrenos, entre outros) e constituídos por restos vegetais diversos, corpos de animais, embalagens;

f) Entulho:

- Resíduos gerados pela construção civil, compostos em sua maioria, por uma mistura de materiais inertes como concreto, argamassa, madeira, plásticos, metais e terra;

g) Resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários:

- Possuem legislação própria e não se encaixam nos urbanos e nos comerciais, pois podem hospedar doenças provenientes de outras cidades, estados ou países. São constituídos por restos de alimentos e material de higiene pessoal;

h) Resíduos industriais:

- São gerados pelas atividades industriais apresentando características diversificadas, pois dependem do tipo do produto manufaturado podendo ser exemplificados por óleos, plásticos, papel, madeira, borracha, metal, vidros, fibras, resíduos alcalinos e ácidos entre outras substâncias;

i) Resíduos radioativos:

- São provenientes das atividades nucleares (resíduos de atividades com urânio, césio, tório, radônio e cobalto) devendo ser manuseados apenas com equipamentos e técnicas adequadas;

j) Resíduos agrícolas:

- Gerados nas atividades pecuárias e agrícolas como embalagens de ração, adubos, etc. O resíduo proveniente de fertilizantes químicos e pesticidas é considerado como tóxicos e necessitam de tratamento especial.

### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS QUANTO AOS RISCOS POTENCIAIS AO MEIO AMBIENTE

Para Figueiredo (2007), na NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são classificados em dois grupos: perigosos e não-perigosos. Os resíduos não-perigosos ainda são subdivididos em inertes e não-inertes:

- a) Resíduos Classe I: denominados perigosos, são os resíduos que, podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente. A característica de periculosidade desse resíduo consiste pela inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- b) Resíduos Classe II: denominados não-perigosos, são os resíduos sólidos que não apresentam riscos ao ser humano e ao meio ambiente, sendo subdivididos em:

- Resíduo Classe II A: denominados inertes, são os resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização, não possuem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas.
- Resíduo Classe II B: denominados não inertes, são os resíduos que não se enquadram na Classe I ou na Classe II A, podendo ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água.

Essa classificação pode ser representada conforme a figura 01.

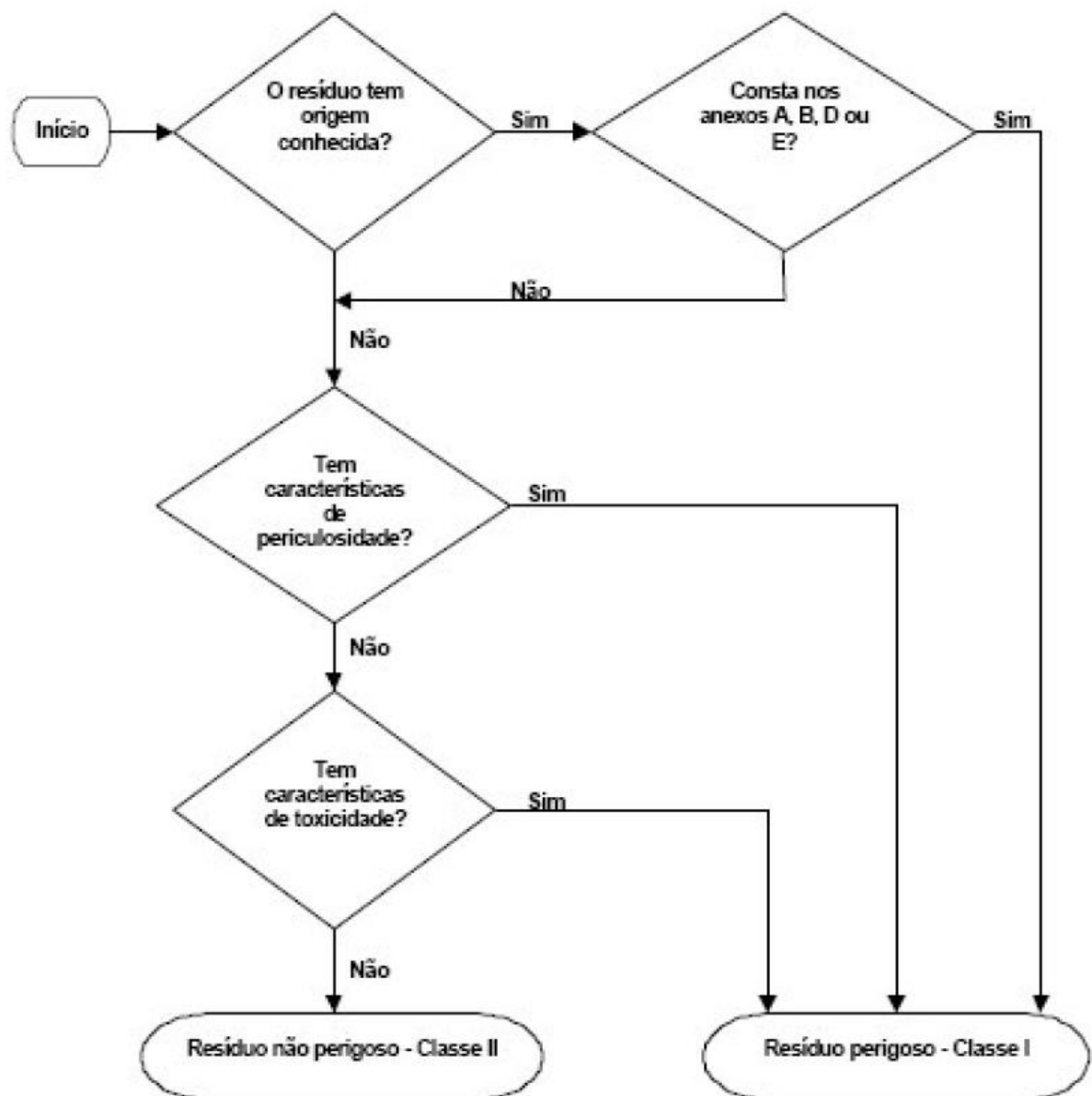


FIGURA 08 – CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
FONTE: ABNT, 2004.



## 4 DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RSU

### 4.1 ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Existem várias técnicas para a destinação dos resíduos sólidos urbanos dentre elas a incineração, além de aterro sanitário e aterro controlado, sendo estas as principais. Contudo, existe também a disposição altamente impactante ao meio ambiente que é denominado como lixão.

“Aterro Sanitário é uma técnica de disposição final de resíduos no solo, fundamentada em critérios de engenharia e com normas específicas de maneira a confinar o resíduo de maneira segura em termos de controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública” CEMPRE/IPT(2000) e Tavares (2007).

“Aterro Controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, que utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos urbanos no solo, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho, minimizando os impactos ambientais” CEMPRE/IPT(2000) e Tavares (2007).

Tavares (2007) afirma que (na forma de) no aterro controlado também ocorre poluição, porém localizada, pois esta forma de aterro não dispõe de impermeabilização da base, causando contaminação de águas com o percolado/chorume gerado pela decomposição dos resíduos. Nas duas modalidades de aterro ocorre a geração de gases também conhecido como biogás que é resultado da decomposição dos resíduos e que, geralmente, é lançado para a atmosfera sem nenhum tratamento.

“Lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos (lixo), pois não contempla obras de engenharia nem para controle de poluição ambiental nem para manutenção da saúde pública” CEMPRE CEMPRE/IPT(2000) e Tavares (2007).

Sendo assim, esta situação de total descontrole acarreta problemas à saúde pública como proliferação de vetores de doenças, poluição do solo e das águas.

Dentre as alternativas para o tratamento adequado para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos são destacadas ainda as seguintes técnicas (TAVARES, 2007):

- a) Centrais de triagem/reciclagem e compostagem de RSU;
- b) Incineração;
- c) Recuperação energética.
  - Fermentação
  - Compostagem

#### 4.1.1 Centrais de reciclagem/reciclagem e compostagem de RSU

Conforme Tavares (2007), o tratamento ou industrialização de resíduos é um conjunto de processos que promovem a reciclagem de materiais e a transformação da matéria orgânica em composto.

Tavares (2007) ainda afirma que na maioria das cidades brasileiras ocorre a mistura do material reciclável com o material composto por sobras putrescíveis, sendo que este poderia ser encaminhado para o processo de compostagem ou fermentação. A técnica utilizada no transporte dos resíduos, que em geral é a compactação, deixa o material potencialmente reciclável com alto grau de impurezas. Tavares (2007) ainda comenta que este tipo de coleta acarreta em problemas operacionais nas centrais, entre eles:

- Perda de materiais, pois os materiais que poderiam ser reciclados e vendidos estão misturados com resíduos orgânicos.
- O processo de limpeza se torna oneroso e desinteressante para os recicladores, pois precisam de equipamentos e processos adicionais.
- Contaminação do composto orgânico por substâncias tóxicas existentes na mistura dos resíduos. Fischer (2009)

#### 4.1.2 Incineração

Tavares (2007) acrescenta que esta forma de disposição final não é aplicada em larga escala no Brasil, devido ao seu custo elevado. Esta técnica consiste em um processo de combustão controlado, com temperaturas acima de 900°C, para transformar resíduos sólidos, líquidos e gases combustíveis em dióxido de carbono, outros gases e água reduzindo, significativamente, os volumes e pesos iniciais. Após o processo de incineração, a escória poderá ser disposto em aterros sanitários ou até mesmo reaproveitado na construção civil.

#### 4.1.3 Recuperação energética

Oliveira (2002) e Tavares (2007) definem que a recuperação energética consiste em transformar o poder calorífico dos resíduos em energia elétrica e calor.

A transformação diz respeito ao uso de resíduos para fins diferentes dos originais como, no caso da utilização da biomassa presente nos restos alimentares, para produzir combustível e/ou adubo. Em ambos os casos, há redução da quantidade de resíduos sólidos urbanos a ser depositada em aterros sanitários, o que amplia a vida útil dos mesmos e soluciona um dos grandes problemas da atualidade que é a escassez de áreas para novos aterros de Resíduo Sólido Urbano (RSU).

Já a transformação visa obter produtos cuja competitividade pode ser alcançada mesmo com custos de processamento mais elevados que um aterro, uma vez que seu custo de matéria-prima é negativo, pois se trata de rejeito.

Para Tavares (2007), dentre as técnicas apresentadas anteriormente, a tecnologia de disposição em aterro sanitário tem sido a mais recomendada no Brasil devido ao seu baixo custo operacional e de manutenção.

## 5 A GESTÃO DE RESÍDUOS NA ALEMANHA

### 5.1 A HISTÓRIA DA GESTÃO DE RESÍDUOS NA ALEMANHA

Em artigo publicado pelo site alemão BMU (2009) assegurou-se que a gestão de resíduos na Alemanha teve um grande desenvolvimento desde o início dos anos 70. Por exemplo, em 1972 surgiu a primeira lei na qual cada vilarejo da Alemanha tinha que ter uma área para dispor seus resíduos, o que dava em torno de cinquenta mil pontos de descarregamento. No entanto, nos anos 80 e 90 os locais de descarregamento caíram abaixo de dois mil e tendo diversas normas exigentes, onde a maioria dos aterros sanitários foram fechados. Atualmente existem somente 160 aterros sanitários em toda Alemanha que são utilizados como aterro classe 2. Mas a quantidade de usinas de incineração, sistemas de tratamento mecânico-biológico e outros sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos e industriais aumentaram significativamente na Alemanha.

Segundo a BMU (2009) na metade dos anos 80 foi definido um credo político para a hierarquia da gestão dos resíduos, que foi:

- Evitar, Reciclar e Dispor.

No centro da política de gestão de resíduos foi definida a responsabilidade dos produtos. Com isto, os fabricantes foram obrigados a produzir o mínimo de resíduos e os produtos fabricados tiveram de ser fabricados de tal forma para que facilitasse o seu reaproveitamento.

Já os resíduos de valor como metais, papéis e plásticos tiveram de ser coletados, selecionados e, por serventia, introduzidos novamente ao ciclo da economia. Isto foi à base para a gestão da reciclagem e da legislação de resíduos no meio da década de 90.

Segundo a BMU (2009) atualmente estão envolvidas na Alemanha mais de 250.000 pessoas com a gestão de resíduos que compreende desde engenheiros até pessoal administrativo. Em diversas universidades existem cursos de gestão de resíduos formando técnicos, setor este que movimenta por ano mais de 50 bilhões de Euros.

Conforme dados estatísticos apresentados em artigo publicado pela BMU (2009), na Alemanha mais de 60% dos resíduos sólidos urbanos e em torno de 65% dos resíduos de processos industriais são reaproveitados de alguma forma. Resíduos de setores como indústria de embalagens chegou em 80% de reaproveitamento e a indústria da construção civil teve uma cota de reaproveitamento de 87%. Calculando de outra forma, são 29 milhões de toneladas de resíduos urbanos, 31 milhões de toneladas de resíduos industriais e comerciais e 161 milhões de toneladas da indústria de construção civil. Este reaproveitamento equivale a 4 ton/hab\*ano na Alemanha. Assim, com estes valores, pode-se afirmar que a proteção ambiental virou um fator significativo na economia alemã.

Segundo a BMU (2009) a melhoria da gestão de resíduos acarretou em uma redução de emissão de 31 milhões de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por ano durante os últimos 15 anos. Contudo, o objetivo da Alemanha é melhorar a gestão dos resíduos nos próximos anos. Trabalhando com incentivos para o reaproveitamento, reciclagem e garantia de que os novos produtos fabricados não contenham substâncias tóxicas.

Além do mais, a reciclagem na Alemanha é um ótimo modelo de gestão em que a política ambiental resulta em proteção ao meio ambiente inclusive o clima, eficiência no uso de recursos naturais e, ao mesmo tempo, é interessante para a economia.

## 5.2 SITUAÇÃO NA ALEMANHA – VISÃO GERAL

Segundo o site da *Umweltbundesamt* (2009) a geração de resíduos que não pode ser evitada deve ser de uma maneira que possibilite sua utilização em algum processo industrial ou disposição de modo que não agrida ao meio ambiente, como por exemplo, o processo de tratamento mecânico-biológico, no qual a geração de gás e o chorume são minimizados. No entanto, este processo, como qualquer outro, precisa seguir padrões ambientais rigorosos para que se obtenha o mínimo de impacto ambiental.

Com relação à disposição de resíduos não tratados em aterros, este entrou em um processo de proibição no período de 1996 a 2006, sendo intensificado a

partir de 01.06.2005. Com isto, os incineradores começaram a receber mais resíduos a partir de 2006. (UMWELTBUNDESAMT, 2009).

Na figura 09 é apresentada a destinação dos resíduos na Alemanha por um ciclo de 11 anos.

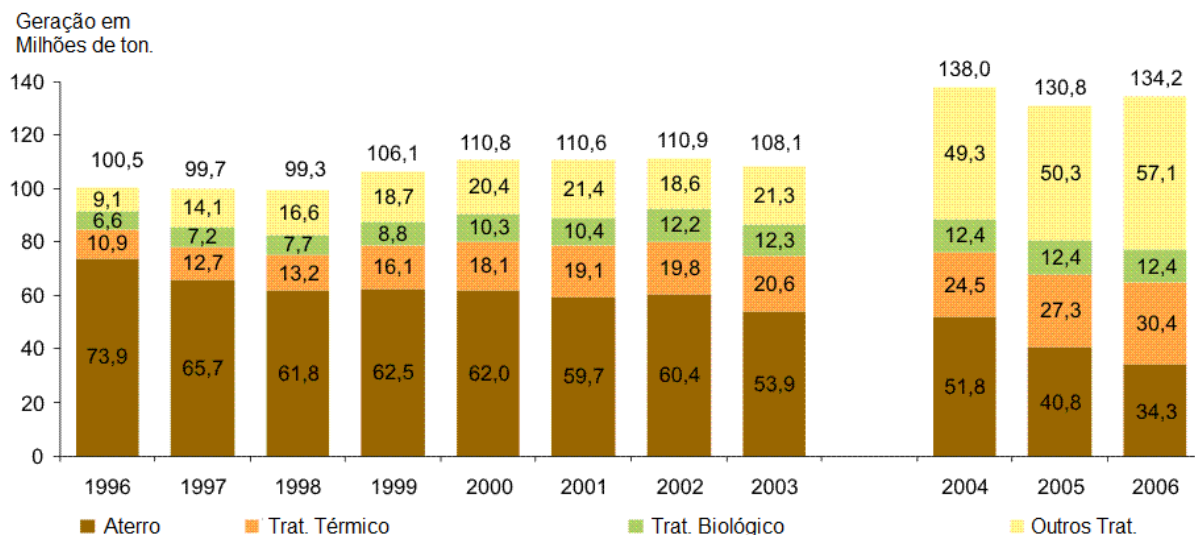


FIGURA 09 - DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS NA ALEMANHA COM O PASSAR DOS ANOS

FONTE: *Umweltbundesamt*<sup>2</sup> (2009)

NOTA: Outros tratamentos: Tratamento físico-químico, mecânico-biológico e tratamento do solo.

### 5.3 COLETA DA BIOMASSA E SEU TRATAMENTO NA ALEMANHA

Conforme o site da BMU (2009) a biomassa é um resíduo significativo no mercado da reciclagem. Na Alemanha representa de 30 a 40% do resíduo municipal gerado.

Ainda no site da BMU (2009) é afirmado que a compostagem ou a fermentação de biomassa propicia a geração de composto que serve para: o balanço de húmus no solo, substitui o fertilizante mineral e contribui na proteção do clima, pois evita a geração de gás de aterro, que contém em sua principal composição o gás metano que é normalmente lançado para a atmosfera no sistema de disposição em aterro sanitário.

<sup>2</sup> FONTE: [http://www.umweltbundesamt-daten-zur-](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=16075)

Para que esta biomassa possa ser aproveitada existe em várias comunidades um Biotonel onde são armazenados os restos vegetais, sobras de alimentos e outros materiais orgânicos não contaminados.

A BMU<sup>3</sup> (*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*) descreve o que pode ser colocado ou não no tonel de biomassa. O quadro 01 descreve o que pode ou não ser colocado no biotonel.

<b>Tonel de Biomassa</b>	
<b>Pode ser colocado</b>	<b>Não pode ser colocado</b>
Resíduos oriundos de limpeza de canteiros	Cinzas e fuligem
Flores, flores murchas, arbustos, folhas, agulhas, galhos, musgo, corte de grama.	Arame (por ex. Arame para amarração de flores) potes de flores.
Sobras de peixes e espinhos (somente pequenas quantidade residenciais; se possível envolvido em jornal e não em papel com impressão colorida. Pão e sobras de panificação, casca de ovos, penas e cabelos, Sobras de verdura, resíduos de verduras, mato.	Resíduo contaminado por substâncias tóxicas e resíduos problemáticos, sobras de madeira, impregnado ou tratado, madeira de móveis e aglomerado.
Plantas, partes de plantas, plantas de potes(sem potes).	Fitas de presentes
Feno e palha (pequena quantidade), estacas de arbustos, ramos, podas, casca de árvores, galhos.	Produtos de higiene (absorventes, toalhas sanitárias, etc...), excrementos de animais.
Ossos (somente pequenas quantidades residenciais)	Material de varrição, saco de aspirador de pó.
Toalha de papel (papel de cozinha), toalhas de papel, lenços de papel, guardanapos.	Sobras de vela e de couro, peças de borracha.
Carne e sobras de lingüiça (somente pequenas quantidade residenciais; se possível envolvido em jornal e não em papel com impressão colorida).	Tapetes, tecidos, panos de limpeza, Cerâmica, porcelana.
Serragem e cepilhos de madeira não tratada	Medicamentos
Sacos de filtro de café, borra de café, sacos de chá, sobras de chá, sacos de papel e plástico/embalagens biodegradável.	Leite
Casca de castanhas, casca de frutas e sobras de frutas (também frutas cítricas).	Papel e papelão, papel carbono, Sacos plásticos.
Sobras de refeição, cozido ou não, estragado (somente pequenas quantidade residenciais; se possível envolvido em jornal e não em papel com impressão colorida).	Algodão, cotonetes, fraldas, bandagens.
Restos de produtos de leite (mas não leite), sobras de queijo.	Embalagens de plástico, alumínio, vidro, material composto.

QUADRO 01 - DEFINIÇÃO DO QUE PODE OU NÃO SER COLOCADO NOS TONÉIS DE BIOMASSA

FONTE: Adaptado do site da BMU (2009)

<sup>3</sup> FONTE: <http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/doc/3763.php>

Devido à biomassa ser coletada separadamente, reduz-se para 95% a presença de contaminantes no composto. Isto já é diferente quando o composto foi gerado de uma mistura de resíduos residenciais.

Quando manuseada corretamente, a biomassa não tem cheiro forte, não cria moscas e reduz o risco de saúde para os operadores de resíduos. O composto gerado pode então ser utilizado como fertilizante em floricultura ou na agricultura.

Sendo assim, com a coleta separada de biomassa, reduz-se em 1/3 (um terço) a quantidade de resíduo, reduzindo também a quantidade de material úmido, o que facilita o tratamento do lixo residual.

No aproveitamento de resíduos orgânicos é necessário observar a especificação do material. Por exemplo, a madeira é mais vantajosa ser queimada em uma usina de geração de energia do que ser fermentada. Já para o material úmido é vantajoso utilizá-lo em um fermentador para a geração de biogás. O material de lignina e sobras vegetais é ideal para a compostagem.

Ainda no site da BMU (2009) é afirmado que no processo de compostagem não ocorre a formação de compostos que podem ser utilizados para a geração de energia, mas auxilia na proteção climática. Assim, evita-se o uso de recursos naturais para a adubação do solo. No entanto, não é possível dizer qual o melhor processo, pois é necessário que haja uma mistura de processos. Qualquer processo de tratamento irá acarretar na proteção do clima e dos recursos naturais.

A contribuição na proteção ao clima e os recursos naturais de cada processo irá depender da eficiência do tratamento, da sua operação e do aproveitamento do poder energético.

Na figura 10 é apresentado o aproveitamento da Biomassa nos 25 países da União Européia e Noruega:



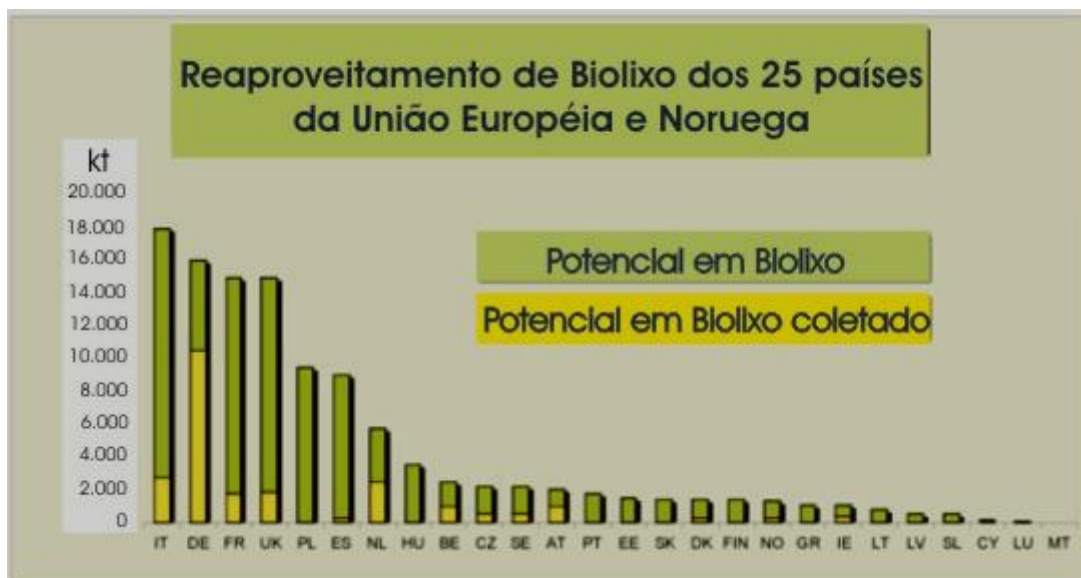


FIGURA 10- O ÍNDICE DE REAPROVEITAMENTO DE BIOMASSA EM 25 PAÍSES DA EUROPA

FONTES: *Bundesumweltministerium* (2006)

A tabela 01 apresenta a geração de resíduos urbanos na Alemanha nos respectivos anos, em valores de quilograma por habitante.

TABELA 01 - A GERAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS NA ALEMANHA

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Resíduo urbano gerado (Kg/habitante)	609	599	636	601	587	565
Deste resíduo urbano é composto por resíduos residenciais não perigosos (Kg/habitante)	457	440	562	529	520	498
Biomassa de Biotonel e outros materiais biodegradáveis (como por ex. Podas e galhos de parques) (Kg/habitante).	43 * <sup>1</sup>	46 * <sup>1</sup>	92	89	95	94
Recicláveis – (Vidro, Papel e Papelão, Embalagens, Equipamentos eletrônicos, Plástico) (Kg/habitante).	164	162	227	217	205	210
Outros resíduos (como por exemplo: móveis e objetos grandes e de coleta lixo residual e material misturado). (Kg/habitante)	250	232	243	223	220	194
Habitantes até ao final do ano (em x 1000)	82 260	82 440	82 537	82 532	82 501	82 438

FONTES: Adaptado do site BMU<sup>4</sup> (2007)

NOTA - \*<sup>1</sup>Nestes anos foi contabilizado somente o resíduo gerado em biotonel e não do que foi gerado por podas de galhos e limpeza de parques.

<sup>4</sup>FONTES:

[http://www.bmu.de/files/abfallwirtschaft/statistiken\\_zu\\_abfallwirtschaft/application/pdf/siedlungsabfalla\\_ufkommen.pdf](http://www.bmu.de/files/abfallwirtschaft/statistiken_zu_abfallwirtschaft/application/pdf/siedlungsabfalla_ufkommen.pdf) 28.10.2009

## 6 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - RSU NO BRASIL

Com a revolução industrial e o aumento da população nas áreas urbanas houve uma grande geração de resíduos para uma pequena área geográfica. Segundo Machado, Ferraz e Bizzo (2007) os avanços de tecnologia e de gestão produziram um aumento de oferta e de consumo de produtos e serviços. A mudança dos padrões de consumo em conjunto com o crescimento acelerado das populações tem provocado um agravamento do problema da geração e destinação dos resíduos.

Sendo assim, o gerenciamento adequado da geração, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos tornou-se um importante desafio ambiental e de sustentabilidade a ser implantado pelos administradores e gestores ambientais.

Ainda conforme Machado, Ferraz e Bizzo (2007) a composição do RSU acompanha diretamente as modificações econômicas e as transformações tecnológicas, que tem influenciado o modo de vida da sociedade. Os desenvolvimentos de novas matérias-primas passam a integrar os processos produtivos, alterando a composição dos resíduos, que passa cada vez mais a ser composto por embalagens, produtos artificiais e industrializados.

A caracterização da geração de resíduos domiciliares das cidades brasileiras é analisada e discutida em relação ao poder econômico dos moradores. É provável que uma sociedade, bairro ou cidade mais rica produza mais resíduos, pois tem condição de adquirir e consumir mais produtos (D'ALMEIDA E VILHENA, 2000). No entanto, quando o resíduo é analisado qualitativamente desaparece a relação entre poder aquisitivo e geração de resíduos, ocorrendo uma igualdade de componentes em porcentagem (STREB, 2004). Uma das causas para essa igualdade é o acesso aos produtos que originam o material descartado. Machado, Ferraz e Bizzo (2007) e Santos, Ramos e Pinheiro (2002) afirmam que a maioria dos fabricantes desenvolve dois produtos, sendo um para a população de maior poder aquisitivo e o outro para a população de menor poder aquisitivo e, com isto, toda a sociedade gera os mesmos resíduos. Como por exemplo, as bebidas fabricadas por marcas famosas, que são normalmente adquiridas por consumidores de poder aquisitivo mais alto, e outros fabricantes que atendem ao mercado nacional com produtos de menor preço,

atingindo os grupos sociais de menor poder aquisitivo. Sendo assim as duas classes geram o mesmo tipo de resíduo.

Segundo Tombosi, Silva e Bem (2000) algumas cidades do Brasil, como Porto Alegre, Rio de Janeiro e Curitiba, já desenvolveram projetos relacionados a uma melhor gestão de resíduos. Mas somente a partir da década de 90 é que a questão do resíduo sólido urbano começou a ganhar maior atenção no campo acadêmico e na mídia, devido aos impactos ambientais, sociais e danosos à saúde causados pelas formas de tratamento e destinação final inadequadas e, também, por causa da divulgação dos projetos de reciclagem em países desenvolvidos.

As técnicas do tratamento de resíduos no Brasil não estão subordinadas a dependência de tecnologia externa. Conforme Tombosi, Silva e Bem (2000) o problema do País reside na falta de uma política competente, responsável e de comprometimento, na qual os conhecimentos desses projetos não sejam restritos em estudos de casos isolados e que normalmente ocorrem sem a divulgação do acompanhamento e dos resultados obtidos. A coleta, o transporte e a destinação final adequada dos resíduos são os setores mais deficientes, principalmente, nos pequenos municípios e zonas rurais, causando graves prejuízos à saúde pública e ao desenvolvimento da região.

## 6.1 A GERAÇÃO DE RSU NO BRASIL - ESTATÍSTICAS

No Brasil, segundo Tavares (2007), a cada dia, estão sendo gerados em média cerca de 0,95 kg de RSU por pessoa. A quantidade de RSU que é coletada por dia no Brasil é de cerca de 162 mil toneladas, sendo as regiões sul e sudeste os maiores geradores.

Segundo a ICLEI – Brasil (2009) a tabela 02 apresenta dados levantados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2000, sobre geração média per capita de resíduos domiciliares, resíduos públicos e urbanos para municípios com diferentes faixas populacionais, ficando evidente que a média per capita de geração de resíduos sólidos domiciliares (RSD) é diretamente proporcional ao número de habitantes.

TABELA 02 - DADOS DA GERAÇÃO MÉDIA PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ACORDO COM O PORTE DO MUNICÍPIO

Faixa Populacional (hab.)	Municípios		População	Resíduos (ton/dia)			Produção per Capita (kg/hab/dia)		
	Total	Distribuição(%)		Domiciliar	Público	Urbano	Domiciliar	Público	Urbano
Até 9.999	2.644	48,0	13.865.155	6.364,1	2.820,7	9.184,8	0,46	0,2	0,66
10.000 à 19.999	1.382	25,1	19.654.601	8.316,0	3.157,1	11.473,1	0,42	0,16	0,58
20.000 à 49.999	957	17,4	28.674.236	13.729,8	4.551,8	18.281,6	0,48	0,16	0,64
50.000 à 99.999	300	5,4	20.836.724	11.625,2	3.082,9	14.708,1	0,56	0,15	0,71
100.000 à 199.999	117	2,1	16.376.710	11.329,5	2.392,2	13.721,7	0,69	0,15	0,84
200.000 à 499.999	76	1,4	23.200.154	17.986,4	3.190,9	21.177,3	0,78	0,14	0,91
500.000 à 999.999	18	0,3	12.554.978	16.210,5	5.434,8	21.645,3	1,29	0,43	1,72
Mais de 1.000.000	13	0,2	34.327.295	39.719,6	11.915,6	51.635,2	1,16	0,35	1,50
<b>Total</b>	<b>5.507</b>	<b>100,0</b>	<b>169.489.853</b>	<b>125.281,1</b>	<b>36.546,0</b>	<b>161.827,1</b>	<b>0,74</b>	<b>0,22</b>	<b>0,95</b>

FONTE. TAVARES, 2007 (apud. IBGE, 2000).

Segundo manual publicado pela ICLEI – Brasil (2009) afirma-se que é evidente que em grandes centros urbanos o estilo de vida das pessoas leva a um maior consumo de produtos industrializados e com embalagens descartáveis. Em cidades de pequeno porte a tendência é de que os resíduos contêm menos embalagens e mais material orgânico. A quantidade e composição dos resíduos sólidos, especialmente os domiciliares, dependem de características sócio-econômico-culturais da população e mudam ao longo do ano, em função da sazonalidade.

A ICLEI – Brasil (2009) afirma que os dados abordados de 2000 estimam que a geração de resíduos sólidos no Brasil tenha crescido proporcionalmente ao número de habitantes.

A tabela 03 apresenta as unidades de destinação final de resíduos coletados, por região, segundo resultados obtidos pela PNSB (2000, apud ICLEI – Brasil, 2009).

TABELA 03 - UNIDADES DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS, POR REGIÃO BRASILEIRA

Destinação	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Lixão	488	2.538	1713	848	406
Aterro Controlado	44	169	785	738	132
Aterro Sanitário	32	134	683	478	125
Compostagem	1	19	117	117	6
Reciclagem	-	28	198	351	19
Incinerador	4	7	210	101	3

FONTE: PNSB – IBGE (2000, apud ICLEI – Brasil, 2009)

A figura 12 representa os dados da predominância de lixões a céu aberto em todas as regiões do país, sendo que os aterros sanitários e controlados estão mais presentes nas regiões Sudeste e Sul.

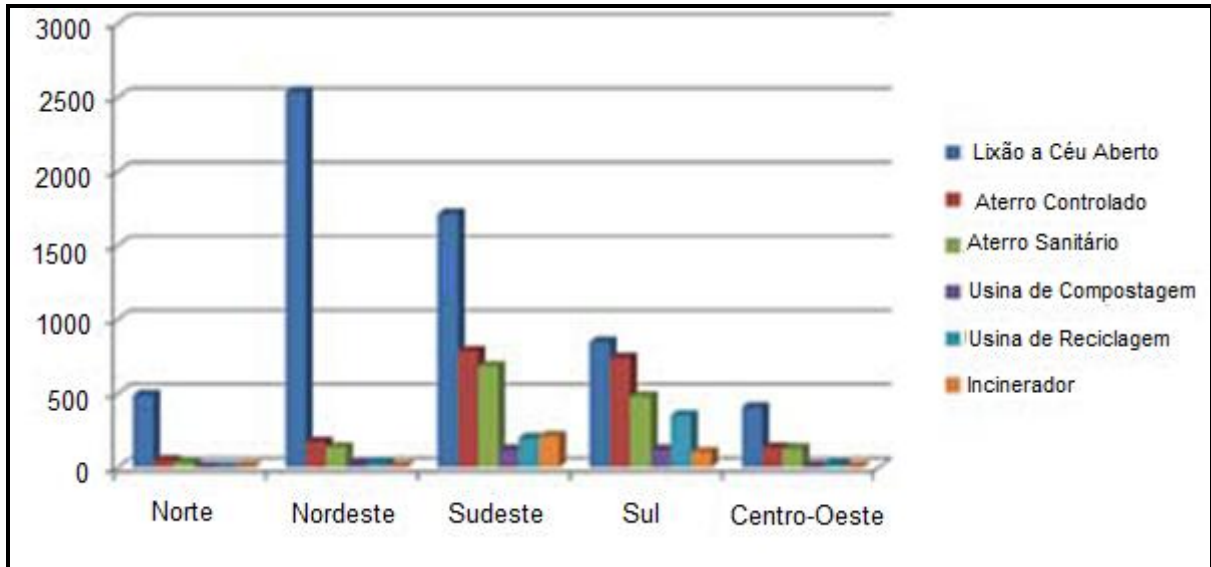


FIGURA 11 - DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS COLETADOS, POR REGIÃO  
 FONTE: PNSB – IBGE (2000, *apud* ICLEI – Brasil, 2009)

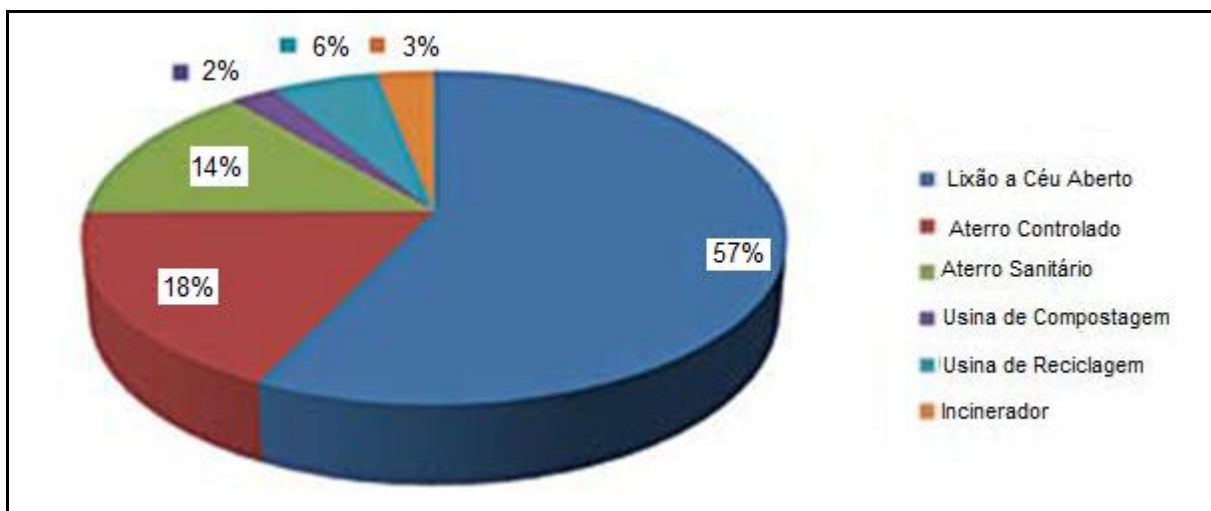


FIGURA 12 - PARTICIPAÇÃO DAS DIFERENTES FORMAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS NO BRASIL - % SOBRE O NÚMERO DE UNIDADES  
 FONTE: PNSB – IBGE (2000, *apud* ICLEI – Brasil, 2009)

A ICLEI – Brasil (2009) constata que os lixões a céu aberto, os aterros controlados e os aterros sanitários, que são formas de disposição de resíduos no solo, correspondem juntos a 89% das formas de tratamento e destinação final dos resíduos no Brasil.

Embora essa pesquisa tenha sido realizada há mais de uma década, sabe-se que desde então muitos esforços vêm sendo realizados para estimular o fechamento de lixões a céu aberto. Na maioria das vezes os lixões que foram fechados migram para aterros controlados ou sanitários e, portanto, o número total de unidades de disposição final de resíduos no solo continua semelhante.

ICLEI – Brasil (2009) publicou o seguinte gráfico (FIGURA 14) apresentando a participação percentual das diferentes formas de tratamento e destinação final de resíduos no Brasil em relação ao total de resíduos coletados.

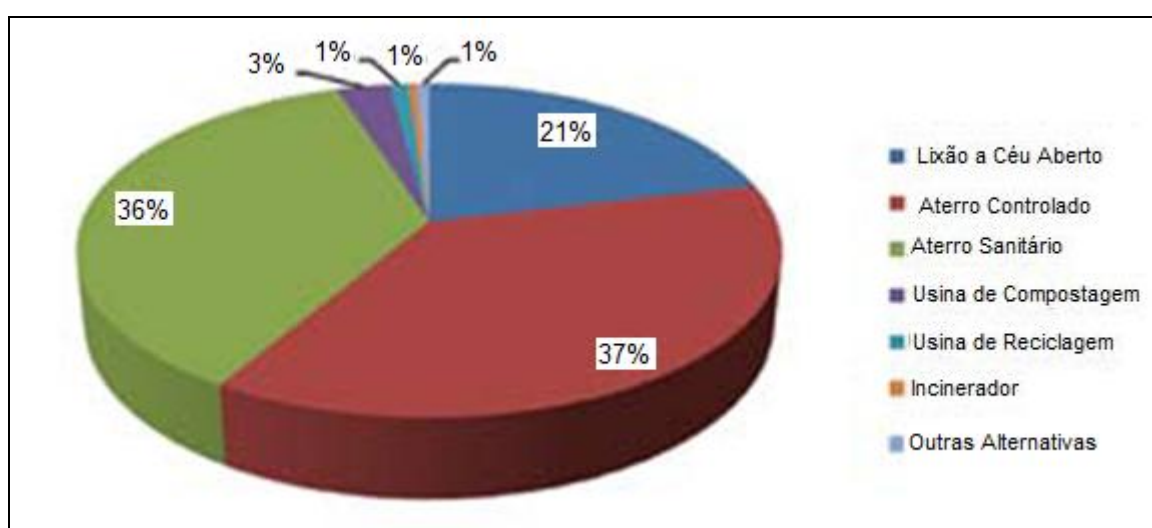


FIGURA 13 - PARTICIPAÇÃO DAS DIFERENTES FORMAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL - % EM RELAÇÃO AO TOTAL DE RESÍDUOS COLETADOS  
 FONTE: PNSB – IBGE (2000, apud ICLEI – Brasil, 2009)

Conclui-se que, do total de resíduos sólidos coletados no país, 36% são destinados para aterros sanitários: 37% para aterros controlados e 21% para lixões a céu aberto, totalizando 94% da quantidade de resíduos coletados que são dispostos no solo.

No manual publicado pela ICLEI – Brasil (2009) é demonstrado que desde a Eco-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992) a reciclagem de resíduos vem se tornando cada dia mais predominante. No entanto, segundo a pesquisa Ciclossoft realizada pelo CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem), até 2008 apenas 405 municípios brasileiros realizaram algum tipo de coleta seletiva de resíduos, visando possibilitar a reciclagem de seus materiais

Conforme Tavares (2007) a PNSB 2000 apenas 8,4% dos municípios brasileiros pesam seus resíduos, o que equivale a 64,7% do total gerado. Por este

motivo existe uma dificuldade de obter dados precisos sobre a geração, transporte e destinação de resíduos sólidos. Isto pode ser verificado pela média de produção de RSU per capita apontada pelos municípios que possuem balança, cujo resultado é maior do que daqueles que não possuem o equipamento de medição e, por isso, conseqüentemente, os resíduos que não são pesados têm sua quantidade avaliada subjetivamente, causando um erro estatístico significativo na geração nacional brasileira.

## 6.2 A COMPOSIÇÃO RSU NO BRASIL - ESTATÍSTICAS

Tavares (2007) ainda afirma que durante os estudos de levantamento é necessário realizar comparativos entre a composição e a quantidade dos resíduos que são gerados, para que se possa determinar formas de destinação.

Como já descrito anteriormente, a composição dos resíduos domiciliares não muda em função da classe social. Segundo Machado, Ferraz e Bizzo (2007) um estudo de caracterização qualitativa do resíduo domiciliar na cidade de Porto Alegre apresentou que não é possível distinguir uma diferença qualitativa significativa na composição dos resíduos gerados pela sociedade com maior poder aquisitivo com a de menor poder aquisitivo. Os resultados estão apresentados na tabela 04 em cujo estudo a cidade de Porto Alegre foi dividida em bairros representativos de cinco extratos sociais:

- a) alto;
- b) media alta;
- c) média;
- d) média baixa e baixa;
- e) bastante carente.

TABELA 04 - CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DOMICILIAR DE PORTO ALEGRE DE ACORDO COM OS ESTRATOS SOCIAIS

% média em base úmida						
Material	Estrato A	Estrato B	Estrato C	Estrato D	Estrato E	% médio
Papel e papelão	18,6	14,5	17,0	11,9	12,6	14,8
Metais ferrosos e não ferrosos, plástico, vidro e tetrapak	18,2	19,2	19,5	14,6	15,7	17,5
Matéria orgânica facilmente biodegradável	51,5	50,9	50,1	59,7	50,3	52,5
Rejeito	10,4	11,5	11,5	9,8	15,0	11,6
Borracha, couro, madeira, louça e trapos	1,1	4,2	2,2	3,8	6,2	3,5
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	177,3	175,3	173,8	208,3	184,6	183,9

FONTE: Costa (1998, *apud* MACHADO, FERRAZ e BIZZO, 2007)

Ao mesmo tempo Macdonald & Ball (1997 *apud* SANTOS, RAMOS e PINHEIRO 2002) comentam que a composição e a quantidade dos resíduos sólidos depende de um amplo leque de fatores como alimentos, hábitos, tradições culturais, estilo de vida, condições climáticas, etc. As variações, devido a estes fatores, são encontradas através de países bem como através de diferentes regiões dentro de um país e também podem se modificar durante o decorrer de um período, sendo necessários levantamentos periódicos para atualização de dados.



FIGURA 14 – PERFIL QUALITATIVO DO RESÍDUO GERADO NO BRASIL

FONTE: IPT - CD-ROM "Educação Ambiental – O Ciclo do Lixo". (2002, *apud* TAVARES, 2007)



Segundo Tavares (2007) o RSU que é produzido diariamente no Brasil (FIGURA 15), consiste em 77% de matéria orgânica e papel e são considerados resíduos de maior poder de decomposição e com menor grau de agressividade à natureza. Pensando assim, seria necessário e importante que esses resíduos pudessem ser mais bem aproveitados, no sentido de serem transformados em material útil para a natureza.

Mancini et al (2007) também se afirma que em diversos municípios, tanto no Brasil quanto no exterior, a quantidade percentual de resíduo gerado aponta um grande predomínio percentual de materiais passíveis de reaproveitamento e reciclagem, como plásticos, metais, papéis, vidros e principalmente matéria orgânica. Esta afirmação pode ser considerada mesmo considerando com as diferenças no que se refere aos seus objetivos específicos e à metodologia utilizada para a coleta das informações.

### 6.3 A RECICLAGEM NO BRASIL

Pedroza (2008)<sup>5</sup> assegura que o Brasil perde anualmente cerca de R\$ 4,6 bilhões por não aproveitar a totalidade do potencial de reciclagem do resíduo domiciliar. A falta de incentivo torna economicamente inviável grande parte das iniciativas das prefeituras e ONGs para o desenvolvimento de programas de coleta seletiva e reciclagem.

Pedroza (2008) ainda afirma que o governo, por falta de percepção global e de planejamento, não investe na reciclagem, o que reduziria a necessidade de energia e matéria-prima. Se houvesse investimento na reciclagem estaria economizando água, espaço, custos com destinação final de resíduos e manutenção dos aterros, melhorando a saúde ambiental e humana além de estar reduzindo os custos com o controle e monitoramento ambiental.

---

<sup>5</sup>FONTE:<http://sgvirtual.blogspot.com/2008/04/composio-mdia-do-lixo-domiciliar-no.html> 28.10.2009

## 6.4 A PROBLEMÁTICA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NO BRASIL E ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Desde a antiguidade o agricultor reaproveita os restos orgânicos de animais e vegetais como um material importante para favorecer o desenvolvimento das plantas e aumentar sua produção. Tombosi, Silva e Bem (2000) declaram que o conhecimento da importância do material orgânico tem levado o agricultor a utilizar, das mais variadas maneiras, os restos orgânicos como fertilizantes de suas terras.

Kiehl (1985, *apud* TOMBOSI, SILVA e BEM, 2000) mostra que no Brasil foi Dafert o primeiro diretor do Instituto Agrônomo de Campinas, que em relatórios de atividades entre os anos de 1888 e 1893, sugeriu pela primeira vez aos agricultores a produzirem em suas propriedades os fertilizantes classificados como 'estrumes nacionais' pois os fertilizantes naturais eram todos importados. Segundo Tombosi, Silva e Bem (2000) a palavra "composto" há muito tempo vem sendo utilizada para designar o fertilizante orgânico que é gerado pelo amontoamento de restos animais e vegetais, ricos em substâncias nitrogenadas, misturados com outros resíduos vegetais pobres em nitrogênio e ricos em carbono. Estas matérias-primas são decompostas por processo microbiológico aerado até chegar ao estado de parcial ou totalmente mineralizados.

No entanto, devido à grande geração de resíduos orgânicos dos centros urbanos, surge o problema a ser enfrentado que consiste em destinar corretamente o resíduo orgânico, sem que provoque danos ao meio ambiente como a contaminação das águas, do solo e do ar, pois a decomposição produz um líquido negro, altamente poluente, denominado chorume que penetra no solo e atinge as águas subterrâneas e superficiais.

Contudo, de acordo com Tombosi, Silva e Bem (2000) algumas cidades brasileiras procuram novas formas de encarar os resíduos urbanos e reduzir os impactos causados pelos mesmos. Como por exemplo, a solução encontrada em Novo Horizonte, cidade do estado de São Paulo, foi a implantação, em 1982, de uma estação experimental que transforma em adubo a biomassa residencial de três cidades da região: Novo Horizonte, Borborema e Itajubi. Conforme Gonzaga (1989, *apud* TOMBOSI, SILVA e BEM, 2000), são 25 toneladas de biomassa que chegam à usina todo dia. Depois de separado, peneirado e tratado, o resíduo se transforma, todos os meses, em 70 toneladas de compostos e 60 toneladas de vermicomposto.

Em cerca de alguns quilômetros da estação, vários canteiros produzem húmus de minhoca ao lado de uma criação de camarões da Malásia, que são alimentados com as minhocas e como resultado desta alimentação obtém-se camarões três a quatro vezes maiores que os criados somente com ração industrializado.

#### 6.4.1 Degradação de compostos orgânicos por compostagem no Brasil

De acordo com Mancini *et al* (2007) a alta demanda por produtos industrializados e agrícolas, somado ao desordenado crescimento populacional, tem levado a um dos principais problemas que a humanidade está enfrentando: o descarte dos resíduos. O consumo excessivo de produtos não renováveis e o descaso com os renováveis provocam uma situação que está se tornando cada vez mais insustentável para o planeta. A sociedade busca maneiras de melhorar seu bem-estar, mas muitas vezes sem ter a idéia da quantidade de materiais que são necessários para obtê-lo ou como dispô-los adequadamente após o seu uso.

No Brasil, segundo Tombosi, Silva e Bem (2000) o resíduo urbano apresenta uma média aproximada de 50-60% de resíduos orgânicos, ou seja, sobra de alimentos, galhos, frutas e legumes formam uma massa heterogênea de resíduos orgânicos que podem ser tratados e transformados para gerar um rico fertilizante orgânico (húmus) através dos processos de compostagem. Mancini *et al* (2007) comentam que esse processo pode ser considerado como um processo de reciclagem para a matéria orgânica na medida em que se aproveita o material do produto descartado para a obtenção de um outro material e/ou produto, contribuindo, em última análise, para a preservação de boa parte dos recursos ambientais e reduzindo, com isto, a necessidade da extração de fertilizantes minerais.

Mancini *et al* (2007) afirmam que o número de empresas que estão trabalhando no ramo da reciclagem é crescente. Porém, um dos ramos que ainda é pouco explorado comercialmente é o de compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos sólidos urbanos. Segundo Freitas (2002) e Mancini *et al* (2007) de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, divulgada no ano de 2000, dos 9.848 distritos existentes no país, apenas 260 usavam como destinação final para a sua biomassa usinas de compostagem. Isso corresponde cerca de 2,87% do montante recolhido diariamente no Brasil. Conforme CEMPRE, apenas 1,5%

biomassa brasileiro passou pelo processo de compostagem durante o ano de 2004 com o intuito de obter composto.

Além disso, Mancini *et al* (2007) afirmaram que a implantação de sistemas de compostagem por parte dos municípios ainda apresentava vantagens significativas do ponto de vista socioeconômico, visto que o tratamento do material orgânico (excluindo a necessidade de seu aterramento) possibilitava a economia de quantidades significativas de dinheiro público (seja pela própria operação e manutenção dos aterros, ou também pela aquisição de novas áreas onde os mesmos serão instalados), o qual pode ser investido em outros setores. Ainda, os sistemas de compostagem podiam ser gerenciados por cooperativas de excatadores de resíduos, gerando renda, empregos e, conseqüentemente, melhor qualidade de vida para pessoas mais necessitadas.

#### 6.4.2 Degradação de compostos orgânicos por fermentação – Visão brasileira

Segundo Gorgati e Júnior (2000) os componentes orgânicos podem ser convertidos em energia através de processos como a compostagem para obtenção de fertilizante e/ou pela digestão anaeróbia onde parte do material é convertido em metano.

Entre as vantagens da digestão anaeróbia dos resíduos sólidos, Klein (1972 *apud* GORGATI e JÚNIOR, 2000) cita a redução do volume para a disposição final, conversão com mínimo de poluição atmosférica, produção de um lodo estabilizado com características desejáveis para a adubação e produção de um subproduto desejável (gás metano).

Apesar de a digestão anaeróbia ser um processo natural, sua otimização se torna complexa devido à dificuldade de se controlar vários fatores como: temperatura, pH, teor de sólidos, tempo de retenção e composição de substrato, entre outros.

O tratamento de resíduos urbanos via processos de fermentação, segundo Lima (1991, *apud* GORGATI e JÚNIOR, 2000), apresenta algumas dificuldades a serem superadas. Por exemplo, fermentadores de grande capacidade têm apresentado vários problemas como a sedimentação de lignina que reduz o espaço útil da câmara de digestão; variação na composição do gás gerado e a existência de

contaminantes corrosivas, o que dificulta o seu emprego direto e além do grande volume de resíduos líquidos que sobra da digestão.

Rivard *et al.* (1990, *apud* GORGATI e JÚNIOR, 2000), ressaltam que a heterogeneidade na composição dos resíduos sólidos municipais é o maior problema para o tratamento anaeróbio.

Autores como Read (1999, *apud* SANTOS, RAMOS e PINHEIRO, 2002); e Mato & Kaseva (1999, *apud* SANTOS, RAMOS e PINHEIRO, 2002), afirmam que o problema de contaminação causado pela produção de resíduos sólidos é um acontecimento mundial que acarreta nos seguintes problemas:

- a) Geração de gás metano, monóxido de carbono e hidrocarbonetos, entre outros, poluindo o ar;
- b) Infiltração do “chorume”, formação de sedimentos e lançamento de detergentes em córregos, poluindo a água;
- c) Utilização da área de disposição como nicho ecológico por vetores, poluindo o solo.

Analisando isoladamente, pode-se verificar que o impacto causado ao ar pelos resíduos é considerável, devido às grandes quantidades de gases emitidos durante sua decomposição.

Os gases poluentes que estão mais presentes na decomposição anaeróbia são: o monóxido e dióxido de carbono (CO e CO<sub>2</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos (HC). Estes gases são de grande impacto para o meio ambiente dependendo dos volumes lançados. Tchobanoglous (1994, *apud* SANTOS, RAMOS e PINHEIRO, 2002), apresenta os gases mais comuns emitidos pela decomposição anaeróbio com seus respectivos volumes (TABELA 05).

TABELA 05 – CONCENTRAÇÃO DOS GASES EMITIDOS PELA DECOMPOSIÇÃO DO LIXO EM MEIO ANAERÓBIO:

<b>Componente</b>	<b>Percentuais em volume seco</b>
Metano	45 – 60
Dióxido de Carbono	40 - 60
Nitrogênio	2 – 5
Oxigênio	0.1 – 1.0
Sulfurosos, dissulfurosos, mercaptanos, etc.	0 – 1.0
Amoníaco	0.1 – 1.0
Hidrogênio	0 – 0.2
Monóxido de carbono	0 – 0.2
Outros	0.01 – 0.6

FONTE: Tchobanoglous(1994 *apud* SANTOS, RAMOS e PINHEIRO, 2002)

#### 6.4.2.1 A gestão de resíduos e a geração de biogás

Como já mencionado anteriormente, existe uma deficiência do setor de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil e na correta destinação final dos resíduos.

Segundo Leite, Mahler e Britto (2005) esta situação poderá se reverter radicalmente com a oportunidade oferecida pela possibilidade de obtenção de receitas derivadas da venda de energia e de créditos de carbono gerados, por exemplo, em aterros sanitários, e pela mudança de percepção que um projeto apoiado por bancos de fomento e agências oficiais não significam apenas um simples local de disposição final de resíduos.

Com uma visão superficial, um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos pode ser visto como grande fermentador, onde ocorre, naturalmente, a biodegradação da matéria orgânica existente na composição dos materiais descartados, em ambiente predominantemente anaeróbio. Leite, Mahler e Britto (2005) afirmam que desta biodegradação resulta a geração do biogás, composto basicamente de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , em quantidades dependentes da forma de disposição.

Segundo Leite, Mahler e Britto (2005) o metano gerado é um gás combustível e dotado de alto poder calorífico. Há exemplos de países economicamente desenvolvidos ou não, onde se implantaram sistemas de captação deste gás para uso posterior como gás doméstico, combustível industrial ou liquefeito para uso veicular. Sabendo que o metano é um poderoso gás causador do efeito estufa, com a redução de sua emissão para a atmosfera é possível obter créditos de carbono de acordo com os mecanismos de desenvolvimento limpo previstos no Protocolo de Quioto, e, portanto gerando receitas para o administrador do aterro sanitário. Esta redução de emissão se refere ao metano, e não ao  $\text{CO}_2$ , pois a simples queima do metano transforma-se em  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ , isto já configura uma redução de emissão, uma vez que o metano é 21 vezes mais impactante no efeito estufa do que o  $\text{CO}_2$ , que é originário da fração orgânica e não é contabilizado como formador de efeito estufa, pois pertence ao ciclo natural do carbono.

#### 6.4.2.2 Situação atual do aproveitamento de biogás no Brasil e perspectivas

Segundo a ICLEI – Brasil (2009) a utilização de energias renováveis no país baseia-se em hidrelétricas (13,8%), produtos da cana-de-açúcar (16,4%), lenha e carvão vegetal (11,6%). Apenas 3,5% da matriz energética brasileira correspondem a outras fontes de energia renovável.

A figura 16 sintetiza a composição da matriz energética brasileira, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) publicado em 2009, referente ao ano de 2008 (ICLEI – Brasil, 2009).

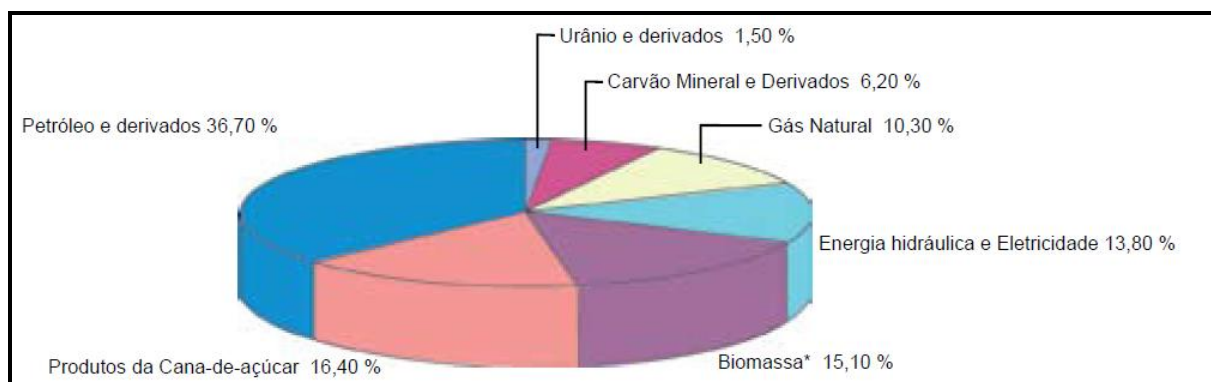


FIGURA 15. COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

FONTE: BEN (2009, *apud* ICLEI – Brasil, 2009)

NOTA:\* Biomassa inclui lenha, carvão vegetal e outras energias renováveis.

A figura 17 apresenta a evolução do consumo de energias renováveis e não renováveis no país, desde 1970, deixando evidente que a participação das energias renováveis na matriz energética nacional permaneceu com o consumo constante.

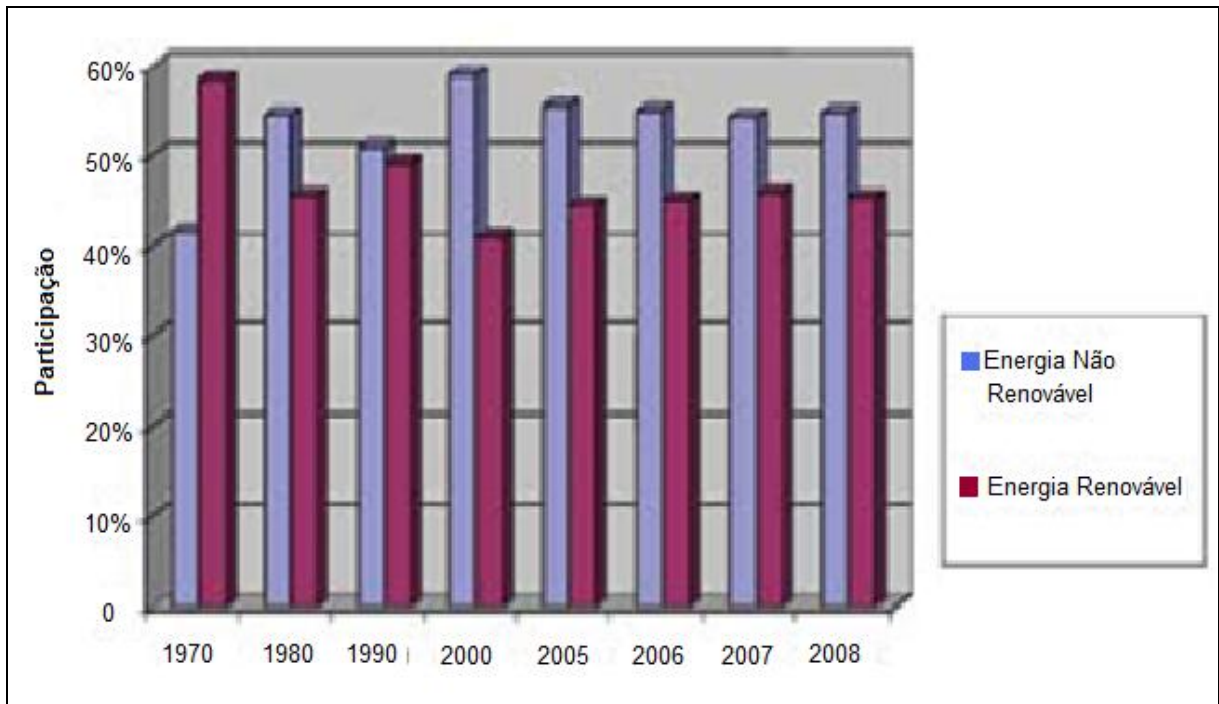


FIGURA 16 - PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL  
 FONTE: BEN (2009, *apud* ICLEI – Brasil, 2009)

A figura 18 apresenta o histórico da oferta interna de energia, proveniente de diferentes fontes, em toneladas equivalentes de petróleo (tep).

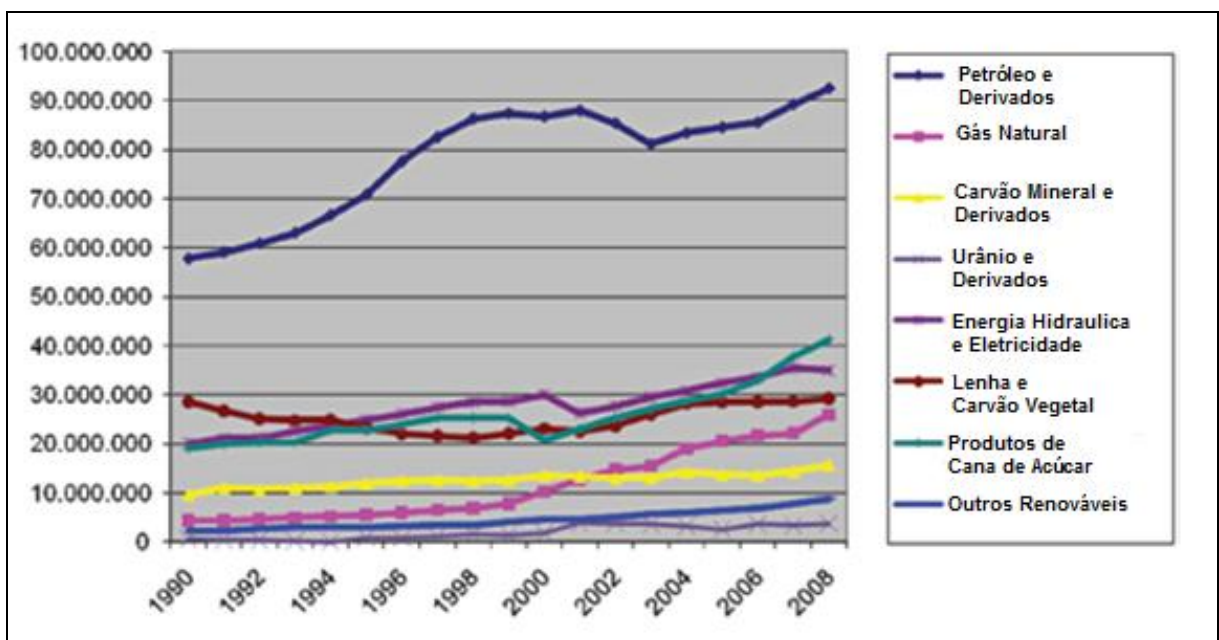


FIGURA 17 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA POR FONTES (TEP)  
 FONTE: BEN (2005, 2007, 2008 e 2009, *apud* ICLEI – Brasil, 2009)



Segundo a ICLEI – Brasil (2009) pode-se constatar que nos últimos anos ocorreu um aumento considerável do uso de petróleo e derivados, de gás natural e de produtos de cana-de-açúcar para a produção de energia no país. Contudo, a participação do petróleo e derivados continua sendo muito maior que as demais fontes energéticas.

Isso significa que a atual matriz energética brasileira afeta negativamente o cenário já crítico do aquecimento global, tendo em vista que a queima de petróleo e seus derivados que emitem grandes quantidades de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, além de liberar SOx e NOx, causadores da chuva ácida.

#### 6.4.2.3 Alternativas para aproveitamento de biogás

O biogás gerado a partir dos resíduos sólidos urbanos; possui em sua composição quantidades variáveis de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S e mercaptanos. Segundo Leite, Mahler e Britto (2005) nesta mistura de gases que compõe o biogás dos resíduos sólidos urbanos, a fração que realmente interessa é o metano, uma vez que este é um gás combustível dotado de energia mas que provoca efeito estufa, em uma proporção de 21:1 em relação ao CO<sub>2</sub>.

De acordo com Leite, Mahler e Britto (2005) a composição da mistura de gases ao longo do período de decomposição dos resíduos sólidos urbanos não é constante, assim como, também não é constante a quantidade de biogás gerado ao longo do tempo e que vai depender da forma de disposição, características dos resíduos, etc...

Conforme já mencionado anteriormente a geração de biogás depende principalmente da temperatura e umidade e neste caso é importante observar que o Brasil possui, na maior parte de seu território, condições de clima favoráveis para a produção de biogás em termos de umidade e temperatura, como podemos ver abaixo:

- Região Norte, o clima é quente com temperatura do ar na faixa de 25 a 40°C e umidade relativa do ar entre 64 e 91%;
- Região Nordeste o clima é semi-árido com temperatura variando entre 20 e 35°C;

- Região Centro-Oeste a temperatura varia de 15 a 35°C em um clima tropical, quente e semi-úmido, caracterizado por chuvas intensas no verão e por meses secos no inverno;
- Região Sudeste e Sul, a variação anual do clima é maior, com temperaturas variando de 15 a 40°C.

Como dito anteriormente, segundo Leite, Mahler e Britto (2005) o metano coletado pode ser convertido em receitas para os órgãos administrativos, seja em termos de créditos de carbono ou ainda pela utilização do biogás como combustível para a geração de energia elétrica por meio de motores do ciclo Otto, neste caso sem prejudicar a venda dos créditos de carbono.

A este valor pode ser agregado o valor correspondente à produção e venda de energia elétrica, atividade esta, porém que hoje em dia não se mostra viável economicamente, pelo baixo preço que se paga pela energia elétrica no Brasil. Com tudo, pode se obter energia em forma de calor que pode ser aproveitado em processos industriais podendo obter uma receita maior.

Leite, Mahler e Britto (2005) afirmam ainda que esta situação poderá mudar com a contínua implantação de programas de incentivo à energia alternativa, como é o caso do PROINFA do Ministério de Minas e Energia – Eletrobrás.

Segundo a ICLEI - Brasil (2009), o biogás, por conter um elevado teor de metano (CH<sub>4</sub>), possui diversas aplicações de caráter energético. Embora sua principal aplicação seja como combustível em um motor de combustão interna a gás, o que movimenta um gerador de energia elétrica, ele pode ser direcionado também para outros fins, como: produção de calor de processo, secagem de grãos em propriedades rurais, secagem de lodo em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), queima em caldeiras, aquecimento de granjas, iluminação a gás, tratamento de chorume, geração de do produto negro de fumo, entre outros.

## **7 A POLÍTICA DE RESÍDUOS NO ESTADO DO PARANÁ E PROGRAMA DESPERDÍCIO ZERO**

Conforme estatísticas do IBGE 2000, o Paraná possui 9.563.458 habitantes, sendo que 7.786.084 habitantes moram na zona urbana que geram aproximadamente 8.000 t/dia.

Com esta quantidade de geração de resíduos, foi necessário implantar a política estadual de resíduos, que tem como objetivo de eliminar 100% dos lixões no Estado do Paraná e a redução de 30% dos resíduos gerados, através da convocação de toda sociedade, objetivando a mudança de atitude, os hábitos de consumo, o combate ao desperdício, o incentivo a reutilização e o reaproveitamento dos materiais potencialmente recicláveis através da reciclagem (TAVARES, 2007).

Segundo Tavares (2007) a Política Estadual de Resíduos possuem algumas ações a serem implementadas, como:

- a) Estimular o estabelecimento de parcerias entre o Poder Público, setor produtivo e a sociedade civil, através de iniciativas que promovam o desenvolvimento sustentável;
- b) Implementar a gestão diferenciada para resíduos domiciliares, comerciais, rurais, industriais, construção civil, de estabelecimentos de saúde, podas e similares e especiais;
- c) Estimular a destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos de forma compatível com a saúde pública e conservação do meio ambiente.
- d) Implementar programas de educação ambiental, em especial os relativos a padrões sustentáveis de consumo;
- e) Adotar soluções regionais no encaminhamento de alternativas ao acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos;
- f) Estimular a pesquisa, o desenvolvimento, a apropriação, a adaptação, o aperfeiçoamento e o uso efetivo de tecnologias adequadas ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos;
- g) Capacitar gestores ambientais, envolvidos em atividades relacionadas no gerenciamento integrado dos resíduos sólidos;

- h) Instalar grupos de trabalhos permanentes para acompanhamento sistemático das ações, projetos, regulamentações na área de resíduos.
- i) Estimular, desenvolver e criar programas municipais relativos ao gerenciamento integrado de resíduos;
- j) Licenciamento, fiscalizar e monitorar a destinação adequada dos resíduos sólidos, de acordo com as competências legais;
- k) Promover a recuperação do passivo ambiental, oriundos da disposição inadequada dos resíduos sólidos;
- l) Preservar a qualidade dos recursos hídricos pelo controle efetivo e pelo levantamento periódico dos descartes de resíduos em áreas de preservação ambiental;
- m) Estimular a implantação de unidades de tratamento e destinação final de resíduos industriais;
- n) Estimular o uso, reuso e reciclagem, com a implantação de usinas, visando o reaproveitamento dos resíduos inertes da construção civil;
- o) Estimular a implantação de programas de coleta seletiva e reciclagem, com o incentivo à segregação integral de resíduos sólidos na fonte geradora;
- p) Estimular ações relacionadas aos resíduos gerados nas zonas rurais, priorizando o destino das embalagens vazias de agrotóxicos e a suinocultura.

## 7.1 SITUAÇÃO ATUAL DO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS NO PARANÁ

Atualmente, cerca de 70% dos resíduos urbanos gerados no Estado, é destinado adequadamente. Segundo Tavares (2007) e artigo publicado em site do Governo do Estado do Paraná (2009) é afirmado que, de acordo com os levantamentos realizados, 211 municípios paranaenses já dispõem seus RSU em aterros sanitários. Desse total, 114 aterros sanitários foram implantados com recursos oriundos de financiamento junto à Caixa Econômica Federal e através do Programa Pró Saneamento – Modalidade Resíduos Sólidos foram constituídos 2 consórcios intermunicipais dentro deste programa, que atenderam 116 municípios.

Os outros municípios buscaram fontes alternativas de recursos para solucionar o problema ambiental causado pela disposição final inadequada de seus resíduos.

O Paraná possui atualmente 399 municípios, sendo que 360 apresentam-se com a população abaixo ou igual a 30.000 habitantes.

Segundo Tavares (2007) e artigo publicado em site do Governo do Estado do Paraná (2009) mais de 90% das cidades do Paraná não possuem capacidade financeira de instalar processos de tratamento de resíduos com altas tecnologias. E com isto, o Estado do Paraná necessita de tecnologias ambientais sustentáveis e de baixo investimento para que possam ser aplicadas para estas pequenas cidades.

## 7.2 OBJETIVOS E METAS AMBIENTAIS DA SEMA, QUANTO AO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO PARANÁ

Segundo Tavares (2007) o objetivo da SEMA é eliminar todos os lixões existentes no Estado do Paraná. E promover alternativas ambientalmente corretas para a destinação dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo o Governo do Estado do Paraná (2009), a meta da SEMA é estimular os municípios que ainda dispõem seus resíduos urbanos em lixões a adequarem-se a Lei Estadual 12.493/99.

- Metas ambientais da SEMA para resíduos vegetais:
  - Tavares (2007) afirma que, devido o Paraná possuir 360 municípios com população abaixo de 30 mil habitantes, significa que, são cidades com características rurais e que aparentemente ainda não sofrem problemas com o acúmulo de resíduos sólidos. Contudo, ainda possuem espaço para o desenvolvimento de técnicas sustentáveis como a compostagem e a vermicompostagem. Com isto, a SEMA tem como meta:
    - Desenvolver o processo de compostagem em parceria com universidades e outros órgãos;
    - Implementar programas de estímulo à população para a retomada da prática de adubação orgânica e aplicar o processo de vermicompostagem;

- Promover intercâmbios com outras regiões para a troca de informação tecnológica e técnicas aplicadas no aproveitamento dos resíduos vegetais.

## 8 CURITIBA E A GESTÃO DE RESÍDUOS

### 8.1 DESCRIÇÃO DA CIDADE DE CURITIBA E SUA HISTÓRIA

Segundo artigo publicado pela revista on-line Caminhos da Geografia (2008) o Município de Curitiba foi fundado em 29 de março de 1693 após o desmembramento da cidade de Paranaguá. A sua denominação está ligada à quantidade de pinheiros, conhecidos como Araucárias, anteriormente existentes em grande abundância nesta região. Curitiba se tornou a capital do Estado do Paraná em 1854. É uma cidade reconhecida internacionalmente pelo seu marketing, desenvolvido no planejamento urbano e da qualidade de vida. E com isto foram desenvolvidos diferentes slogans como: Cidade de 1º mundo, Cidade Sorriso, Capital Ecológica, Capital Social, etc.

Sua localização está entre as coordenadas, 25°24'40 "S, e 49°96'23" W, apresenta altitude média de 934,6 metros, possui uma área de 432,17 km². A maior parte de sua população de quase 2 milhões de habitantes é descendente de imigrantes italianos, poloneses, alemães, ucranianos, japoneses, sírios, libaneses e portugueses. Curitiba está dividida em 75 bairros.

Prado (2007) afirma que a cidade de Curitiba é hoje referência internacional para soluções com material reciclável e é também a cidade brasileira com o melhor índice de reciclagem.

### 8.2 AS SERVIÇOS OFERECIDOS PELA PREFEITURA DE CURITIBA:

Em artigo publicado pelo site da Prefeitura de Curitiba (2010) é oferecido à população os seguintes serviços:

- Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares
- Coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis
- Coleta de Resíduos Vegetais
- Coleta de Resíduos de Serviço de Saúde

- Programa Compra do Lixo
  - Programa Câmbio Verde
  - Varrição Manual, Mecânica e Limpeza de feiras-livres
- a) Disposição final dos Resíduos é realizada da seguinte forma:
- Resíduo Domiciliar – Aterro Sanitário da Cachimba (atualmente desativado)
  - Resíduo Reciclável – Usina de Valorização de Rejeitos
  - Resíduo Vegetal – Parque Náutico Iguaçu
  - Resíduo de Serviço de Saúde – Incineração/Microondas

### 8.3 DADOS ESTATÍSTICOS DOS RESÍDUOS DE CURITIBA

<b>Descrição das atividades no ano de 2007</b>	<b>Valores</b>
Coleta de resíduos sólidos domiciliares	402.264 ton/ano
Coleta de resíduos sólidos de limpeza pública	615.399 ton/ano
Coleta de resíduos tóxicos	35 ton/ano
Coleta de resíduos pelo lixo-que-não-é-lixo	12.558 ton/ano
Coleta de reciclável por carriolas	105.300 ton/ano
Resíduo que é reciclado	120.655 ton/ano
Resíduos depositados no aterro da Cachimba	764.325 ton/ano

QUADRO 02 – DADOS ESTATÍSTICOS DOS RESÍDUOS DE CURITIBA

FONTE: Adaptado da SMMA-Limpeza Pública, IPPUC/Banco de Dados Elaboração: IPPUC/Banco de Dados

NOTA: Os valores foram padronizados em ton/ano, sendo considerado um ano tem 12 meses e um mês 25 dias.



## 8.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O CRESCIMENTO POPULACIONAL

TABELA 06 – EVOLUÇÃO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS QUE DEPOSITAM RESÍDUOS NO ATERRO DA CACHIMBA

Cidades	Ano 1997	Ano 2000	Ano 2005	Ano 2007	% de crescimento	
	IBGE 2005	IBGE 2005	IBGE 2005	Consórcio Intermunicipal para Gestão dos RSU - IBGE 2007	IBGE 2005 Entre os anos de 1997 e 2005	Consórcio Intermunicipal para GRSU - IBGE 2007 Entre os anos de 1997 e 2007
Almirante Tamandaré	75715	88139	109733	93060	44,9	22,9
Araucária	79516	94137	114648	111952	44,2	40,8
Balsa Nova				10696		
Bocaiúva do Sul				9533		
C. Grande do Sul	32605	34558	44103	35269	35,3	8,2
Campo Largo	86036	92713	105474	97824	22,6	13,7
Campo Magro	16997	20364	25596	22443	50,6	32,0
Colombo	162657	183331	224404	233916	38,0	43,8
Contenda	12752	13248	14494	14800	13,7	16,1
Curitiba	1.516.467	1.586.232	1.757.904	1.797.408	15,9	18,5
Fazenda Rio Grande	46972	63031	86609	75006	84,4	59,7
Itaperucú	18253	19346	24725	0	35,5	
Mandirituba	15736	17555	20172	20408	28,2	29,7
Pinhais	92634	102946	120195	112195	29,8	21,1
Piraquara	54424	72838	98899	0	81,7	
Quatro Barras	14374	16149	20017	18133	39,3	26,2
Quitandinha				15901		
São José dos Pinhais	179403	204202	252470	263622	40,7	46,9
Total	2404541	2.608.789	3.019.443	2932166	25,6	21,9

FONTE: TAVARES, 2007

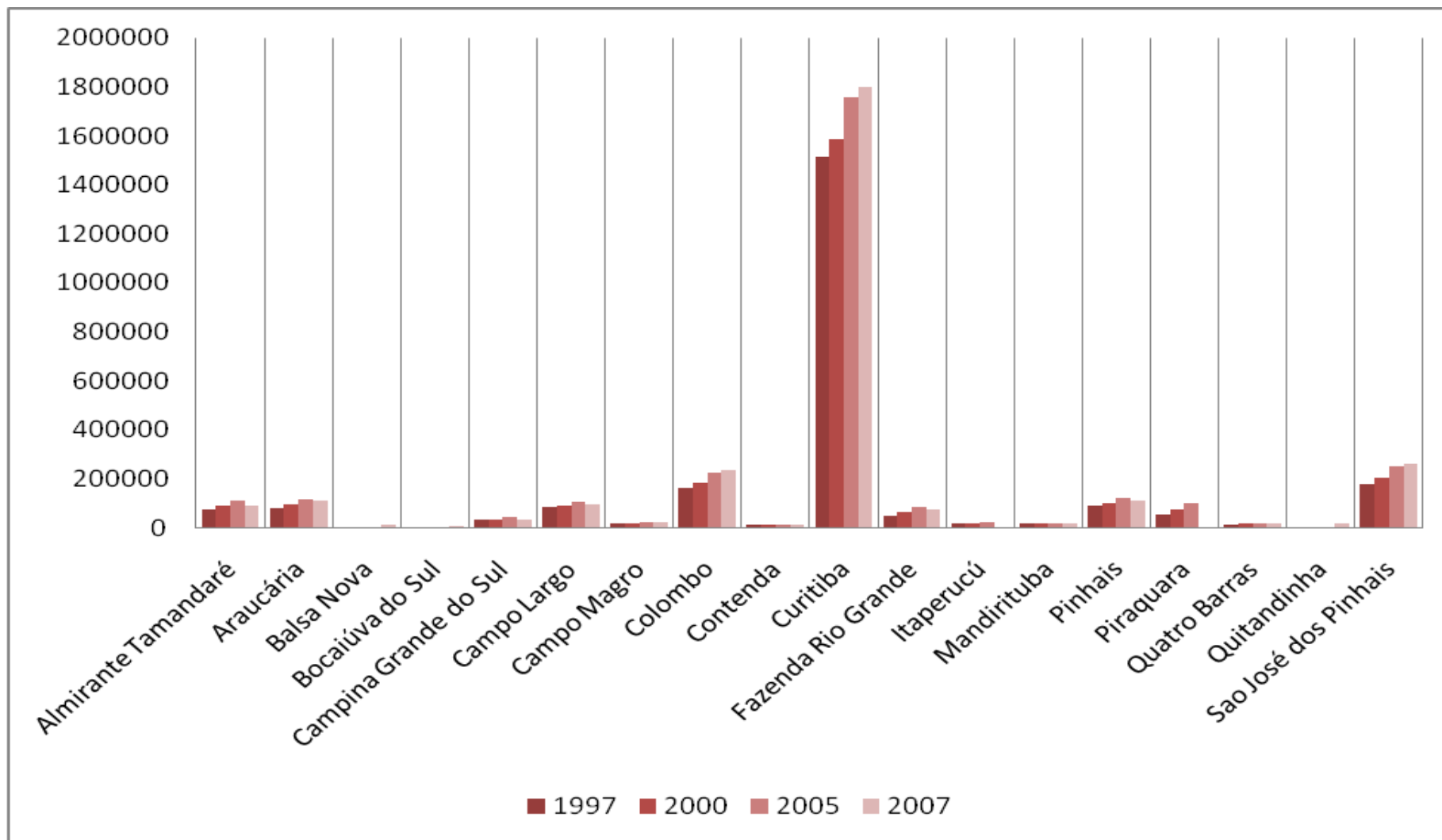


FIGURA 18 – EVOLUÇÃO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS QUE DEPOSITAM RESÍDUOS NO ATERRO DA CACHIMBA  
 FONTE: Adaptado de TAVARES, 2007

TABELA 07 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOS MUNICÍPIOS INTEGRANTES DO SISTEMA

Cidades	1997			2000			2005			% de crescimento		
	Resíduos Depositados no Aterro Sanitário da Cachimba		Resíduos Sólidos Coletado	Resíduos Depositados no Aterro Sanitário da Cachimba		Resíduos Sólidos Coletado	Resíduos Depositados no Aterro Sanitário da Cachimba		Resíduos Sólidos Coletado	Resíduos Depositados no Aterro Sanitário da Cachimba		Resíduos Sólidos Coletado
	IBGE 2005	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC/ Banco de Dados	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC	IBGE 2005	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC/Banco de Dados	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC	IBGE 2005	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC/Banco de Dados	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC	IBGE 2005	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC/Banco de Dados	SMMA-Limpeza Pública, IPPUC
Almirante Tamandaré	8011						11344			41,6		
Araucária	7135			13168			15898			122,8		
Campina Grande do Sul	2204			2703			3761			70,6		
Campo Largo	8780			10552			14716			67,6		
Campo Magro	239			1270			2346			881,6		
Colombo	18979			19483			27572			45,3		
Contenda	0			0			1334			xxx		
Curitiba	350411	347.154	482.532	363232	365.183	595.329	374653	369.452	517.548	6,9	6,4	7,3
Fazenda Rio Grande	5328			6848			9083			70,5		
Itaperucú	0			0			1209			xxx		
Mandirituba	858			1293			1833			113,6		
Pinhais	16394			17537			18512			12,9		
Piraquara	6356			6092			8072			27,0		
Quatro Barras	1800			2163			2573			42,9		
São José dos Pinhais	28353			38807			48662			71,6		
Total	454848	548.390		483148	704.167		541.568	670.791		19,1	22,3	

FONTE: Adaptado de IBGE 2005, SMMA e IPPUC

Segundo Tavares (2007) no período de 1997 a 2005 Curitiba apresentou crescimento populacional de 15,9%, enquanto a geração de resíduos sólidos urbanos cresceu 6,9%. A baixa geração de resíduos nos últimos anos está relacionada com ações do Departamento de Limpeza Urbana da PMC, que vem realizando o enquadramento de determinados geradores como, por exemplo, os supermercados, as lojas de departamentos, os grandes restaurantes e outros que, devido à função do tipo e quantidade de resíduo, passam a ser responsáveis pela correta destinação dos mesmos. Dessa forma, a coleta realizada pelo sistema normal, ao não receber esses resíduos, também não os contabiliza, o que certamente vem influenciando no resultado da taxa de geração de resíduo sólido urbano do município.

Uma análise comparativa entre o crescimento populacional dos municípios e o aumento na produção de resíduos, mostra que municípios como Araucária, Campo Largo, São José dos Pinhais e Colombo apresentaram um crescimento na produção de resíduo muito superior ao crescimento populacional. Com uma avaliação preliminar é possível associar esse fato com uma melhora nos serviços prestados pelo município, uma melhoria da renda familiar e aumento dos bens de consumo (TAVARES; 2007).

#### 8.4.1 Geração de resíduos em relação a épocas do ano

Na tabela 08 apresentada por Tavares (2007) pode-se observar, de acordo com os dados da prefeitura de Curitiba, a quantidade de RSU que foram depositados no aterro sanitário de Cachimba durante um período de 18 anos. E a geração de resíduos/depósito dos resíduos no aterro sanitário permanece constante durante o ano.

TABELA 08 - DEMONSTRATIVO DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA, EM TONELADAS 1990 A 2007

ANO	TONELADAS DE RESÍDUOS SÓLIDO CONFORME AS ÉPOCAS DO ANO				TOTAL ANUAL
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
1990	60.400	62.263	63.479	70.283	256.425
1995	103.946	90.672	105.201	113.158	412.977
1997	132.193	124.649	137.381	154.167	548.390
2000	179.940	165.911	170.470	187.846	704.167
2005	162.500	163.722	166.443	178.126	670.791
2007	193.675	187.944	182.857	199.848	764.325
Total	2.468.415	2.326.626	2.446.862	2.628.282	9.870.186
M.A. 1990 - 2007	137.134	129.257	135.937	146.016	548.344
Total depositado em %	25	23,6	24,8	26,6	100

FONTE: SMMA-Limpeza Pública, IPPUC/Banco de Dados

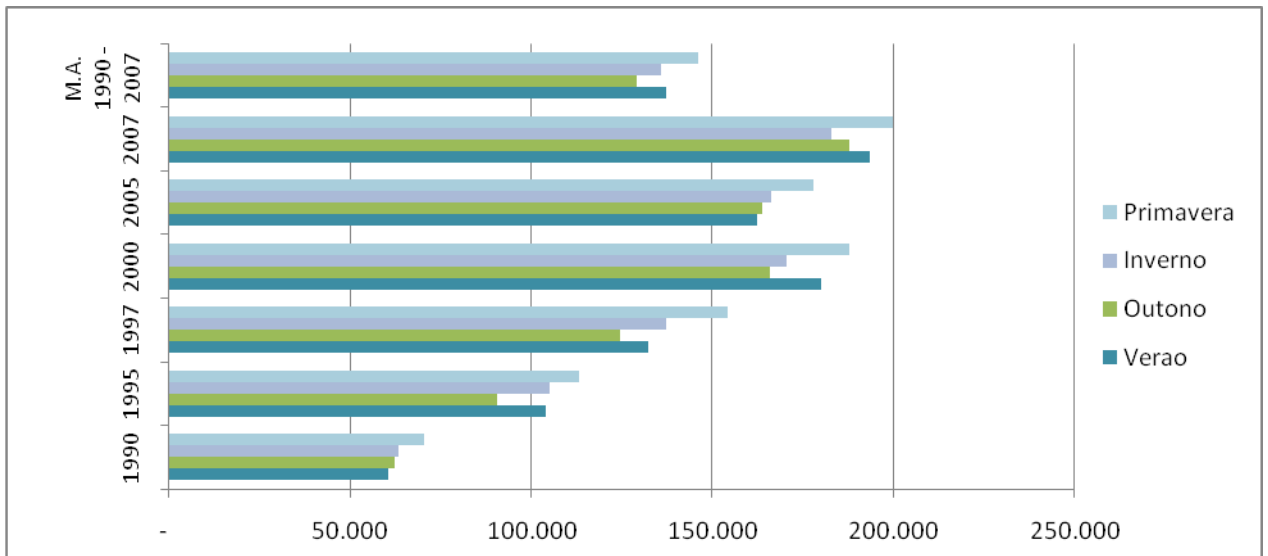


FIGURA 19—DEMONSTRATIVO DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA, EM TONELADAS 1990 A 2007 CONFORME ESTAÇÕES DO ANO.

FONTE: Adaptado de Tavares (2007)

## 8.5 SISTEMA DE DESTINAÇÃO DE RSU NA GRANDE CURITIBA

Cidades	Destinação dos resíduos		
	Domiciliares	Recicláveis	Vegetais
Almirante Tamandaré	Aterro Sanitário da Cachimba	Associação dos Catadores	Fonte energética
Araucária	Aterro Sanitário da Cachimba	Associação dos Catadores	Disposição em terreno
Balsa Nova	Aterro próprio	Barracão de reciclagem municipal	Disposição em terreno
Bocaiúva do Sul	Aterro Sanitário da Cachimba	Comercialização da empresa coletora	Aterro sanitário em Curitiba
Campina Grande do Sul	Aterro Sanitário da Cachimba	Material doado para depósitos	Pátio da Prefeitura
Campo Largo	Aterro Sanitário da Cachimba	Barracão de triagem	Compostagem do fino e armazenamento do lenhoso
Campo Magro	Aterro Sanitário da Cachimba	Unidade de valorização de materiais	Disposição em área rural
Colombo	Aterro Sanitário da Cachimba	Pet Sul rede solidária	Aterro sanitário em Curitiba
Contenda	Aterro Sanitário da Cachimba	Venda a terceiros	Fonte energética
Curitiba	Aterro Sanitário da Cachimba	Unidade de valorização de materiais	Unidade de Processamento de Resíduos Vegetais
Fazenda Rio Grande	Aterro Sanitário da Cachimba	-	Aterro sanitário em Curitiba
Itaperucú	Aterro Sanitário da Cachimba	xxx	xxx
Mandirituba	Aterro Sanitário da Cachimba	Comitê contra a fome e pela moradia	Disposição em área rural
Pinhais	Aterro Sanitário da Cachimba	Comercialização da empresa coletora	Horto Municipal
Piraquara	Aterro Sanitário da Cachimba	xxx	xxx
Quatro Barras	Aterro Sanitário da Cachimba	Empresas recicladoras do município	Horto Municipal
Quitandinha	Lixão municipal	Centro de triagem	Lixão municipal
São José dos Pinhais	Aterro Sanitário da Cachimba	Usina APMI	Tibagi Sistemas Ambientais

QUADRO 03 - SISTEMA DE DESTINAÇÃO DE RSU NA GRANDE CURITIBA

FONTE: Consórcio Intermunicipal para GRSU – Dados das Prefeituras

## 8.6 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DO RSU DE CURITIBA

Segundo Tavares (2007) no estudo de segregação física dos RSU de Curitiba foram utilizados pelo autor os seguintes bairros para a amostragem: Bairros Batel, Jardim Social, Santa Cândida, Atuba, Cajuru, Jardim das Américas, CIC, e Capão Raso. Para ter uma visão da variação sazonal dos diversos componentes do resíduo de Curitiba, separaram-se os dados conforme as estações do ano e obteve-se a tabela 09.

TABELA 09 – PARTICIPAÇÃO RELATIVA DA CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS POR ESTAÇÃO DO ANO DO MUNICÍPIO DE CURITIBA.

Descrição dos Resíduos	Geração Média de Resíduos nas Estações do Ano				
	Inv. (Jul.-Set.) em %	Prim. (Out.-Dez.) em %	Ver. (Jan.-Mar.) em %	Out. (Abr.-Jun.) em %	Valor Médio do Ano em %
Papel/Papelão	12,4	13,1	15,2	23,2	16,0
Plásticos	17,3	17,1	20,5	16,2	17,8
Metais	2,2	2,4	1,6	1,6	2,0
Vidros	3,7	2,2	3,3	9,4	4,7
Madeira	1,6	0,9	0,7	0,9	1,0
Tetra Pak	2,2	1,5	1,1	1,0	1,5
Outros resíduos (Borracha, Trapos, Couro, Fraldas, Outros)	8,6	14,8	6,2	7,5	9,3
Matéria Orgânica	52	48	51,5	40,3	48,0

FONTE. Adaptado de PMC (*apud* TAVARES, 2007)

Com a amostragem realizada ficou evidenciado um padrão de consumo estável que independe das estações do ano. Tavares (2007) afirma que houve pequenas variações, por exemplo, do tetra-pak, aparecendo em maior volume no inverno e na primavera, possivelmente relacionado com o maior consumo de bebidas

prontas. Há, também, uma variação quanto à matéria orgânica, aparecendo em menor volume no outono, fato que pode ser aleatório e sem causa definida.

Na região central de Curitiba, analisando-se os mesmos materiais recicláveis, encontrou-se quantidade significativa de papel/papelão que corresponde a 19,4% do resíduo sólido urbano. Acredita-se que esse valor acima da média global seja função da concentração dos comércios.

Quanto ao resíduo orgânico do município de Curitiba, a média global representa 48% do resíduo amostrado, sendo menor que a média nacional que é de 52,5%. Tavares (2007) entende que essa média seja função do número de trabalhadores, em sua maioria oriundos dos municípios vizinhos que compõem a RMC, e, que por conseqüência, eleva a concentração de restaurantes e da matéria orgânica produzida nessa região.

Contudo a matéria orgânica depositada no aterro sanitário da Cachimba consiste 38,17%, como pode ser observado no quadro 04.

<b>Materiais</b>	<b>em %</b>
Matéria Orgânica	38,17
Papel/papelão	19,53
Plástico	18,82
Metais	2,91
Vidro	3,81
Tetrapak	1,74
Madeira	0,81
Trapos, Fraldas, Borracha, Couro, outros	14,21

QUADRO 04 -COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS QUE CHEGAM NO ATERRO DA CACHIMBA  
 FONTE: TAVARES (2007)

## 8.7 COLETA E TRATAMENTO DE RSU

O Município de Curitiba e Região Metropolitana antes da implantação do Aterro Sanitário, não possuía um local adequado para a disposição de Resíduos Sólidos Urbanos. A cidade utilizava depósitos de lixo (lixões) da Lamenha Pequena - CIC e de São José dos Pinhais. Os lixões foram desativados, sendo que o da



Lamenha Pequena e de São José dos Pinhais foram recuperados e hoje estão na condição de aterros controlados. (CAMINHOS DA GEOGRAFIA, 2008)

Em 20 de novembro de 1989, iniciou-se a operação do Aterro Sanitário, localizado ao sul do Município de Curitiba a 23 km do centro, no bairro da Cachimba, localizado entre os municípios de Araucária e Fazenda Rio Grande. A área total do Aterro Sanitário é de 410.000 m<sup>2</sup>, sendo que a área destinada à disposição de resíduos é de 237.000 m<sup>2</sup>. O Aterro Sanitário da Cachimba recebe resíduos de 14 municípios da Região Metropolitana: Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Contenda, Fazenda Rio Grande, Itaperucú, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais, Mandirituba e Quatro Barras. (CAMINHOS DA GEOGRAFIA, 2008)

#### 8.7.1.O programa da coleta seletiva

Em artigo publicado pela Prefeitura de Curitiba (2010) é apresentado que o programa “Lixo que não é Lixo”, conhecido mundialmente, foi criado em 1989 e convidava as pessoas a separarem em casa a massa orgânica do material que podia ser reciclável. Hoje, aproximadamente 30% de todo o resíduo que é produzido é reciclado.

Após este programa, vieram outros, como o Câmbio Verde e a compra do lixo, no qual os resíduos recicláveis são trocados por alimentos, estes são programas direcionados à população menos favorecida. Com isto, esta população economiza na compra de alimentos e ao mesmo tempo reduz a poluição nos terrenos, rios e córregos que atravessam a cidade.

Ainda no site da prefeitura de Curitiba são apresentados os benefícios dos programas de troca de lixo por alimento, que consistem em:

- a) Limpeza de áreas em curto prazo, diminuindo a incidência de doenças causadas por vetores;
- b) Possibilita o manejo correto dos resíduos e seu devido acondicionamento, evitando a exposição do mesmo;
- c) Criar na população o hábito de separar a biomassa do inorgânico;

- d) Sensibilizar a comunidade para a correta destinação final dos resíduos;
- e) Maior integração do cidadão na solução dos problemas da comunidade;
- f) Auxílio no escoamento da safra dos hortigranjeiros produzidos na região metropolitana de Curitiba e litoral;
- g) Enriquecimento da alimentação das famílias mais carentes.

#### 8.7.1.1 Programa compra do lixo

Conforme artigo publicado no site da Prefeitura de Curitiba (2010) afirma-se que o programa "Compra do Lixo" foi implantado em 1989, pela Prefeitura Municipal de Curitiba, em áreas onde havia seriíssimos problemas ambientais devido à falta de coleta de resíduos. Isto ocorria em decorrência destas áreas serem desurbanizadas e de difícil acesso aos caminhões da coleta por tratar-se de encostas de morros, fundos de vale e favelas com ruas muito estreitas. E o programa é destinado para atender as camadas menos favorecidas da população.

##### 8.7.1.1.1 Funcionamento

Uma equipe de Educação Ambiental da Prefeitura de Curitiba entrava em contato com a comunidade, com objetivo de organizá-la e de criar uma Associação de Moradores para firmar um convênio entre Prefeitura e a Comunidade que se torna responsável pela distribuição dos sacos plásticos e pelo controle do número de sacos depositados na caçamba por família participante do Programa. A Prefeitura, por sua vez, instalava uma caçamba estacionária com capacidade de 7m<sup>3</sup> em local previamente determinado, e entregava à Associação, quinzenalmente, sacos de lixo com capacidade de 60 litros para captação e acondicionamento dos resíduos. Para cada saco de lixo que continha de 8 a 10 Kg de resíduos depositados na caçamba, o participante recebia um vale-transporte.

A partir 1991, a Prefeitura de Curitiba, visando auxiliar aos pequenos produtores da Região Metropolitana de Curitiba e Litoral, passa a adquirir o excedente de suas safras através do convênio firmado com a FEPAR - Federação Paranaense

das Associações dos Produtores Rurais. Naquele momento foi substituído o vale-transporte por produtos hortifrutigranjeiros.

#### 8.7.1.1.2 Sistema de pagamento

Conforme artigo publicado pela Prefeitura de Curitiba (2010) as pessoas que tinham de 1 a 4 sacos de lixo na caçamba, recebem uma sacola simples, que deve conter apenas um tipo de produto (ovos, maçã, banana, repolho, etc.). Quem deposita 5 sacos de lixo na caçamba, recebe uma sacola composta, que contém (arroz, feijão, mel, batata, cenoura, cebola, alho, doce em pasta, etc.)

Os produtos são escolhidos de acordo com a disponibilidade de mercado e conforme o valor nutritivo e energético dos alimentos.

Atualmente, são atendidas pelo programa 41 comunidades.

#### 8.7.1.2 Câmbio Verde

O Programa Câmbio Verde consiste na troca de material reciclável por produtos hortigranjeiros de época. Em 1991, houve uma super safra de produtos hortigranjeiros na Região Metropolitana de Curitiba, e os produtores encontraram dificuldades para a comercialização. Diante desta realidade, o poder público firmou convênio com a FEPAR - Federação Paranaense das Associações dos Produtores Rurais, e passou adquirir o excedente da produção e repassar estes produtos às famílias com renda salarial entre 0 a 3,5 salários mínimos.

##### 8.7.1.2.1 Modalidades de Câmbio Verde

Em artigo publicado pela Prefeitura de Curitiba (2010) são apresentadas as modalidades de Câmbio Verde:

- a) Câmbio Verde nos Pontos de Troca

- Esta modalidade consiste na troca de resíduos recicláveis por produtos hortifrutigranjeiros. A troca é realizada com o apoio dos caminhões lixo que não é lixo.
- b) Câmbio Verde nas Entidades Assistenciais
- Nesta modalidade é oferecida em entidades assistenciais uma alimentação adequada para pessoas carentes.
- c) Câmbio Verde Especial nas Escolas
- Esta modalidade é realizada nas escolas públicas municipais com o objetivo de consolidar nas crianças o espírito de separar o resíduo e conscientizá-las na importância da reciclagem e consiste na troca de resíduos recicláveis por: cadernos, brinquedos, chocolates, ingressos para shows, etc.

O Programa de Câmbio Verde obteve os seguintes dados estatísticos no ano de 2007 (TABELA 10 e 11) (FIGURA 21).

TABELA 10 – RESULTADOS DO PROJETO CÂMBIO VERDE

<b>Descrição da atividades no ano de 2007</b>	<b>Valores</b>
Média de material coletado no câmbio verde	2.796 ton/ano
Média de pessoas atendidas	82.070 pessoas/ano
Pontos de troca de câmbio verde	88

FONTE: SMMA-Limpeza Pública

IPPUC/Banco de Dados Elaboração: IPPUC/Banco de Dados

TABELA 11 – RESULTADOS DA COLETA DE RESÍDUOS REICLÁVEIS

<b>Ano</b>	<b>Valores em toneladas</b>		
	<b>Coleta Lixo que não é lixo</b>	<b>Compra de lixo</b>	<b>Cambio Verde</b>
2000	13619	6708	4209
2001	14872	6553	3674
2002	14308	6718	3361
2003	9376	7443	2994
2004	8555	7049	2389
2005	7661	6684	2024
2006	10651	5942	2673
2007	12558	5381	2796

FONTE: SMMA-Limpeza Pública, 2008

IPPUC/Banco de Dados Elaboração: IPPUC/Banco de Dados

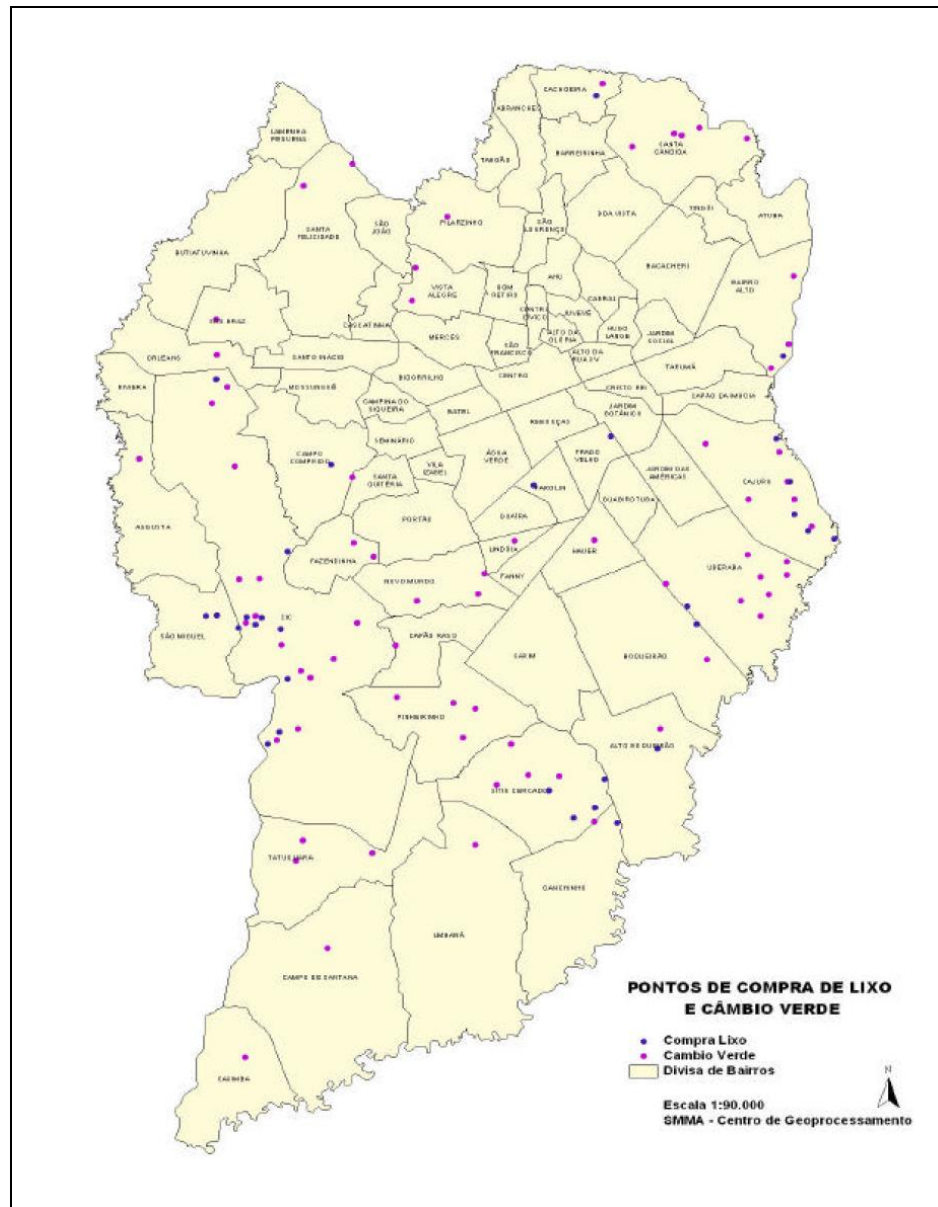


FIGURA 20 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS PROGRAMAS COMPRA DO LIXO E CÂMBIO VERDE

FONTE: Secretaria Municipal de Meio Ambiente - 2010

Em Curitiba existe ainda a Coleta Especial de Resíduos que cuida dos resíduos mais perigosos, como pilhas, lâmpadas, embalagens de remédios e de produtos químicos.

Outro projeto ambiental com importância para Curitiba, apresentado na revista Caminhos da Geografia (2008) é a Usina de Valorização de Rejeitos, situada em

Campo Magro, município da grande Curitiba, situado dentro da Fazenda Solidariedade. Ali o material é separado e preparado para a reciclagem.

Segundo Martins (2005, *apud* PRADO, 2007) 40% do que é despejado diariamente no aterro sanitário da Cachimba, pode ser reciclado, enquanto que outros 40% são de matéria orgânica, que poderia ser transformada em adubo, e apenas 20% é material que efetivamente não tem como ser aproveitado.

## 8.8 O SISTEMA DE GERENCIAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS – PROJETO PARA OS PRÓXIMOS ANOS

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (2007) em 2001 foi criado o Consórcio Intermunicipal para gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Os dezesseis municípios membros do Consórcio Intermunicipal para Gestão dos RSU ocupam um território de 7.013km<sup>2</sup>, no qual vive uma população de quase três milhões de habitantes. Suas respectivas densidades demográficas variam dos 11,5 habitantes por km<sup>2</sup> de Bocaiúva do Sul aos 4.132 habitantes por km<sup>2</sup> de Curitiba que abriga aproximadamente 60% da população total. Os municípios envolvidos são: Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Contenda, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Pinhais, Quatro Barras, Quitandinha e São José dos Pinhais

A figura 22 ilustra a região envolvida no consórcio intermunicipal.



destinação final dos resíduos sólidos urbanos gerados pelos municípios que o integram, atendendo à legislação e as normas técnicas vigentes e aplicáveis.

O consórcio não é somente uma destinação de resíduos do tipo aterro, mas sim, um conjunto de tratamentos de resíduos e reaproveitamento. Com isto, foi formado o Sistema Integrado de Processamento e Aproveitamento de Resíduos - SIPAR.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (2007) afirma que partindo da premissa básica de favorecer ao máximo o aproveitamento de materiais, reduzindo progressivamente a dependência de aterro sanitário, o Plano de Gerenciamento do Tratamento e Destinação de Resíduos Sólidos - PGRS do Consórcio é concebido de forma a proporcionar:

- a) Valorização do resíduo, possibilitando o aproveitamento dos seus componentes;
- b) Aproveitamento dos materiais presentes nos resíduos domiciliares em processos, como reciclagem, produção de composto orgânico, reaproveitamento como insumos energéticos, dentre outros;
- c) Agregação de valor econômico nos produtos resultantes dos processos de aproveitamento, de forma a reduzir os custos do tratamento e disposição final de resíduos;
- d) Não geração de passivos ambientais.

Conforme a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (2007), o Consórcio ainda possui alguns objetivos específicos como:

- a) Proteção da saúde humana;
- b) Promoção da qualidade ambiental;
- c) Preservação dos recursos naturais;
- d) Incentivo à produção mais limpa;
- e) Triagem de materiais para reuso ou reciclagem, produção de composto orgânico ou outras formas de aproveitamento da parcela orgânica dos resíduos e aproveitamento para fins energéticos;
- f) Aproveitamento dos resíduos orgânicos presentes nos resíduos sólidos domésticos para a produção de composto orgânico;



- g) Utilização dos materiais não passíveis de compostagem e/ou reciclagem para a produção de insumo energético;
- h) Redução da dependência de aterro sanitário para a destinação final dos rejeitos;
- i) Eliminação do lançamento de chorume em corpo hídrico receptor;
- j) Definição de metodologia para cálculo da geração de resíduos per capita, para fins de acompanhamento da gestão de resíduos nos Municípios do Consórcio;
- k) Definição de modelo para registro do número de pessoas atendidas nas ações de educação ambiental desenvolvidas pelos Municípios do Consórcio;
- l) Definição de metodologia para medição, registro e acompanhamento das metas para operação do SIPAR;
- m) Implantação de um sistema para registro e avaliação sistemática dos resultados de desempenho;
- n) Definição de política regional a ser aplicada para os grandes geradores;
- o) Proposição de política regional voltada à prática da cadeia de responsabilidade solitária voltada à gestão de resíduos sólidos (ciclo de vida completo dos bens e produtos);
- p) Criação de “selo verde” ou instrumento similar relativo à boa gestão de resíduos sólidos;
- q) Implantar um sistema de tratamento de destinação final (SIPAR) que possua capacidade de tratamento e disposição final mínima inicial de 1.900 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos, mas terá um aumento progressivo conforme o crescimento populacional levando pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) até o final do contrato de concessão e com vida útil que será de no mínimo 25 anos.

O PGRS foi concebido de forma que sejam alcançadas metas progressivas, fazendo com que ocorra uma redução da quantidade de resíduos depositados no aterro ao passar dos anos e fazendo com que os resíduos tenham um destino mais nobre como compostagem, reciclagem,....

## 9. BALANÇO DE MASSA

### 9.1 PROCESSO DE FERMENTAÇÃO

#### 9.1.1 Potencial de energia e rendimento de biogás

Segundo Fischer (2009) os valores de rendimento de biogás são determinados por OS (substância orgânica) que é determinado pela perda de massa por calcinação em uma temperatura de 600°C.

#### 9.1.2 Biomassa domiciliar

Fischer (2009) afirma que a Biomassa domiciliar apresenta uma faixa de 0,2 – 0,6 m<sup>3</sup> gás/kg OS para um tempo de permanência de 2 – 30 dias e um grau de decomposição de 52 – 75 %. Quando a fração de madeira/lignina é pequena na Biomassa pode ser considerada 0,45 m<sup>3</sup>/kg OS como um valor realístico.

#### 9.1.3 Biomassa do comércio e indústria

Para Fischer (2009) a Biomassa de empresas pode apresentar, as seguintes características:

- a) Produção e aproveitamento de legumes 0,6 m<sup>3</sup> / kg OS
- b) Frigorífico 0,5 m<sup>3</sup> / kg OS
- c) Indústria de papel (efluente + lodo da ETE) 0,3 m<sup>3</sup> / kg OS
- d) Indústria de açúcar (efluente com DQO até 40 g/l) 0,7 m<sup>3</sup> / kg OS

Para efeitos de cálculos pode ser considerada uma média de rendimento de biogás no valor de 0,5 m<sup>3</sup>/kg OS.

#### 9.1.4 Geração de energia a partir do biogás

Segundo Fischer (2009) poderá ser considerado que 1 m<sup>3</sup> de biogás com 60 % metano e 40 % CO<sub>2</sub> libera na combustão 6 kWh de energia. Considerando esses valores foi realizado por Fischer (2009) um balanço de massa e energia para a biomassa gerada na Alemanha, e encontrou-se um valor de 4032\*10<sup>3</sup> MWh/ano de energia que poderia ser gerado se toda Biomassa da Alemanha fosse fermentado (FIGURA 23).

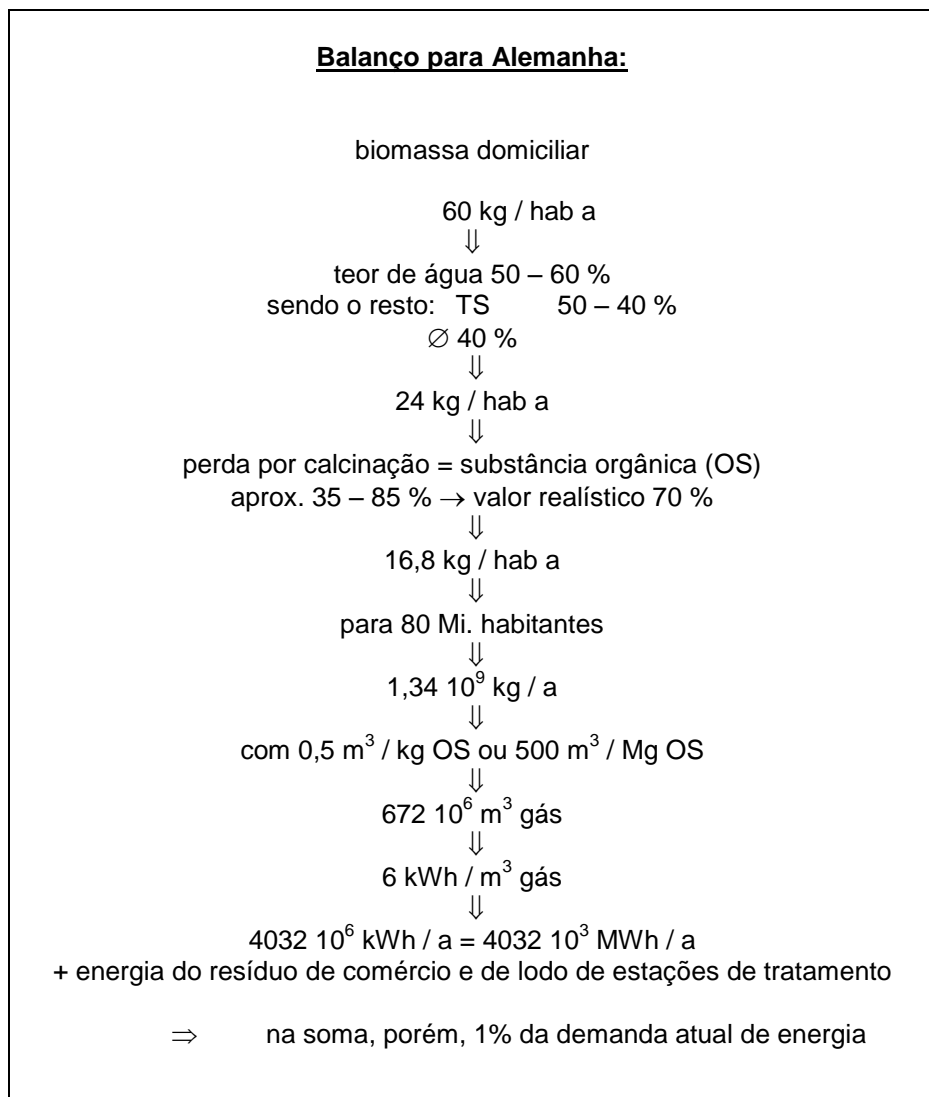


FIGURA 22 – BALANÇO DE MASSA E ENERGÉTICO DA BIOMASSA NA ALEMANHA  
FONTE: Fischer (2009)

### 9.1.5 Processo Kompogás – Experiência Prática

Conforme Fischer (2009) a empresa Suíça Kompogás reaproveita a Biomassa para gerar biogás e composto. Nas figuras 24 e 25 são apresentados os processos de fermentação com pós-compostagem de Biomassa. Apresentando respectivamente um balanço de massa da biomassa e outro balanço energético da biomassa.

No processo adotado pela Kompogás consiste uma fermentação em processo contínuo com um estágio, faixa termófila para a temperatura operacional, com teor de sólidos entre 20% a 40% (BISCHOFBERGER, 2009) que é considerado como processo de fermentação a seco e consiste em um tempo de decomposição de cerca 14 dias (FIGURAS 24 e 25) .

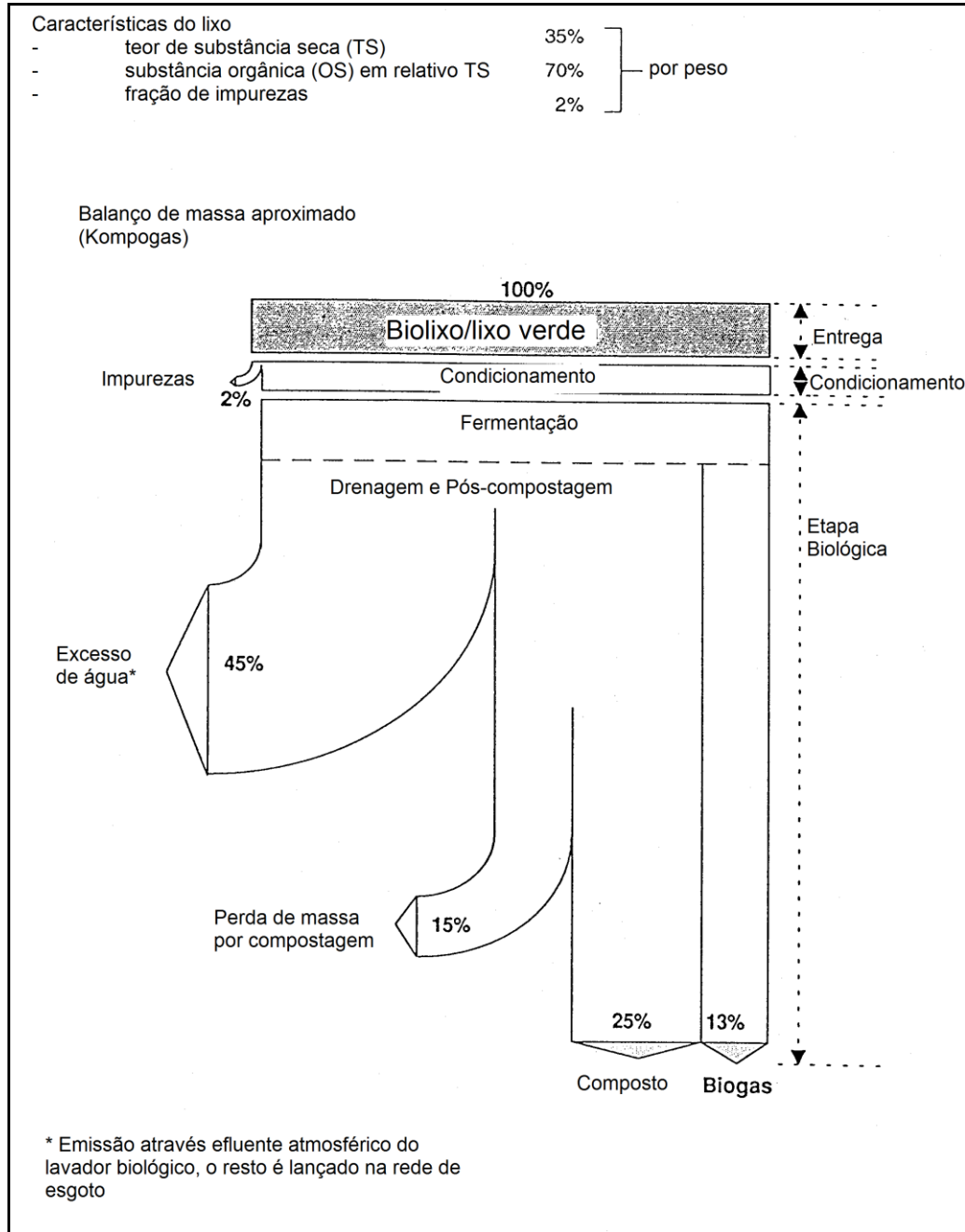


FIGURA 23 - BALANÇO DE MASSA DA INSTALAÇÃO KOMPOGAS  
 FONTE: Fischer (2009)

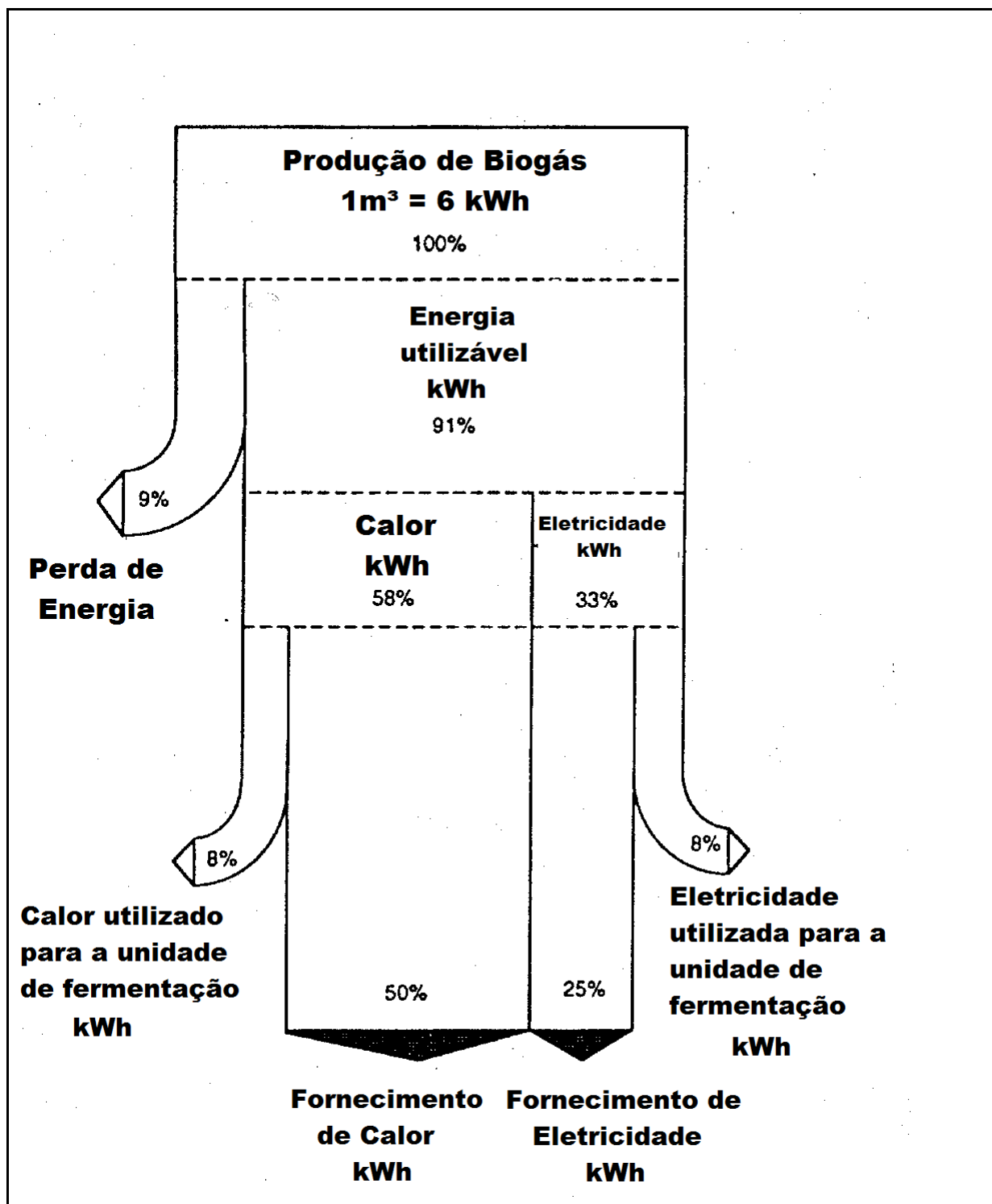


FIGURA 24 - BALANÇO DE ENERGIA DA INSTALAÇÃO KOMPOGAS  
 FONTE: Fischer (2009)

## 9.2 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

No processo de compostagem o balanço de massa é bem mais simples do que no processo de fermentação descrito anteriormente.

Na figura 26 é realizado um balanço de massa do processo de compostagem no qual pode-se observar que a Biomassa reduziu em 30-40% da Biomassa in natura após 12 semanas.

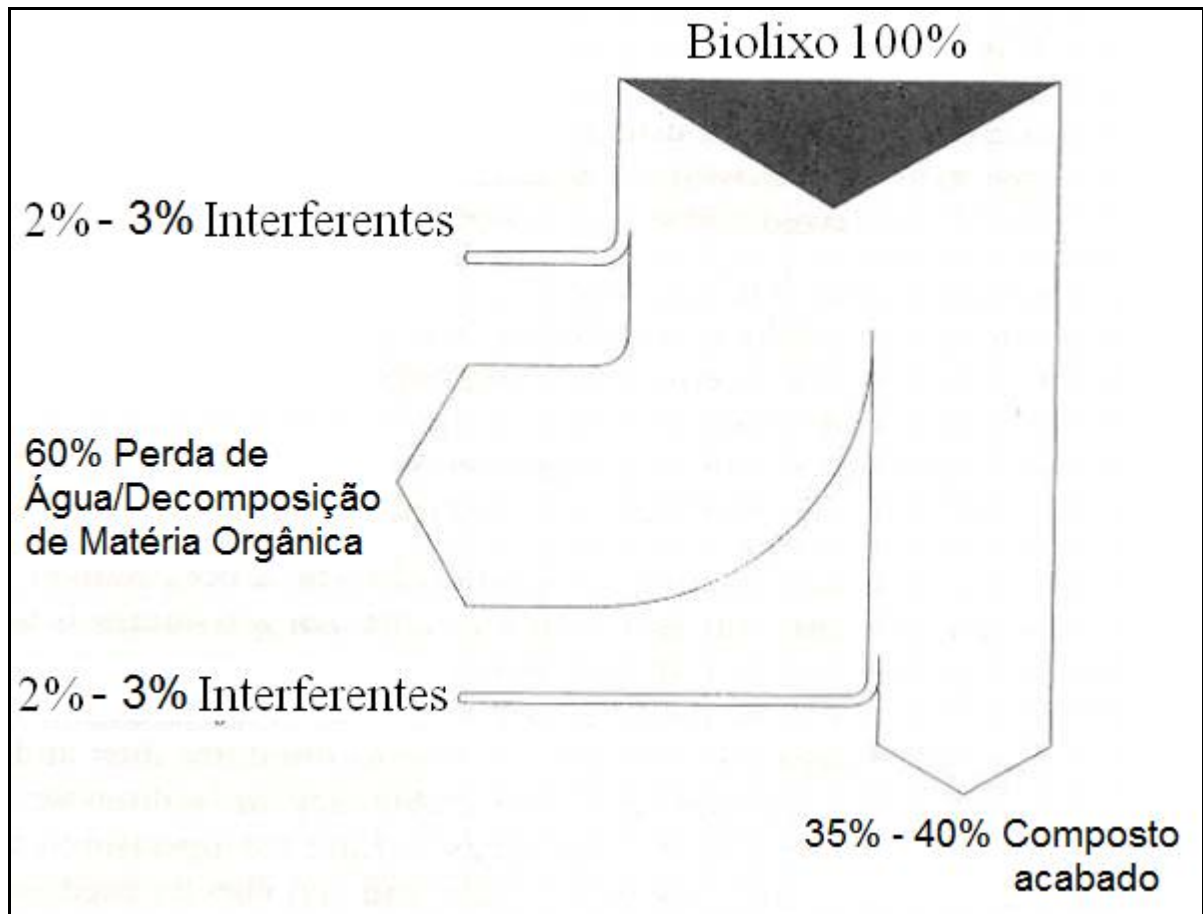


FIGURA 25 – BALANÇO DE MASSA DA BIOMASSA PELO PROCESSO DE COMPOSTAGEM  
 FONTE: Fischer (2009)

## 10 ESTUDO DE CASO – O TRATAMENTO DOS RSU DE CURITIBA

Conforme o levantamento bibliográfico, Curitiba gerou em 2005 aproximadamente 375.000 toneladas de resíduos para uma população de quase 1,8 milhões de habitantes. Já a quantidade de resíduos depositados no aterro da cachimba durante o ano de 2007 foram de 765.000 toneladas para uma população de quase 3 milhões de habitantes, sendo que estes dados referem-se a todos os 18 municípios que depositaram resíduos no aterro sanitário, inclusive Curitiba.

Segue abaixo a tabela 12 que se refere às características da geração de resíduos para a cidade de Curitiba e para o material depositado no aterro sanitário da Cachimba.

TABELA 12 – ESCOPO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

<b>Descrição</b>	<b>Cidade de Curitiba (Dados referente para o ano de 2005)</b>	<b>Municípios que depositam no aterro sanitário da Cachimba (Dados referente para o ano de 2007)</b>
População	1.757.904	2.932.166
Geração de resíduos ton/ano	374.653	764.325
Resíduo kg/por dia/pessoa	0,58	0,71
% de Resíduo Orgânico	48,00%	38,17%
Ton. de resíduos orgânicos/ano (valor aprox.)	180.000	290.000
Resíduo Kg de orgânico/ por dia/ pessoa	0,28	0,27

FONTE: O autor (2010)

A partir da tabela 12 foram realizados os balanços de massa e energético referente à geração da Biomassa para a cidade de Curitiba (apresentado em anexo) e para a quantidade de resíduos depositados no aterro da Cachimba.

Na tabela13 foi realizado o cálculo da geração de energia elétrica que poderia ser gerado se todo biogás (metano) gerado pela Biomassa fosse convertido de forma otimizada em energia elétrica. Por fim, foi calculado o valor bruto utilizado para



cobranças de energia elétrica emitidas para as residências de Curitiba através da empresa Copel, e o valor para cálculo foi considerando o valor base desde Dezembro de 2010. Para auxiliar nas estimativas foram consideradas as seguintes características para a composição da Biomassa:

- 60% de teor de água
- 70% de substâncias orgânicas
- Fator de conversão de substâncias orgânicas em Biogás – 500m<sup>3</sup>/ton OS
- Potência energética do Biogás - 6kWh/m<sup>3</sup>
- Preço bruto da energia elétrica – 0,45815 R\$/kWh

TABELA 13 -BALANÇO DE MASSA PARA FERMENTAÇÃO

Balanço para Curitiba Dados de 2005	Balanço para as Cidades Integrantes do Aterro Sanitário da Cachimba - Dados de 2007
RSU - Resíduos Sólidos Urbanos (ton para 2005)	RSU - Resíduos Sólidos Urbanos (ton para 2005)
374653 ton	764.325 ton
⇓	⇓
biomassa domiciliar	biomassa domiciliar
48%	38,17%
⇓	⇓
179833,44 ton	291.742,85 ton
⇓	⇓
teor de água 60 %	teor de água 60 %
sendo o resto: Substâncias secas	sendo o resto: Substâncias secas
Ø 40 %	Ø 40 %
⇓	⇓
71933,376 ton	116.697,14 ton
⇓	⇓
perda por calcinação = substância orgânica (OS)	perda por calcinação = substância orgânica (OS)
aprox. 35 – 85 % -> valor realístico 70 %	aprox. 35 – 85 % -> valor realístico 70 %
⇓	⇓
50353,363 ton	81687,998 ton
⇓	⇓
para 1.757.904 habitantes	para 2.932.166 habitantes
⇓	⇓
com 0,5 m <sup>3</sup> / kg OS ou 500 m <sup>3</sup> / ton OS	com 0,5 m <sup>3</sup> / kg OS ou 500 m <sup>3</sup> / ton OS
⇓	⇓
25.176.681 m <sup>3</sup> gás	40.843.999 m <sup>3</sup> gás
⇓	⇓
6 kWh / m <sup>3</sup> gás	6 kWh / m <sup>3</sup> gás
⇓	⇓
151.060.086 kWh / a = 151.060 MWh / a	245.063.994 kWh / a = 245.064 MWh / a
⇓	⇓
Simulação de faturamento para conversão de 33% em energia elétrica	Simulação de faturamento para conversão de 33% em energia elétrica
Valor cobrado pela Copel em 12/2010 para residências (incluso Energia, Distribuição, Transmissão, Encargos e Tributos) - 1 kWh = 0,45815 R\$	Valor cobrado pela Copel em 12/2010 para residências (incluso Energia, Distribuição, Transmissão, Encargos e Tributos) - 1 kWh = 0,45815 R\$
⇓	⇓
22.838.699 R\$	37.051.103 R\$

FONTE: Adaptado de Fischer (2009)

Nos fluxogramas 27 até 32 foram obtidos através da experiência vivenciada pela empresa Kompogás. Nestes fluxogramas é possível visualizar com detalhes que ocorre uma distribuição da energia gerada pelo biogás, uma parte da energia é transformada em calor e outra parte é transformada em energia elétrica.

Na figura 27 considera-se um cenário do ano de 2007 utilizando-se informações estatísticas de entrada de resíduos no aterro sanitário da Cachimba. Esta estatística relaciona todos os municípios que enviaram seus resíduos para o aterro da Cachimba inclusive os resíduos da cidade de Curitiba.

Neste balanço de massa ocorre a separação de impurezas que são metais vidros, plástico, etc. que, em geral, prejudicam o processo de fermentação, além de causar problemas operacionais - como entupimentos das tubulações - e acelera o desgaste dos equipamentos.

Após a remoção das impurezas, a biomassa, conforme suas características, pode ainda passar por outros processos como trituração, umidificação, mistura com outros resíduos - como esterco de porco - e depois segue para o reator anaeróbio onde ocorre à geração do biogás e o composto fermentado.

Após o período de fermentação o excesso de água existente no reator, que consiste em torno de 45%, deve ser drenada. Esta água pode ser então, reaproveitada para tratar uma nova carga de biomassa, pois possui uma carga de nutrientes e de microorganismos facilitando e acelerando o início da reação anaeróbia.

No reator anaeróbio sobrou após a drenagem da água um composto que ainda possui muita matéria orgânica não degradada além de patógenos e, com isto, nota-se que o ideal é realizar uma compostagem que inertiza os patógenos além de degradar a matéria orgânica residual.

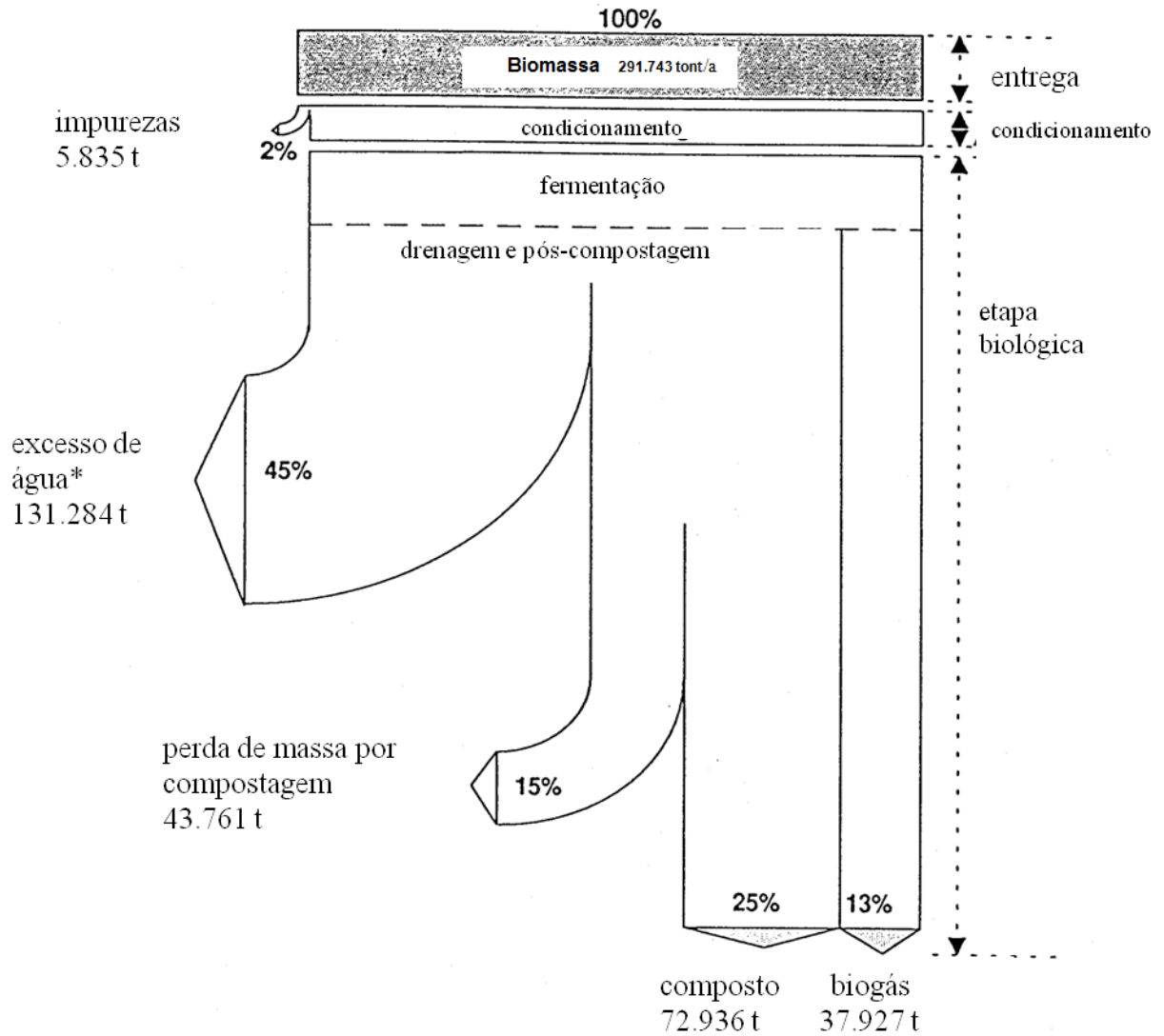
Por fim permanecem somente 25% da biomassa tratado em forma de composto que pode ser utilizado para fertilizar solos agrícolas.

O Biogás gerado pelo processo de fermentação, que consiste em torno de 13% da biomassa introduzido no reator, pode ser utilizado para gerar energia elétrica e calor.

**Características do lixo**

- teor de substância seca (TS) 35%
  - substância orgânica (OS) em relativo TS 70%
  - fração de impurezas 2%
- } por peso

**Balanco de massa aproximado utilizando o modelo da empresa Komogas  
291.743 t/a**



\* emissão através efluente atmosférico do lavador biológico, o resto é lançado na rede de esgoto

**FIGURA 26-BALANÇO DE MASSA PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA PARA AS CIDADES INTEGRANTES DO SISTEMA DO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA. (2007)**

FONTE: Adaptado de Fischer (2009)

A partir das informações coletadas e calculadas pelo fluxograma da figura 28 e pela tabela 13 pode ser feito um balanço energético considerando as experiências obtidas pela empresa Suíça Kompogás. O Balanço energético foi calculado de duas formas. No primeiro balanço foram consideradas somente as informações de Biomassa gerada em Curitiba para o ano de 2005 (os fluxogramas podem ser visualizados em anexo) e no segundo balanço foram utilizadas informações da quantidade de Biomassa que foi depositado no aterro da Cachimba durante o ano de 2007.

Conforme a experiência da empresa Kompogás, de cada metro cúbico de biogás é possível obter 6 kWh de energia. No entanto, aproximadamente 58% do total da energia gerada é transformado em calor, 9% se perde pelo processo de conversão do biogás em energia e aproximadamente 33% do total da energia disponível é transformada em energia elétrica.

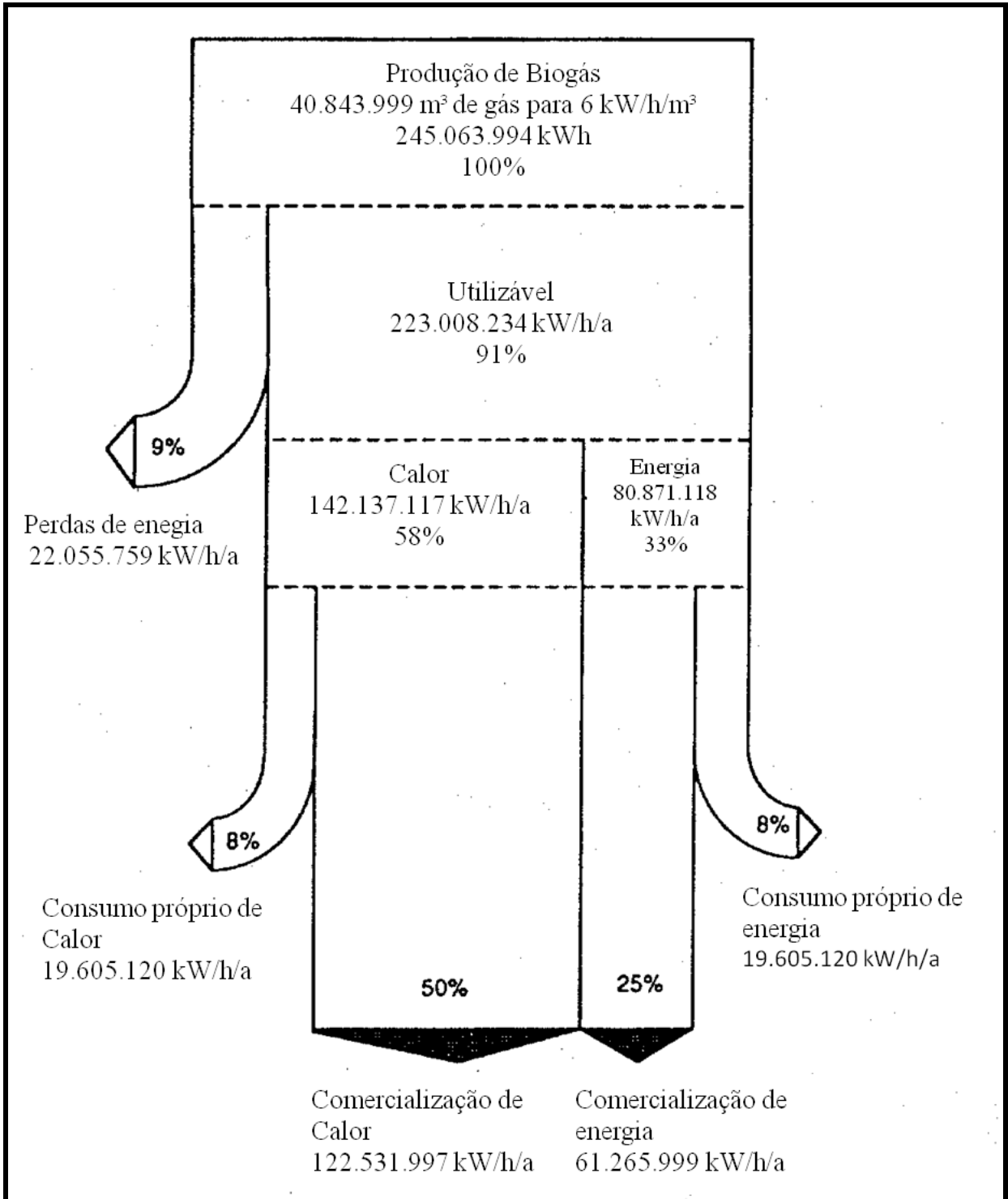


FIGURA 27 - BALANÇO ENERGÉTICO PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA PARA AS CIDADÊS INTEGRANTES DO SISTEMA DO ATERRO SANITÁRIO DA CACHIMBA. (2007)

FONTE: Adaptado de Fischer (2009)

Com tudo, também foi realizado um balanço de massa para o processo de compostagem que seria uma segunda alternativa ou uma opção para um pós-tratamento do processo de fermentação que trata e reduz o volume dos resíduos orgânicos. Para o balanço de massa foram considerados dois cenários de compostagem:

- Compostagem do total de Biomassa gerado pela cidade de Curitiba durante o ano de 2005 (o balanço pode ser visualizado em anexo).
- Compostagem do total de Biomassa depositado no aterro da Cachimba durante o ano de 2007.

Conforme Fischer (2009) em um processo de compostagem tradicional de leiras é possível determinar que aproximadamente 4% do total de Biomassa é composta por interferentes como ferro, vidro, plástico, etc. encontrados no início e final do processo de compostagem além de galhos grandes (não decompostos) e madeiras inteiras no final do processo. Este precisa ser removido antes e depois do processo de compostagem.

O composto gerado pela compostagem consiste em torno de 36% do total de Biomassa tratado o restante do peso foi transformado em gás, evaporou ou foi consumido por micro e macro-organismos (FIGURA 29).

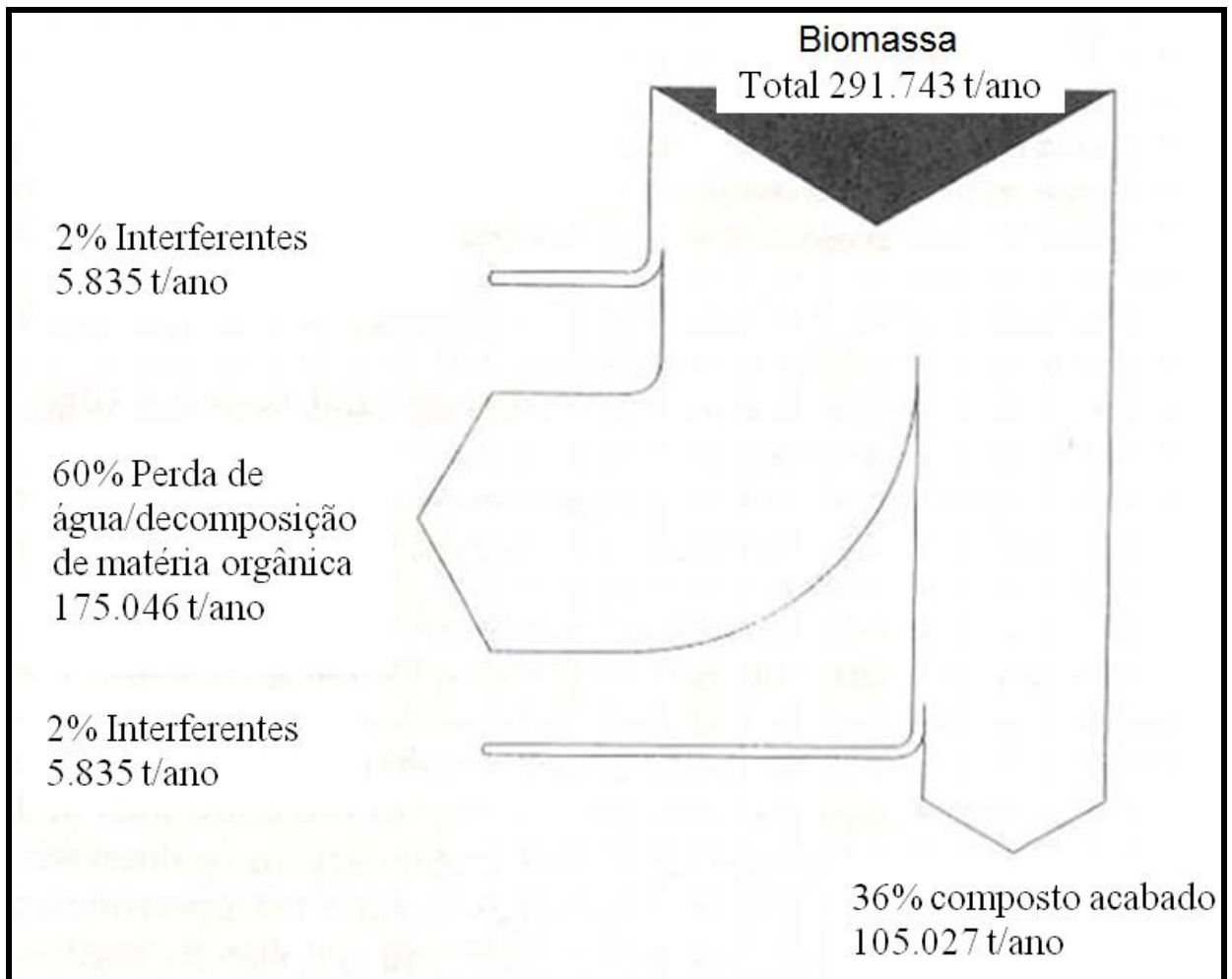


FIGURA 28 - BALANÇO MASSA PARA A COMPOSTAGEM DO 100% DA BIOMASSA DEPOSITADO NO ATERRO DA CACHIMBA (2007)

FONTE: Adaptado de Fischer (2009)



## 11 RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com os levantamentos bibliográficos e os resultados obtidos pelos balanços de massa e energético realizado anteriormente foi possível obter uma tabela comparativa destes resultados (TABELAS 14 e 15).

TABELA 14 - FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA

Fermentação da Biomassa								
Local	Total de Resíduo Gerado	Biomassa Estimado		Composto Gerado	Redução da Biomassa	Biogás gerado	Energia em kWh gerado	
	Ton	%	Ton	Ton	%	m <sup>3</sup>	Total	Eletricidade gerada(*)
Curitiba	374.653	48,00	179.833	71.933	60	25.176.681	151.060.086	49.849.828
Aterro da Cachimba	764.325	38,17	291.743	116.697	60	40.843.999	245.063.994	80.871.118

FONTE: O autor (2010)

NOTA: Valor calculado conforme a experiência prática da empresa Suíça Kompogás.

TABELA 15 – COMPOSTAGEM DA BIOMASSA

Compostagem					
	Total de Resíduo Gerado	Biomassa Estimado		Composto Gerado	Redução do resíduo
	Ton	%	Ton	Ton	%
Curitiba	374.653	48,17%	179.833	64.740	64
Aterro da Cachimba	764.325	38,17%	291.743	105.027	64

FONTE: O autor (2010)

Como pode ser observado nas tabelas 14 e 15 mais da metade de quantidade de resíduos gerados ocorreu na cidade de Curitiba. Devido à grande quantidade de restaurantes e a inexistência de áreas para a compostagem/fermentação da Biomassa gerada, este era encaminhado para o aterro sanitário da Cachimba com percentual maior do que o somatório dos outros 17 municípios da região que também enviam seus resíduos para o aterro. Com isto, mais da metade de capacidade da geração de energia e composto seria atendido, se a cidade de Curitiba tivesse um projeto de reciclagem da Biomassa. Conforme os cálculos e balanços de massa realizados acima, Curitiba seria responsável pela geração de aproximadamente 151.000MWh/a que equivale aproximadamente a 61% da energia que seria gerada por toda Biomassa depositada no aterro sanitário da Cachimba.

Segundo o Relatório do IPARDES – Curitiba (2010) o consumo médio mensal de energia elétrica em uma residência familiar é de aproximadamente 0,2MWh. Conforme os cálculos a cidade de Curitiba teria uma capacidade de gerar 151.000 MWh/ano a partir da biomassa, no entanto 33% poderia ser transformado em energia elétrica que corresponde aproximadamente 50.000 MWh/ano, o suficiente para atender por volta de 20.800 residências com um consumo anual médio de 2,4 MWh.

Da mesma maneira, estimadamente, se a Biomassa depositada no aterro sanitário da Cachimba durante o ano de 2007 consiste em 292.000 toneladas, esta poderia ter gerado em média 81.000MWh/ano de energia elétrica, quantidade esta que é suficiente para abastecer por volta de 34.000 residências durante 1 ano.

Além do aproveitamento de energia em forma de calor ou em forma de eletricidade, o composto que é gerado poderia ser utilizado para recuperar áreas degradadas ou solos com problema de fertilidade/nutrientes.

Contudo, ao serem utilizadas técnicas alternativas de tratamento de resíduos ocorre uma redução do volume dos mesmos, fazendo com que necessite de menos área para aterros sanitários. Isto pode ser visualizado nos balanços de massas acima e pelas tabelas comparativas. Para a cidade de Curitiba 48% de todo resíduo sólido urbano gerado é Biomassa, e se toda esta Biomassa fosse tratada pelo processo de fermentação ou compostagem, sobrariam aproximadamente 28% e 17% respectivamente como composto que poderia ser utilizado como fertilizante natural de solo, ou seja, ocorreria uma redução de 28% e 31% respectivamente de resíduo

depositado no aterro sanitário, e com isto, reduzir-se-ia a geração de gases/odores e chorume.

Sendo assim, se forem desenvolvidas as técnicas de tratamento alternativo de destinação dos resíduos como compostagem, fermentação e reciclagem de papéis, plásticos, metais, concreto, etc. um aterro sanitário torna-se uma técnica inviável, pois somente a sobra dos resíduos como papel higiênico e outros materiais contaminados seriam depositadas nele.

Apesar das técnicas alternativas de tratamento de resíduos orgânicos serem interessantes, é necessário adequar todos os processos às características dos resíduos a serem tratados para que os processos sejam eficientes e otimizados, como por exemplo, a redução da geração de substâncias contendo enxofre e o aumento da concentração de metano no Biogás após a fermentação ou a otimização da temperatura e a aeração das leiras para o processo de compostagem.

## 12 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

É fundamental que haja menos desperdício de alimentos e materiais que são essenciais à vida humana, pois quase tudo que é produzido não é lixo e sim sub-produto que poderia ser reaproveitado ou reciclado. Sendo assim, conviver com os resíduos gerados nas cidades passou a ser atualmente a maior preocupação dos centros urbanos.

Desta maneira, levando em consideração que os problemas gerados pelos resíduos têm particularidades discrepantes entre localidades, principalmente quanto à composição, quantidade e periodicidade dos resíduos gerados, por isso é importante que cada município conheça os resíduos de acordo com suas definições, classificações, caracterizações, quantidades e qualidades. Só assim, é possível avaliar a melhor forma de tratamento.

Contudo, durante esta dissertação percebeu-se que não existe um controle correto da quantidade e qualidade de resíduos gerados em Curitiba, pois, os dados estatísticos, ao serem comparados entre diversas fontes locais e nacionais, tornam-se não confiáveis devido a discrepância dos valores. No entanto, ainda existe um período muito longo da atualização dos dados estatísticos, pois durante a dissertação houve dificuldade de encontrar dados atualizados.

Com o crescimento dos centros urbanos, tende-se também a aumentar a geração de resíduos. A ocupação do solo próximo aos centros urbanos torna-se limitada e com custo elevado. Sendo assim, a construção de aterros sanitários se torna uma tecnologia cara, não sendo mais tão interessante. Pensando nesta situação, foram propostas duas alternativas ambientalmente sustentáveis e economicamente interessantes.

A digestão anaeróbia configura-se como alternativa bastante vantajosa para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos. Apesar disso, os processos anaeróbios empregados para o tratamento de resíduos orgânicos ainda não constituem prática muito bem difundida no Brasil, devido à inexperiência operacional do processo, pelo baixo valor pago para a energia elétrica, tornando o retorno do investimento em longo prazo. Porém, seria uma alternativa para as cidades e comunidades afastadas que

não possuem fornecimento de energia e não possuem um correto sistema de saneamento básico e tratamento de resíduos.

Ao analisar os resultados obtidos pelos balanços de massa e energético, verifica-se que, aproximadamente, 292.000 toneladas de biomassa depositada no aterro da Cachimba no ano de 2007 geraria por volta de 81.000MWh de energia elétrica o que seria suficiente para abastecer em média 34.000 casas durante um ano. No entanto, esta energia foi e está sendo queimada no aterro sanitário sem nenhum aproveitamento.

Com objetivo de iniciar o desenvolvimento e implantação de reatores anaeróbios, permanece como sugestão a implantação desses reatores em pequena escala para Curitiba ou até mesmo para cidades pequenas e/ou vilarejos que poderiam aproveitar os resíduos gerados para gerar energia de baixo custo. Para exemplificar, pode se considerar uma geração de 0,28kg/dia/habitante de biomassa para uma cidade ou vilarejo com uma população de 1000 habitantes que geram aproximadamente 100 ton/ano de biomassa. Esta biomassa geraria 28 MWh que seria suficiente para atender por volta de 11 residências com energia elétrica durante 1 ano.

Para a implantação de sistema de tratamento de resíduos através de fermentação, é necessário um investimento inicial alto, mas é possível obter um retorno financeiro por meio do comércio de energia elétrica, energia em forma de calor, composto para fertilizar áreas agrícolas e por meio da venda de créditos de carbono. Sendo assim, com o tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos é possível obter um retorno financeiro, ao contrário da tecnologia tradicional - aterro sanitário - onde existem somente investimentos/despesas; para isto, a cidade ou região precisa programar um processo de coleta seletiva da biomassa, para que não ocorra a inviabilidade financeira no processo de triagem, além de ocorrerem contaminações da matéria orgânica por compostos tóxicos.

A compostagem, apesar de já praticada há muito tempo, pode ser considerada uma ferramenta de grande potencial para a diminuição dos problemas decorrentes da geração de resíduos sólidos, uma vez que a maior parte dos resíduos sólidos urbanos coletados é composta por matéria orgânica. A produção de composto orgânico traz ainda bastante vantagem ao solo agrícola, melhorando, por exemplo, a

quantidade e a disponibilidade de nutrientes, além de melhorar a estrutura do solo. Esta técnica tem um custo menor do que o processo de fermentação, mas o retorno financeiro também é menor, pois não ocorreria a geração do metano que poderia ser utilizado como uma fonte energética.

Sendo assim, a compostagem seria ideal para tratar material como madeira/lignina e galhos, além de servir como pós-tratamento do composto gerado pelo processo de fermentação como foi apresentado nesta dissertação por meio do processo adotado pela empresa Kompogás.

Conforme o balanço de massa realizado nesta dissertação, o processo de compostagem reduz de aproximadamente 292.000 toneladas de biomassa para 105.000 toneladas de composto, ou seja, o peso da Biomassa reduziria o seu peso em 64%, além que o material que sobrou em forma de composto poderia ser utilizado na agricultura.

Com o processo de compostagem é possível obter um retorno financeiro por meio da comercialização do composto e por meio da venda de crédito de carbono, reduzindo assim os custos de tratamento.

Apesar de este processo ser economicamente interessante, pode se tornar inviável, caso não ocorra uma gestão correta, pois se a biomassa apresentar uma grande quantidade de interferentes como plástico, ferro, pilhas, entre outras substâncias, torna o processo de triagem muito complexo, além de gerar um composto contendo substâncias tóxicas que se tornam inapropriadas para o uso na agricultura.

Em resumo tanto o processo anaeróbio quanto o processo aeróbio são técnicas que podem ser utilizadas para o comércio do crédito de carbono, pois se evita a emissão do metano para a atmosfera, gás este que é 21 vezes mais impactante para o efeito estufa do que o dióxido de carbono; com isto, estas técnicas poderão receber um retorno financeiro interessante.

Além do comércio de crédito de carbono podemos considerar que o investimento com no aproveitamento de biogás pode ser reduzido com a geração e comercialização de:

- Energia elétrica, para uso no próprio, em indústrias, comércio e residências;
- Energia térmica (calor), útil em processos industriais diversos;
- Combustíveis veiculares, para abastecimento de veículos diversos;
- Iluminação pública, por meio do uso de postes abastecidos com biogás.

Após a apresentação de vários argumentos e subsídios técnicos contidos nos diversos capítulos desta dissertação, espera-se que este trabalho possa estimular os gestores públicos municipais e os responsáveis pelo gerenciamento da limpeza urbana nos municípios brasileiros a analisarem o potencial energético dos resíduos sólidos e implantarem sistemas que permitam o aproveitamento do biogás e de composto. Contudo, a opção escolhida será mais eficiente quando for considerado um sistema integrado de gestão dos resíduos sólidos urbanos, que inclua coleta seletiva, fermentação/compostagem e reciclagem de diversos materiais.

Apesar o reaproveitamento da biomassa resultar em um retorno financeiro por meio da venda de energia, composto e/ou créditos de carbono é possível obter outras vantagens de forma indiretamente.

Conforme observado nesta dissertação os municípios que implantarem sistemas sustentáveis de tratamento de resíduos, podem reduzir gastos com a saúde pública, pois reduz-se a proliferação de doenças que são transmitidas por vetores que vivem no acúmulo inapropriado de resíduo. Conseqüentemente necessita-se também de menos agentes da saúde e métodos operacionais de combate à proliferação de doenças. Além da redução de custos na área de saúde pública, o sistema de saneamento básico torna-se mais otimizado, pois a qualidade do material reciclado aumenta, facilitando o seu tratamento e reduzindo a necessidade do uso de aterros sanitários.

Com a economia dos setores como saúde e saneamento, além do comércio dos subprodutos gerados pelos processos de fermentação e compostagem, possibilitaria investir na formação profissional de trabalhadores da área de resíduos/reciclagem.

Esta profissionalização poderia ser direcionada para os carrinheiros para que tenham a possibilidade de terem uma qualidade de vida melhor e serem reconhecidos

como profissionais. Neste contexto a questão social dos municípios poderia ser melhorada por meio da gestão e tratamento de resíduos de forma sustentável.

Contudo, a estruturação e incentivo para a reciclagem da biomassa e de outros materiais ocorre de forma muito sutil ou nem ocorre. Como pode ser observado nesta dissertação existem no mercado tecnologias sustentáveis tendo um retorno financeiro direto e indiretamente além de profissionais competentes. No entanto permanece a dúvida de quais são os motivos para a não implantação destes processos alternativos para tratamento de materiais que são descartados, como é o caso da biomassa.

No entanto, a maioria dos municípios brasileiros acreditam que a solução mais econômica são os aterros sanitários, mas não contabilizam os custos necessários para o acompanhamento e controle ambiental dos aterros após o encerramento, além de perda de perder uma grande área de solo.

Contudo ainda permanece um outro questionamento. Será que alguns municípios brasileiros implantam a tecnologia de aterros sanitários movidos por motivação financeira e/ou político?

Durante a elaboração desta dissertação percebeu-se que existe uma dificuldade para a implantação de tecnologias alternativas/sustentáveis, pois possivelmente a legislação e os órgãos ambientais tornam-se complicadores para o desenvolvimento de novos processos, pois existem diversas barreiras legais e faltam incentivos legais para o desenvolvimento das tecnologias sustentáveis.

Finalmente, reconhecendo que o tema não se esgota neste trabalho, espera-se que as informações contidas aqui juntamente com outros trabalhos realizados sobre o tema possam contribuir para que os municípios, instituições públicas e privadas e universidades desenvolvam projetos e estudos futuros como a possibilidade de comércio do crédito de carbono, inventário detalhado quantitativo e qualitativo dos resíduos que são gerados em Curitiba e outros municípios brasileiros, além da possibilidade de serem desenvolvidos projetos pilotos e de escala industrial para os processos de fermentação e compostagem.



## REFERÊNCIAS

ABNT. **Resíduos sólidos**: classificação – NBR 10004. São Paulo: 2004.

BISCHOFBERGER, Wolfgang. et al. **Anaerobtechnik**; 2 Edição, Hannover: Springer, 2004.

BLICK. **Die Welt versinkt im Müll**. Disponível em: <[www.blick.ch/life/wissen/die-welt-versinkt-im-muell-80513](http://www.blick.ch/life/wissen/die-welt-versinkt-im-muell-80513)>. Acesso em: 02 Dez. 2009.

BMU. **Kurzinfo Abfallwirtschaft**. Disponível em: <[www.bmu.de/abfallwirtschaft/kurzinfo/doc/3981.php](http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/kurzinfo/doc/3981.php)>. Acesso em: 28 Out.2009.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <[www.bmu.de/abfallwirtschaft/fb/bioabfaelle/doc/3158.php](http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/fb/bioabfaelle/doc/3158.php)>. Acesso em: 28 Out.2009.

\_\_\_\_\_. **Statistik- Verwertung von Bioabfällen**. Disponível em: <[www.bmu.de/abfallwirtschaft/fb/bioabfaelle/doc/3161.php](http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/fb/bioabfaelle/doc/3161.php)>. Acesso em: 28 Out.2009.

BUND/MISEREOR (1995): **Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Kurzfassung. Bonn**.

Disponível em: <[www.umweltschulen.de/abfall/abfall.html](http://www.umweltschulen.de/abfall/abfall.html)>. Acesso em: 31 Jan.2011.

\_\_\_\_\_. (1996): **Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel: Birkhäuser**.

Disponível em: <[www.umweltschulen.de/abfall/abfall.html](http://www.umweltschulen.de/abfall/abfall.html)>. Acesso em: 31 Jan.2011.

CAMINHOS DE GEOGRAFIA. Disponível em: <[www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html](http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html)>. Acesso em: 02 Nov.2009.

CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem).

Disponível em: <[www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br)>. Acesso em: 25 Jun. 2010.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. **Plano De Gerenciamento do Tratamento e Destinação de Resíduos Sólidos**. Versão para Consulta Pública. Dezembro 2007. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Disponível em:

<[www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA\\_RIMA/RIMA\\_CONRESOL.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/RIMA_CONRESOL.pdf)>. Acesso em: 31 Jan.2011.

D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

*DIE BUNDESREGIERUNG* (2002): **Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung**. Disponível em:

<[www.bundesregierung.de/nsc\\_true/Content/DE/\\_\\_\\_Anlagen/2006-2007/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung,property=publicationFile.pdf/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung](http://www.bundesregierung.de/nsc_true/Content/DE/___Anlagen/2006-2007/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung,property=publicationFile.pdf/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung)>. Acesso em: 31 Jan.2011.

FEREGUETTI, Adriane C. SANTANA, Reynaldo C. **Quantificação dos resíduos sólidos urbanos e sua relação com um indicador sócio-econômico do município de Linhares-ES**. Disponível em: <[www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/quantifica.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/quantifica.pdf)>. Acesso em: 20 Set.2009.

FIGUEIREDO, Natalie J. V. de. **Utilização do biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás—estudo de caso**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo: 2007

FISCHER, Klaus. Apostila cedida em aula: **Tratamento Biológico de Resíduos – Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft** Universidade de Stuttgart. Stuttgart: 2009.

\_\_\_\_\_, Klaus. Apostila cedida em aula **Biological Waste Treatment (Compendium Biological Waste Treatment)**. Universidade de Stuttgart. Stuttgart: 2007

FREITAS, Renata. **Ceasa transformará lixo em adubo**. Campinas: Correio Popular, 2002.

GORGATI, Cláudia Q. JÚNIOR, Jorge de Lucas. **Fração orgânica de lixo urbano como substrato para biodigestor**. Disponível em: <[www.renovaveis.hpg.ig.com.br/temas/biomassa/Claudia.pdf](http://www.renovaveis.hpg.ig.com.br/temas/biomassa/Claudia.pdf)>. Acesso em: 14 Out.2009.

GONZAGA, Alexandre. O lixo que deu certo. In: **Os Caminhos da Terra**. São Paulo, v. 5 n. 2, p.35-40, janeiro 1989.

IBGE. **Cenário dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb/default.shtm)>. Acesso em: 02 Set. 2009.

ICLEI BRASIL - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Manual para aproveitamento do biogás**. Vol. 01, Aterros Sanitários. São Paulo: Improta Gráfica, 2009.

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, **Caderno Estatístico** – município de Curitiba, 2010. Disponível em: Acesso em 26 Dez. 2010.

KIEHL, Edmar J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Ceres, 1985.

LEITE, Luiz Edmundo H.B da Costa. MAHLER, Cláudio Fernando. BRITTO Filho, Luiz Fernando. III-204 - Avaliação do Potencial de Receitas Derivadas do Biogás de Aterros. In: **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande/MS:Set. 2005.

MACHADO, Iraci P. FERRAZ, José Lazaro. BIZZO, Waldir A. III-130 – Análise Qualitativa da Composição dos Resíduos Domiciliares em Cidades Brasileiras. In: **24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Minas Gerais: Setembro, 2007.

MANCINI, Sandro Donnini. et al. III-034 – Análises Termogravimétricas de Composto Orgânico Produzido com Restos de Comida e Lixo de Jardim. In: **24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Minas Gerais: Setembro, 2007.

MARTINS, Fernando. **Curitiba vai reforçar reciclagem de lixo**. Gazeta do Povo, p. 12. Curitiba, 11 Out. 2005.

OLIVEIRA, A. S. D. **Metodologia para viabilização da implantação de plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos: o caso do município do Rio Grande – RS**. Tese Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

OLIVEIRA, Nilza Aparecida da Silva. **As alternativas para o gerenciamento dos resíduos sólidos em Curitiba - PR, e sua contribuição com a melhoria da qualidade.** Disponível em: <[www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10522/6269](http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10522/6269)>. Acesso em: 02 Nov.2009.

PASQUALETTO, Antônio et al. **Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos do município de Caldas Novas – GO.** Disponível em: <[www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05425\\_Pasqualetto.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05425_Pasqualetto.pdf)>. Acesso em: 03 Out.2009.

PEDROZA, Deivison Cavalcante. <http://sgivirtual.blogspot.com/2008/04/composio-m-dia-do-lixo-domiciliar-no.html>. Acesso em: 28.10.2009

PRADO, Luiz Mauricio Wendel. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos:Estudo de caso do colégio Bom Jesus.In: **IX ENGEMA - Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente.** Curitiba: 19 - 21 nov. 2007.

PREFEITURA DE CURITIBA.

Disponível em: <[www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=409&servico=26](http://www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=409&servico=26)> Acesso em: 28 Fev. 2010.

\_\_\_\_\_. Disponível em:

<[www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=38&servico=26](http://www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=38&servico=26)> Acesso em: 28 Fev. 2010.

\_\_\_\_\_. Disponível em:

<[www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=411&servico=26](http://www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=411&servico=26)> Acesso em: 28 Fev. 2010.

\_\_\_\_\_. Disponível em:

<[www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=410&servico=26](http://www.curitiba.pr.gov.br/publico/secretaria.aspx?idf=410&servico=26)> Acesso em: 28 Fev. 2010.

RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG. Disponível em: <[www.nachhaltigkeitsrat.de/service/download/pdf/Nachhaltigkeitsstrategie\\_komplett.pdf](http://www.nachhaltigkeitsrat.de/service/download/pdf/Nachhaltigkeitsstrategie_komplett.pdf)>. Acesso em: 01 Nov. 2007.

SANTOS, Esmeraldo Macêdo dos. RAMOS, Rubens Eugênio Barreto. PINHEIRO, José Ivam. **Resíduos sólidos urbanos: uma abordagem teórica da relevância, caracterização e impactos na cidade do Natal/RN.** XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002

SEMA . **Plano municipal de controle ambiental e desenvolvimento sustentável: Diagnóstico ambiental do município de Curitiba– 2008.** Disponível em: <[www.pr.gov.br/sema](http://www.pr.gov.br/sema)>. Acesso em: 31 Jan.2011.

STATISTISCHES BUNDESAMT. ***Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2006.*** Disponível em: <[www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Indikatorenbericht2006,property=file.pdf](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Indikatorenbericht2006,property=file.pdf)>. Acesso em: 18 Out. 2007.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <[www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen)>. Acesso em: 30 Out. 2009.

TAVARES, Romero Coelho. **Composição gravimétrica: uma ferramenta de planejamento e gerenciamento do resíduo urbano de Curitiba e região metropolitana.** Curitiba: 2007.Dissertação de Mestrado – LACTEC. Disponível em: <[www.lactec.org.br/mestrado/dissertacoes/RomeroCoelho.html](http://www.lactec.org.br/mestrado/dissertacoes/RomeroCoelho.html)>. Acesso em: 15 Nov.2009.

TOMBOSI filho, Elmo.; SILVA, Luciana S. C. V. da.; BEM, Amilton B. de. **Impactos ambientais, econômicos e sociais da reciclagem de materiais: avaliação do projeto Beija-Flor.** Disponível em: <[www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2000\\_E0135.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2000_E0135.PDF)>. Acesso em: 19 Out.2009.

UMWELTBUNDESAMT. ***Daten zur Umwelt-Bioabfallsammlung und –behandlung.*** Disponível em: <[www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeid=3148](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeid=3148)>. Acesso em: 30 Out. 2009.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <[www.umweltbundesamt-daten-zurumwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeid=2309](http://www.umweltbundesamt-daten-zurumwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeid=2309)>. Acesso em: 30 Out. 2009.

UMWELTSCHULEN. **Abfall vermeiden und verwerten: Eine Einführung.** Disponível em: <[www.umweltschulen.de/abfall/abfall.html](http://www.umweltschulen.de/abfall/abfall.html)> Acesso em: 28 Out. 2009.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <[www.umweltschulen.de/abfall/abfall\\_global.html](http://www.umweltschulen.de/abfall/abfall_global.html)>. Acesso em: 28 Out. 2009.

## Anexos

FIGURA 29 - BALANÇO DE MASSA PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA DE CURITIBA (2005)

FIGURA 30 - BALANÇO ENERGÉTICO PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA DE CURITIBA (2005)

FIGURA 31 - BALANÇO MASSA PARA A COMPOSTAGEM DO 100% DA BIOMASSA GERADO EM CURITIBA (2005)

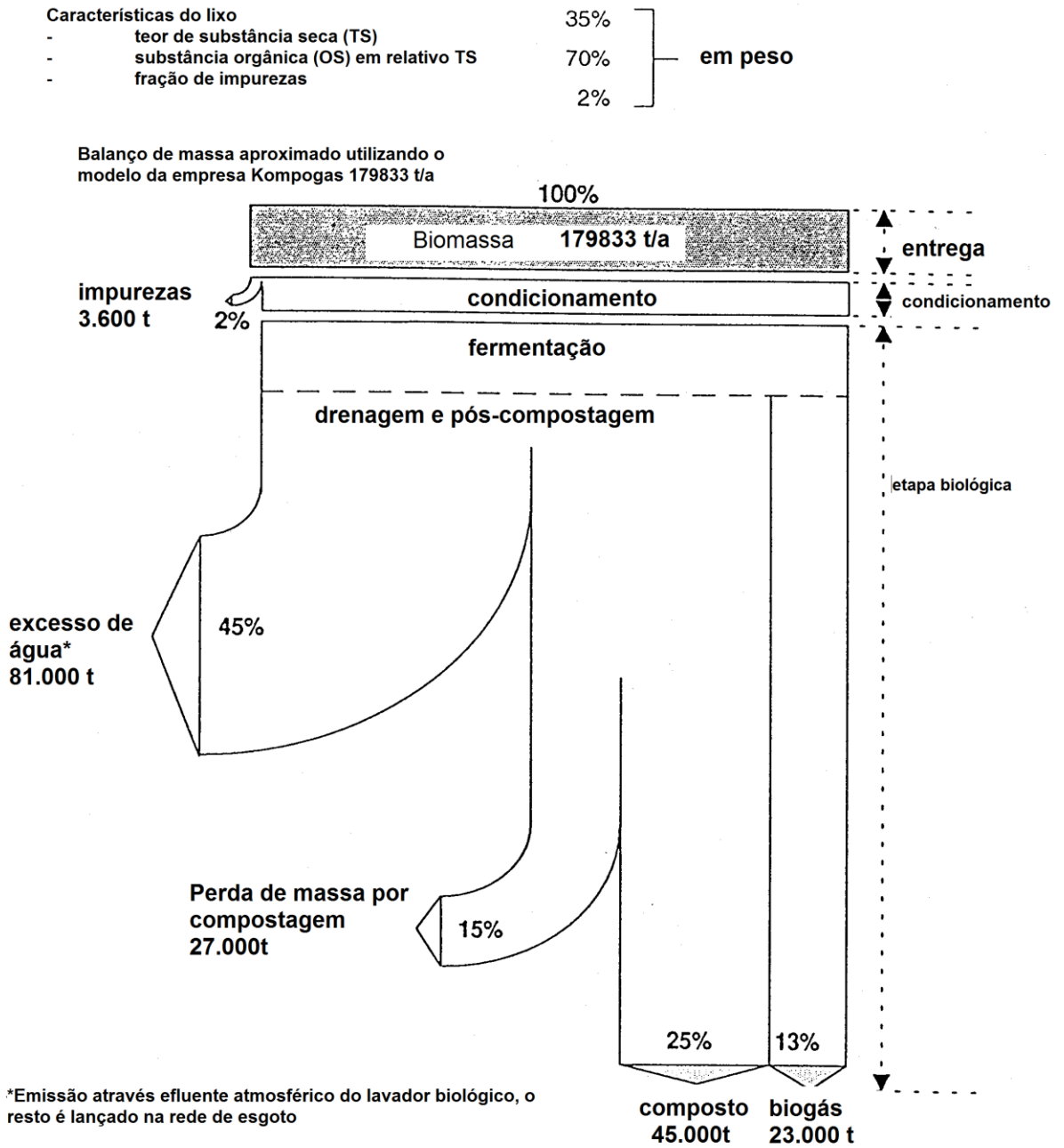


FIGURA 29- BALANÇO DE MASSA PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA DE CURITIBA (2005)  
 FONTE: Adaptado de Fischer (2009)



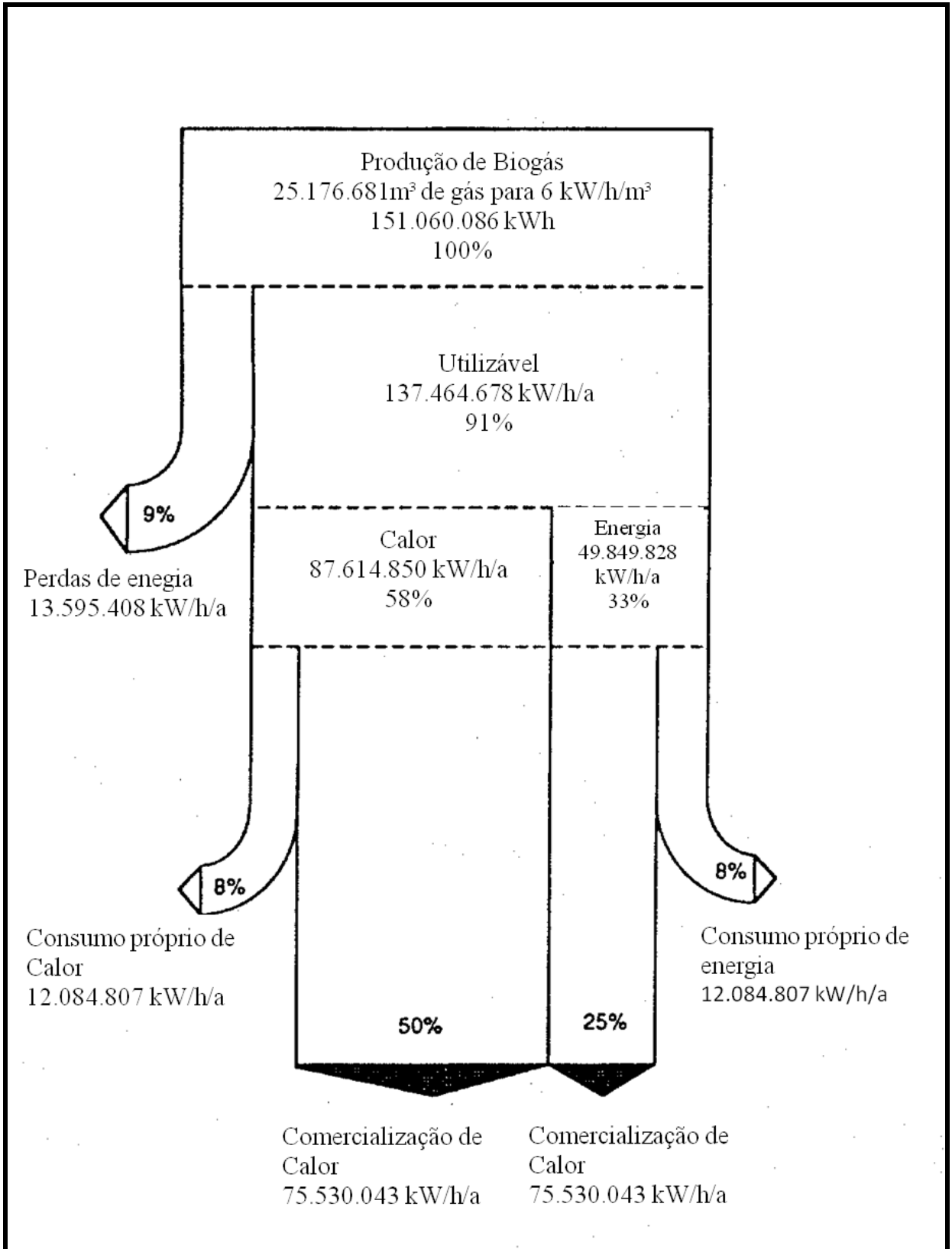


FIGURA 30 - BALANÇO ENERGÉTICO PARA A FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA DE CURITIBA (2005)

FONTE: Adaptado de Fischer (2009)

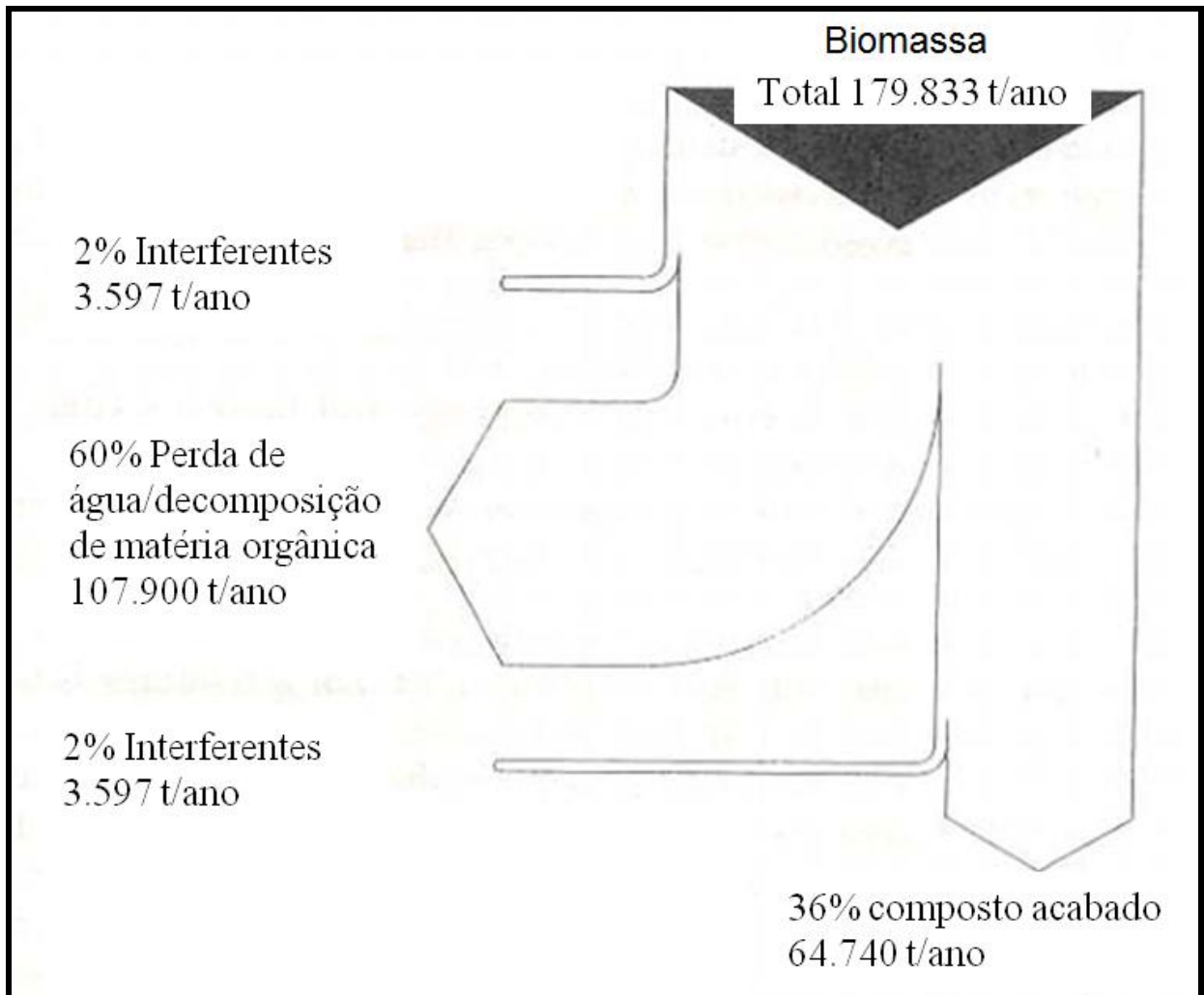


FIGURA 31 - BALANÇO MASSA PARA A COMPOSTAGEM DO 100% DA BIOMASSA GERADO EM CURITIBA (2005)

FONTE: Adaptado de Fischer (2009)