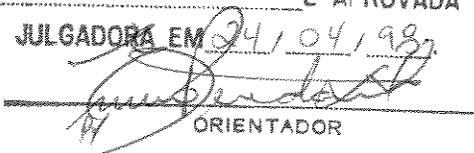


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR NELSON LEON MELDONIAN

E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 24/04/98

  
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

# **Alguns Aspectos do Lixo Urbano no Estado de São Paulo e Considerações sobre a Reciclagem do Alumínio e do Papel**

Autor: **Nelson Leon Meldonian**  
Orientador: **Gilberto de Martino Jannuzzi**

04/98

M482a

35053/BC

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**Alguns Aspectos do Lixo Urbano no Estado  
de São Paulo e Considerações sobre a  
Reciclagem do Alumínio e do Papel**

Autor: Nelson Leon Meldonian

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação de Planejamento de Sistemas Energéticos da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 1998  
S.P. - Brasil



7298185

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
T/Unicamp	
M482a	
V. Es.	
TOMBO BC/	35053
PROC.	395,98
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$11,00
DATA	12/09/98
N.º CPD	

CM-00115729-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M482a Meldonian, Nelson Leon  
Alguns aspectos do lixo urbano no Estado de São Paulo e considerações sobre a reciclagem do alumínio e do papel / Nelson Leon Meldonian.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Reciclagem de papel. 2. Lixo. 3. Meio ambiente.  
4. Energia – Conservação. 5. Aterro sanitário. I.  
Jannuzzi, Gilberto de Martino. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica.  
III. Título.

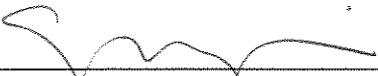
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**TESE DE DOUTORADO**

**Alguns Aspectos do Lixo Urbano no Estado  
de São Paulo e Considerações sobre a  
Reciclagem do Alumínio e do Papel**

Autor: Nelson Leon Meldonian

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi, Presidente  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ennio Peres da Silva  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Rachel Negrão Cavalcanti  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Waldir Luiz Ribeiro Gallo  
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 24 de abril de 1998

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais, esposa e filhos.

## **Agradecimentos:**

A elaboração deste trabalho só foi viável graças ao incentivo, apoio e colaboração de diversas pessoas às quais agradeço de coração :

Ao prof. Dr. Eugênio da Motta Singer que me incentivou a iniciar e deu apoio na primeira fase do trabalho.

Aos meus pais, esposa e filhos que me toleraram em muitas oportunidades.

Ao Luís Antônio Terribile de Mattos (Badú); Luiz Antonio Mai e Leslie de Molnary, amigos do IPEN, que me ajudaram de diversas formas.

Ao meu orientador, prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi, que me mostrou a melhor forma de elaboração da tese.

A todos os colegas da Unicamp e do IPEN que de alguma forma possibilitaram a conclusão do trabalho.

## Sumário

	Página
Capítulo 1	
1.1 Introdução .....	1
1.2 A Reciclagem Energética de Materiais Eletrointensivos .....	5
1.3 Objetivo do Trabalho .....	10
1.4 Organização do Trabalho .....	10
Capítulo 2	
Produção de Materiais Eletrointensivos	
2.1 Introdução .....	12
2.2 Produção de Alumínio .....	18
2.2.1 Processo de Obtenção de Alumínio .....	18
2.2.2 Mineração .....	20
2.2.3 Refinação de Alumina .....	21
2.2.4 Redução (Eletrolítica) da Alumina a Alumínio Metálico .....	24
2.2.5 Consumo de Energia Elétrica .....	27
2.3 Produção de Papel e Celulose .....	32
2.3.1 Produção de Celulose .....	32
2.3.2 Produção de Papel .....	37
2.3.3 Consumo de Energia Elétrica .....	43
Capítulo 3	
A Reciclagem do Alumínio e do Papel	
3.1 Introdução .....	47

3.2 A Reciclagem do Alumínio .....	48
3.2.1 O Alumínio e o Meio Ambiente .....	56
3.2.2 O Ciclo de Vida do Produto .....	66
3.2.3 O Mercado de Sucata de Alumínio .....	69
3.3 A Reciclagem do Papel .....	75
3.3.1 O Papel e o Meio Ambiente .....	83
3.3.2 O Ciclo de Vida do Produto .....	86

#### Capítulo 4

#### Composição, Tratamento e Destino do Lixo Domiciliar em diversos Municípios do estado de São Paulo

4.1 Introdução .....	88
4.2 Segregação e Reciclagem .....	92
4.3 Compostagem .....	103
4.4 Incineração .....	106
4.5 Lixões e Aterros Controlados/Sanitários .....	109
4.6 Classificação do Resíduo Sólido Urbano .....	111
4.7 Composição do Resíduo Urbano .....	113
4.8 Destinação Final do Lixo Urbano .....	117
4.8.1 O Lixo Domiciliar na cidade de São Paulo .....	119
4.8.1.1 Coleta do Lixo .....	122
4.8.1.2 Incineração .....	123
4.8.1.3 Compostagem .....	125
4.8.1.4 Coleta Seletiva .....	127
4.8.1.5 Aterro Sanitário .....	128
4.8.1.6 Plano Diretor proposto para o Destino do Lixo de São Paulo ..	130
4.8.1.7 Incineração com Geração de Eletricidade .....	131
4.8.1.8 Dados Finais sobre Custo e Volume de Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de São Paulo .....	131
4.8.2 O Lixo Domiciliar na Cidade de Santos .....	132
4.8.3 O Lixo Domiciliar na Cidade de São José dos Campos .....	136

	Página
4.8.4 O Lixo Domiciliar na Cidade de Campinas .....	139
4.8.5 O Lixo Domiciliar nas Cidades de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto .....	140
 Capítulo 5	
Considerações Finais .....	142
5.1 A Indústria do Alumínio e do Papel .....	144
5.2 A Situação Atual do Lixo Domiciliar no estado de São Paulo .....	146
5.3 A Reciclagem de Materiais .....	155
5.4 A Incineração com Geração de Energia Elétrica .....	167
 Capítulo 6	
Conclusões .....	176
 Referências Bibliográficas .....	 185

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Energia utilizada com materiais eletrointensivos .....	17
2.2 Fluxograma do Processo Bayer .....	22
2.3 Refinação da Alumina .....	23
2.4 Célula Eletrolítica .....	24
2.5 O que é necessário para produzir 1 kg de Alumínio .....	26
2.6 Esquema Global de Produção de uma unidade integrada de celulose e papel ..	37
2.7 Etapas de fabricação de papel .....	38
2.8 Processo de fabricação de papel .....	39
3.1 Área de mineração de bauxita, já reabilitada .....	59
3.2 Lago selado de resíduos de bauxita .....	60
3.3 Dique da Alumar, em São Luís (MA) .....	61
3.4 Cuba de redução da alumina .....	62

3.5	Reator 398/A-398 da Alcoa .....	63
3.6	Etapas do Ciclo de Vida do produto .....	68
3.7	Fluxo de sucata de alumínio .....	71
3.8	Produção do Alumínio secundário .....	72
3.9	Ciclo de uso e reciclagem das latas de Alumínio .....	73
4.1	Fluxo de materiais numa usina de triagem e compostagem .....	106
4.2	Atividades da Limpeza Urbana .....	118
4.3	Incinerador de resíduos da Ponte Pequena .....	124
4.4	Lixo armazenado ao lado do incinerador da Ponte Pequena .....	125
4.5	Composto Orgânico produzido na usina da Vila Leopoldina .....	126
4.6	Lixo disposto no Aterro Bandeirantes .....	129
4.7	Caminhão descarregando lixo no aterro Bandeirantes .....	129
4.8	Trator nivelando aterro para recebimento de cobertura .....	130
4.9	Lixão da Alemoa .....	134
4.10	Serviço de catação na unidade de triagem de Santos .....	134
4.11	Caminhão do programa de coleta seletiva de Santos .....	135

	Página
4.12 Catação executada por deficientes em Santos .....	135
4.13 Aterro Sanitário de São José dos Campos .....	137
4.14 Catação no centro de triagem de São José dos Campos .....	137
4.15 Al prensado no centro de triagem de São José dos Campos .....	138
4.16 Fardos de papel reciclado no centro de triagem .....	138
5.1 Destino do Resíduo Sólido Domiciliar na cidade de São Paulo .....	151
5.2 Destino do Lixo na cidade de São Paulo (ano 2001) .....	154
5.3 Participação e Desembolso no Sistema de Limpeza Urbana na cidade de SP	157
5.4 Quantidade de Alumínio e Papelão comercializados .....	161

**LISTA DE TABELAS**

	Página
1.1 Benefícios Energéticos - Ambientais com a Reciclagem .....	6
2.1 Consumo de Energia Elétrica por Classe .....	13
2.2 Taxas Médias de Crescimento Anual .....	13
2.3 Participação por Classe de Consumo .....	13
2.4 Consumo de Energia Elétrica dos Principais Setores Industriais .....	15
2.5 Consumo Industrial de Energia Elétrica - Setores Selecionados .....	15
2.6 Principais Países Produtores de Alumínio Primário .....	19
2.7 Consumo de Alumínio Primário no Brasil ( 1940 a 1960 ) .....	20
2.8 Capacidade de Produção Instalada de Alumínio Primário .....	25
2.9 Principais Produtores de Celulose .....	34
2.10 Maiores Produtores de Celulose e suas Participações na Produção Nacional .....	36
2.11 Produção e Consumo de Papel dos Principais Países Produtores .....	40

## Página

2.12	Maiores Fabricantes de Papel e suas Participações na Produção Nacional ..	42
2.13	Distribuição do Consumo Específico nas empresas do setor .....	43
2.14	Consumo Total de Energia por categorias do setor .....	45
2.15	Consumo de Energia Elétrica gerada pelas Empresas .....	46
3.1	Suprimento de Alumínio no Brasil .....	50
3.2	Consumo Aparente de Alumínio em países selecionados .....	51
3.3	Composição do consumo mundial de Alumínio em 1995 .....	53
3.4	Consumo de Alumínio por setor, em países selecionados (1995) .....	55
3.5	Produção, Disponibilidade e Taxa de Recuperação de Papel e Papelão, em países selecionados .....	78
3.6	Taxa de utilização de Fibras Secundárias, em países selecionados .....	79
3.7	Classificação de Aparas no Brasil .....	81
4.1	Composição Gravimétrica (%) do Lixo em São Paulo .....	89
4.2	Comida jogada fora - produção e perda de alimentos no Brasil .....	90
4.3	O que entra num saco de 100 kg de lixo .....	91
4.4	Índice de geração de resíduos sólidos domiciliares .....	94

4.5	Estimativa da quantidade de resíduos domiciliares gerados para cada cada grupo de municípios .....	95
4.6	Resíduos urbanos potencialmente perigosos .....	115
4.7	Efeitos causados ao homem por metais selecionados .....	116
4.8	Instalações de Coleta, Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no município de São Paulo .....	120
4.9	Movimentação de Resíduos .....	121
4.10	Média Diária dos Resíduos Sólidos Urbanos Coletados no Município de São Paulo .....	123
5.1	Volume e Destino do Lixo gerado no estado de São Paulo .....	148
5.2	Destinação dos Resíduos Sólidos Domiciliares no estado de São Paulo .....	149
5.3	Quantidade de Resíduos Sólidos Domiciliares na cidade de São Paulo .....	150
5.4	Índice de Reciclagem em alguns Países Selecionados .....	155
5.5	Opções de Tratamento de Resíduos Urbanos em Países Selecionados .....	168
5.6	Incineradores de Lixo, em Países Selecionados .....	169

**ABREVIATURAS**

- ABAL Associação Brasileira do Alumínio
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ALBRAS Albras Alumínio do Brasil S.A.
- ALCAN Alcan Alumínio do Brasil Ltda.
- ALCOA Aluminium Company of America
- ALUNORTE Alumínio do Norte do Brasil S.A.
- ALUVALE Vale do Rio Doce Alumínio S.A.
- ANAP Associação Nacional dos Aparistas de Papel
- ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANFPC Associação Nacional do Fabricantes de Papel e Celulose
- BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- BRACELPA Associação Brasileira de Celulose e Papel (Ex ANFPC)
- BSI British Standards Institute
- CADES Conselho Municipal do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável
- CBA Companhia Brasileira de Alumínio
- CEE Comunidade Econômica Européia
- CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem
- CENIBRA Celulose Nipo-Brasileira S.A.
- CESP Companhia Energética de São Paulo
- CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONSEMA Conselho do Meio Ambiente de São Paulo
- CVRD Companhia Vale do Rio Doce

- DNAEE Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
- ECF Elementar Chlorine Free
- EIA Estudo de Impacto Ambiental
- ELETROBRÁS Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
- ELETRONORTE Centrais Elétricas do Norte
- ELQUISA EletroQuímica Brasileira S.A.
- EPA Environmental Protection Agency
- EST Energia de Substituição Temporária
- ETST Energia Temporária para Substituição térmica
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations
- GCPS Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos
- IBAM Instituto Brasileiro de Administração Municipal
- IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- ISO International Standard Organization
- LIMPURB Departamento de Limpeza Urbana (Prefeitura de São Paulo)
- MRN Mineração Rio do Norte
- PAR Pastas de Alto Rendimento
- RGC Revestimentos Gastos das Cubas (Eletrolíticas)
- RIMA Relatório de Impacto Ambiental
- SBT Sistema Brasileiro de Televisão
- SVMA Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (Prefeitura de São Paulo)
- TCF Total Chlorine Free
- UHE Usina Hidroelétrica

## Resumo

MELDONIAN, Nelson Leon; *Alguns Aspectos do Lixo Urbano no Estado de São Paulo e Considerações sobre a Reciclagem do Alumínio e do Papel*: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. 196p. Tese (Doutorado)

Esta tese versa sobre a reciclagem energética do resíduo domiciliar urbano no estado de São Paulo. A pesquisa engloba uma análise da situação do lixo no estado; um estudo sobre a viabilidade da recuperação energética pela reciclagem do papel e do alumínio contido no resíduo descartado; e uma avaliação da capacidade de geração de energia elétrica, com base na incineração da parte do lixo sujeita a este processo. No trabalho são apresentados os resultados dos estudos e avaliações realizadas, abordando questões relativas à quantidade e a composição do lixo, principalmente quanto ao papel e ao alumínio; os programas de reciclagem de materiais existentes; a quantidade de material reciclável e o potencial energético recuperável. O cálculo deste potencial, leva em consideração a possibilidade de incineração (com geração de eletricidade) de parte do lixo. Como complemento são feitos comentários sobre as vantagens diretas e indiretas da reciclagem energética do lixo.

### *Palavras Chave*

-Reciclagem, Lixo, Meio Ambiente, Conservação de Energia, Aterro Sanitário

## Abstract

MELDONIAN, Nelson Leon; *Alguns Aspectos do Lixo Urbano no Estado de São Paulo e Considerações sobre a Reciclagem do Alumínio e do Papel*: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. 196p. Tese (Doutorado)

This thesis discusses the energy recycling of the urban waste in the state of São Paulo, Brazil. The research includes an analyses of the problem of urban waste in the state; a study of the viability of energy recovery by recycling paper and aluminum contained in the urban waste; and an evaluation of the electricity generation capacity related to waste incineration. The results of the studies and the evaluation detected are presented considering the waste amount and composition, mainly the paper and the aluminum; the existent programs for recycling; the amount of materials available for recycling; and the energy savings potential of the materials disposed in sanitary landfills. The calculations of this potential take into account the incineration possibility (with electricity generation) of part of the waste. Comments on the direct and indirect advantages of the energy recycling of the waste are made.

## Capítulo 1

### 1.1 Introdução

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo a taxas representativas, a despeito das oscilações conjunturais da economia nacional. Desta forma torna-se necessária a tomada de medidas que tenham por objetivo o aumento da capacidade de geração do País, concomitantemente com a adoção de medidas que visem a conservação de energia.

A queda das taxas de inflação e a relativa estabilidade do poder aquisitivo da população brasileira, promoveram nos últimos anos, aceleração acentuada nas vendas de bens de consumo. Como conseqüência, observa-se maior demanda de eletricidade, principalmente nos setores comercial e residencial. Em contrapartida não houve por parte do Estado, a aplicação de investimentos suficientes para fazer frente a este quadro. Como agravante, a manutenção de uma política tarifária, passível de contestação, levou as concessionárias a um elevado nível de endividamento.

De acordo com estudos do Departamento de Infra-Estrutura do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), este nível no final de 1996, era “excessivamente elevado”, destacando-se as geradoras Furnas (Furnas Centrais Elétricas S.A.) e a Chesf (Centrais Elétricas do São Francisco), bem como a distribuidora Eletropaulo (Eletricidade de São Paulo) com dívidas da ordem de 5 a 6 bilhões de Reais. [1]

A possibilidade do país enfrentar problemas com o suprimento de energia elétrica, com sérios prejuízos para a economia e o bem-estar social, em grande parte se deve a este “esgotamento do modelo de financiamento (estatal)” com vistas ao planejamento dos

programas de geração, transmissão e distribuição, de modo a atender a demanda de mercado. Os custos sociais são função da margem de risco de não atendimento do mercado em questão.

Na realidade, o risco de déficit (não atendimento), determinado pelos técnicos responsáveis pelo planejamento da expansão do parque gerador, considera não somente as questões financeiras (falta de financiamento, elevadas taxas de juros e política tarifária contestável), mas também, por meio de complexo tratamento probabilístico, as condições hidrológicas (afluências) futuras. Neste contexto, em meados de 96, muito se falava de risco crescente de déficit de energia, em função da possibilidade das chuvas ficarem abaixo da média histórica. Naquela oportunidade se assumiam taxas de risco da ordem de 7 a 8 %, quando o planejamento do setor elétrico considera aceitável, um risco de 5 %.

As chuvas de dezembro (96) e janeiro (97) ajudaram a melhorar o nível médio de enchimento dos reservatórios das hidrelétricas do Sistema Sudeste (67 %), reduzindo a taxa de risco de déficit, para níveis inferiores a 5 %. [2]

Em adição a esta fonte de incerteza (afluências futuras), há de se considerar as restrições ambientais na avaliação da viabilidade de um empreendimento. Se por um lado as chuvas de verão foram “energicamente alentadoras”, as exigências da legislação ambiental fizeram com que o programa de licitações de concessões de novos aproveitamentos hidrelétricos e termelétricos, do governo federal, não atingissem as metas traçadas para 1996. [3] Houve atraso no cronograma estabelecido, tendo em vista a obrigatoriedade de ser atendida a legislação ambiental.

No Brasil, embora a existência de instrumentos legais de proteção do meio ambiente possa ser verificada desde o começo desse século, apenas a partir da década de 80 é que eles começaram a ser tratados de forma integrada e abrangente, resultando no estabelecimento de uma Política Nacional de Meio Ambiente, dada pela Lei Federal nº 6.938 de 31/08/81, com a criação do Sisnama (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente). O primeiro tem como finalidade coordenar a ação dos órgãos governamentais em todos os níveis e de fundações estabelecidas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental do país. O segundo responde

pela elaboração e proposição de políticas governamentais sobre o meio ambiente e recursos naturais, bem como, delibera sobre normas e padrões ambientais.

A partir da regulamentação da Política Nacional de Meio Ambiente (Decreto nº 88.351 de 01/06/83, posteriormente substituído pelo Decreto nº 99.274 de 06/06/90), como resultado da atuação do Conama, foram criadas diversas Resoluções relacionadas direta e indiretamente com o setor elétrico, dentre elas a Resolução nº 001/86, que ao estabelecer a obrigatoriedade da elaboração do EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental), para efeito de licenciamento das atividades modificadoras do meio ambiente, inclui: (a) linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230 kV; obras hidráulicas para a exploração de recursos hídricos, tais como: barragens para quaisquer fins hidrelétricos, acima de 10 MW e (c) usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW.

Na Constituição de 1988, a questão ambiental está consolidada por meio de um tratamento abrangente e avançado, que ao definir o meio ambiente como um bem público a ser preservado para as gerações presentes e futuras, a torna compatível com o princípio corrente de desenvolvimento sustentável.

No caso particular do setor elétrico, a história mostra que o tratamento da questão ambiental fez parte das preocupações do setor, dada principalmente à necessidade do cumprimento de leis específicas e isoladas (Códigos de Águas, Florestal, Pesca, Minas, Saúde, Estatutos da Terra e do Índio; Proteção da Fauna e dos Patrimônios Histórico e Arqueológico e outros), referentes basicamente à geração hidrelétrica. Além disso, desde a década de 70, por força do atendimento dos requisitos do Banco Mundial e posteriormente do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), o setor tem incluído procedimentos de custos ambientais em seus projetos hidrelétricos.

Embora a ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) tenha acumulado experiência no equacionamento e solução de problemas ambientais, resultando inclusive na elaboração do “Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos” (junho de 1986), esta questão foi tratada de forma secundária nos projetos de investimento do setor,

que até então baseava suas decisões em critérios tecnológicos e econômicos, onde a questão ambiental recebia sempre a “melhor solução possível”. [4]

A partir de 1987, com a publicação do “Plano Diretor para Proteção e Melhoria do Meio Ambiente nas Obras e Serviços do Setor Elétrico”, passou-se a incorporar a variável sócio-ambiental no planejamento das atividades do setor e, como consequência, considerá-la como um dos parâmetros importantes de tomada de decisão. No sentido de aperfeiçoar a forma de abordagem das questões sócio-ambientais, uma segunda versão do Plano Diretor de Meio Ambiente foi elaborada em 1991, incorporando avanços obtidos e resultados de discussões do Comitê Consultivo de Meio Ambiente da Eletrobrás, com órgãos do governo afeitos às questões ambientais, e com o Banco Mundial. Seu objetivo principal é o de definir princípios básicos e diretrizes de planejamento, implantação e operação dos empreendimentos do setor elétrico, em conformidade com a Política Nacional de Meio Ambiente, estabelecida na legislação ambiental.

As iniciativas do setor elétrico quanto ao tratamento adequado das questões ambientais tem funcionado como referência ao estabelecimento de normas e procedimentos correlatos, como é o caso da Resolução nº 006/87, elaborada em conjunto com o setor e que trata dos requisitos para o processo de licenciamento ambiental dos empreendimentos de geração de energia elétrica.

Quanto à influência da privatização do setor elétrico sobre a forma de atuação no tratamento das questões sócio-ambientais, não são esperadas mudanças importantes, apesar das incertezas. Porém dois aspectos podem ser evidenciados: (1) os órgãos licenciadores tenderão a atuar de forma mais independente à medida que as concessões forem passadas para a iniciativa privada e (2) o nível de participação pública no processo de licenciamento dos empreendimentos, conforme prevista na própria legislação ambiental deverá crescer, implicando na necessidade de promover mecanismos mais democráticos de relacionamento com as entidades representativas das diversas correntes de opinião.

A privatização do setor e mais o estabelecimento de novas regras e órgãos fiscalizadores/regulamentadores pode reduzir as dificuldades existentes, porém deve ser promovida simultaneamente com a adoção de medidas que contribuam para a conservação de

energia, por razões econômicas e ambientais. Abaixo demonstra-se, de modo sucinto, que a reciclagem energética de materiais eletrointensivos pode contribuir positivamente neste sentido.

## 1.2 A RECICLAGEM ENERGÉTICA DE MATERIAIS ELETROINTENSIVOS

A incapacidade do setor elétrico estatal, em investir no planejamento dos programas de geração, transmissão e distribuição, aliada à paulatina participação nos investimentos setoriais, coloca em risco o atendimento do mercado futuro de energia elétrica.

Enquanto há inúmeras questões não resolvidas, no que diz respeito às condições de atendimento da demanda de eletricidade, o consumo desta energia, cresce a olhos vistos. Em 1996, o consumo de eletricidade cresceu 4,6 % (elasticidade de 1,56 em relação ao PIB), com destaque à participação dos setores residencial (8,6 %) e comercial (7,7 %), ao passo que o industrial não passou de 1,6 %. [5]

Apesar do “baixo” desempenho da indústria, é este setor o que apresenta, ao longo dos anos, a maior participação (45,1 %, em 1996) no consumo total de energia elétrica, no país. Neste consumo setorial de eletricidade, destaca-se a participação das energointensivas (alumínio, aço, papel/celulose etc.), responsáveis conjuntamente por cerca de 53,8 % (1996) do total. A participação crescente destas indústrias se deve ao incentivo governamental, ainda hoje crescente, às exportações de alumínio, papel/celulose, aço e ferro-ligas, intensivas em energia. Assim, vemos no aumento do consumo de eletricidade, a preocupação em suprir o mercado e a “exportação” de parte representativa desta energia, em função do “conteúdo energético” destes produtos. A parcela dos produtos usados no mercado interno, em parte é recuperada e o restante vai para o lixo, assim como a energia a eles agregada !

A reciclagem energética pode ser obtida com a recuperação do material eletrointensivo descartado ou ainda com a incineração da parcela que pode ser submetida a

este processo. A recuperação de materiais é um procedimento conhecido no país, enquanto que a incineração com geração de vapor e de eletricidade, ainda não é utilizada no Brasil, embora seja procedimento bastante utilizado em diversos países, como o Japão, a Suíça, a Dinamarca.

A Tabela 1.1 apresenta as vantagens energético-ambientais da reciclagem de materiais. Os ganhos provenientes da adoção de tal procedimento podem ser assim descritos: a) redução da quantidade de energia usada (o produto reciclado passa por menos etapas de fabricação e/ou menos eletrointensivas); b) redução da poluição do solo, da água e do ar; c) preservação dos recursos naturais; d) redução do volume de resíduos sólidos nos aterros sanitários/lixões nas cidades; e) socialmente promove a geração de empregos (catadores de lixo; trabalhadores nas fábricas de reciclagem); f) contribui para a redução no entupimento de bueiros, nas vias públicas (alagamento de ruas e assoreamento de córregos e rios). [6; 7; 8;]

TABELA 1.1

**BENEFÍCIOS ENERGÉTICO-AMBIENTAIS COM A RECICLAGEM**

BENEFÍCIO C/ REDUÇÃO (%)	ALUMÍNIO	AÇO	PAPEL	VIDRO
USO DE ENERGIA	90 - 97	47 - 74	23 - 74	4 - 32
POLUIÇÃO DO AR	95	85	74	20
POLUIÇÃO DA ÁGUA	97	76	35	-
RESTOS NA MINERAÇÃO	-	97	-	80
USOS DA ÁGUA	-	40	58	50

Fonte : Manual Global da Ecologia [8]

O nível de reciclagem, como um todo, no Brasil é baixo, só passando a ter expressão quando se trata das latas de alumínio e em parte, do papel e do vidro. Esta constatação deixa claro o interesse das indústrias destes setores em levar adiante a reciclagem de uma parcela dos produtos, pois estes lhes proporcionam economia considerável no consumo de energia elétrica, parâmetro fundamental na produção do alumínio primário. Quanto ao papel, a sua reciclagem é basicamente destinada à produção de papelão, que não requer aparas de primeira qualidade.

Segundo Christopher Wells, diretor executivo do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), há uma grande procura por novos empreendimentos de reciclagem do papel e plástico. [9]

O alumínio também está atraindo novos empreendimentos em face do acelerado aumento no uso de embalagens (principalmente recipientes de bebidas) deste material. Três grandes fabricantes internacionais de latas de alumínio estão vindo se juntar à Latasa, pioneira no Brasil (1989), são elas: a American National Can (do grupo francês Pechiney, maior produtor de latas e o terceiro de alumínio do mundo); e os grupos norte-americanos Crown Cork e a Latapack-Ball, associados a capitais nacionais.

Para suprir estes fabricantes, a Alcan produz em Pindamonhangaba (SP), chapas de alumínio especialmente laminadas para este fim, e se vale também de lingotes provenientes da reciclagem daquele metal. Neste vácuo estão surgindo as recicladoras que vão abastecer a Alcan (único fabricante de chapas para latas), como é o caso da Recipar que está se instalando, não por acaso, em Pindamonhangaba, como o próprio setor de reciclagem da Latasa. Até as montadoras de carros já manifestaram interesse na reciclagem de materiais (ferrosos, plásticos, não ferrosos etc.) e nesse sentido estão instituindo um Plano Nacional de reciclagem de Veículos Automotores e Componentes. [10; 11; 12;]

Se há procura crescente das empresas quanto às atividades de reciclagem de latas de alumínio e de parte do papel produzido, isto obviamente significa dizer que há ganho

econômico para as mesmas, em decorrência da redução do gasto com eletricidade. De qualquer forma há um grande espaço a ser explorado, e que hoje só não tem maiores dimensões, pela inexistência de uma política nacional de reciclagem, que englobe a legislação e metas para a reciclagem; política de preços; isenção e/ou redução tributária, etc.

De acordo com técnicos do setor, reciclar é um conceito amplo, que extrapola a ação de recuperar parcelas ou conteúdos energéticos. Desta forma, não se entende as razões pelas quais a coleta seletiva de lixo na cidade de São Paulo foi praticamente abandonada, poucos anos após a sua implantação. Há indícios que, em decorrência do caos que se instalou na cidade, no que tange a limpeza urbana, a prefeitura, nesta gestão, tenha interesse em estudar a criação de incentivos (descontos) no IPTU para empresas que adotarem a coleta seletiva do lixo ! [13]

Várias cidades de porte incentivam programas de reciclagem, como por exemplo: Curitiba, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Belo Horizonte. Nesta cidade, a prefeitura firmou convênio com a Associação de Catadores de Papéis e Papelão de BH e a Mitra Arquidiocesana. No acordo, a prefeitura alugou três galpões e os cedeu à associação para que seja promovida a separação de materiais recicláveis, no meio de 2 mil toneladas de lixo. Todos tiram proveito; os catadores, que ficam com os ganhos e assim tem emprego e salário; a prefeitura, com a redução do volume de lixo no aterro; os recicladores de materiais e as concessionárias de energia elétrica. [14]

Se os órgãos governamentais, de outros locais, não estão ajudando a promover esta atividade, o desemprego (alto nos dias de hoje), o está. Segundo a Latasa, do Rio de Janeiro, milhares de pessoas encontram no mercado de sucata de latas, uma forma de subsistência. [15] . Não há razão de cunho sócio-ambiental, ou mesmo econômica, que justifique a omissão de muitos governantes, quanto à implantação de amplos programas de reciclagem.

Atualmente menos que 1 % do lixo gerado e coletado no município de São Paulo (16.559 toneladas/dia ) é resultante de uma coleta seletiva e de reciclagem [16]. Este quadro

é muito diferente do apresentado na cidade de Nova York (a que mais produz lixo no mundo), onde 50 % do lixo residencial bruto coletado pela prefeitura vai para a reciclagem. Mesmo assim o aterro do distrito de Staten Island está com os dias contados, levando a prefeitura, daquela cidade, a cogitar a “exportação” (a custos altos) do seu lixo. Aquela cidade certamente não tem a quantidade de lixões (clandestinos/ilegais) que as cidades brasileiras possuem, para a desgraça do meio ambiente e da saúde pública. [17]

Os aterros sanitários da Prefeitura de São Paulo (3) também estão próximos de terem suas capacidades esgotadas e neste sentido divulgam que a solução para este problema está na instalação de dois incineradores, hoje licitados e com licença de instalação concedida. Cada incinerador poderia receber 5.000 toneladas brutas de lixo domiciliar por dia. Há muita discussão quanto à validade desta forma de redução de volume do lixo domiciliar. Questões são levantadas quanto à liberação de dioxinas e furanos (contaminam o ar, água e são cancerígenos) em função da queima do lixo. Defensores da instalação dos incineradores, refutam estas afirmações, alegando a existência de filtros de excelente performance, que supostamente viabilizam o atendimento de todos os requisitos de liberação ao meio ambiente. Muitos incineradores foram fechados, nos últimos anos, nos EUA, Espanha, Polônia, Reino Unido e Austrália, talvez por obsolescência, ou quem sabe outra forma de contestação, mas este procedimento ainda é bastante utilizado no tratamento dos resíduos domiciliares urbanos. [18; 19]

A situação das cidades do litoral e do interior do estado de São Paulo é tão ruim ou pior do que a da capital. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) verificou num levantamento, a ausência de destinação final do lixo domiciliar nos municípios litorâneos. Desta forma, segundo a CETESB, a situação é razoável em Bertioga e Ilha Bela; ruim em Caraguatatuba e São Sebastião e péssima em Ubatuba. Peruíbe não tem aterro sanitário; Santos e São Vicente (juntas produzem 385 toneladas de lixo por dia) só contam com lixões. [20]

Como pode-se observar, este caos nas áreas ambiental e de saúde pública mais do que justifica a adoção de programas globais de reciclagem do lixo domiciliar no país. Os ganhos

energéticos (conservação de energia) e sócio-ambientais (geração de empregos; preservação de recursos naturais; minimização do volume de lixo) são evidentes, não só para as indústrias, mas principalmente para a sociedade como um todo.

### **1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO**

O intuito deste trabalho é o de avaliar a possibilidade de reciclagem energética do resíduo domiciliar urbano no estado de São Paulo. Para esta avaliação são consideradas as seguintes questões:

- análise da situação do lixo domiciliar no estado de São Paulo, mediante a obtenção de dados em diversos municípios;
- a viabilidade da recuperação energética pela reciclagem do papel e do alumínio contido, e
- a capacidade de geração de energia elétrica, com base na incineração da parte do lixo sujeita a este processo.

### **1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O capítulo um descreve os problemas (institucional, financeiro e ambiental) que o país enfrenta no suprimento de eletricidade ao mercado consumidor. Também apresenta dados sobre os benefícios da reciclagem de materiais eletrointensivos, base do objetivo do trabalho.

O capítulo dois trata da produção de materiais eletrointensivos (alumínio ; papel) no Brasil, de forma comparativa com outros países produtores/consumidores. Neste contexto são abordadas as questões pertinentes à capacidade de produção e ao consumo de eletricidade associada a esta atividade.

O capítulo três versa sobre a reciclagem do alumínio e do papel, abordando tópicos tais como a composição do consumo; a disponibilidade dos mesmos, para efeito de reaproveitamento; as questões ambientais correlatas; e o ciclo de vida do produto.

O capítulo quatro versa sobre a composição, tratamento e disposição do lixo domiciliar em algumas cidades do estado de São Paulo, com ênfase para a capital, pela sua capacidade de geração de lixo. Os dados obtidos são fruto das visitas a diversos municípios, tendo como objetivo a análise da situação do lixo domiciliar no estado.

No capítulo cinco são feitas a análise e as considerações finais com base nas informações levantadas, destacando-se os seguintes pontos: situação do lixo no estado de São Paulo; o significado ambiental e energético do alumínio e do papel no lixo; o potencial de reciclagem dos produtos em questão; a energia perdida no lixo; e as questões pertinentes à incineração do lixo, com geração de eletricidade.

No capítulo seis são apresentadas as conclusões do trabalho, com destaque para a situação do lixo no estado; o potencial de reciclagem do alumínio e do papel; a capacidade de geração de eletricidade, em função da incineração de parte do resíduo domiciliar. Por fim são sugeridas medidas mitigadoras, em face dos problemas de gerência do lixo, nas diversas cidades.

## Capítulo 2

### Produção de Materiais Eletrointensivos

*Neste capítulo são abordadas a importância do alumínio e do papel no setor industrial, bem como os aspectos relativos à produção e ao consumo de eletricidade associada a esta atividade. Estes dados têm por finalidade facilitar a visualização da magnitude dos setores considerados, no que tange à energia consumida na produção, e em parte perdida no lixo.*

#### 2.1 - Introdução

A insuficiência de recursos financeiros no Setor Elétrico nacional para o planejamento dos programas de geração, transmissão e distribuição, leva os pesquisadores a fazerem uma avaliação mais atenta quanto à atuação dos diversos componentes do mercado de energia elétrica no país. Esta forma de abordagem tem por objetivo determinar quais são os setores que mais contribuem para o consumo total de energia elétrica.

A Tabela 2.1 apresenta os valores referentes ao período 1970 a 1996, das classes de consumo residencial, industrial, rural e governo. A Tabela 2.2 mostra a evolução das taxas médias de crescimento anual, enquanto que a Tabela 2.3 apresenta a participação das referidas classes no consumo global de energia elétrica. Nestes dados, observa-se que no período 1970-1980 o setor industrial teve taxa média de crescimento elevada, só ficando abaixo daquela referente ao setor rural. Este quadro muda na década de 80 quando o setor industrial passa a apresentar taxa de crescimento inferior àquelas das demais classes de consumo.

Ainda na Tabela 2.3, quanto ao consumo de energia elétrica, nota-se que a classe industrial já foi responsável por 54 % (1980) do total do país, decrescendo para 45,1 % em 1996.

TABELA 2.1

## CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR CLASSE ( TWh )

ANO	RESID.	COMER.	INDUST.	RURAL	GOV.	TOTAL
1970	8,4	5,2	16,2	0,3	6,0	36,1
1980	23,2	13,7	61,7	1,9	13,7	114,2
1990	48,1	23,8	99,9	6,5	22,5	200,8
1996	69,0	34,8	116,5	9,3	28,8	258,4

Fonte: ELETROBRÁS. [21]

TABELA 2.2

## TAXAS MÉDIAS DE CRESCIMENTO ANUAL (% a.a.)

PERÍODO	RESID.	COM.	INDUS.	RURAL	GOV.	TOTAL
1970-1980	10,7	10,2	14,3	20,3	8,6	12,2
1980-1990	7,6	5,7	4,9	13,1	5,1	5,8
1990-1996	6,2	6,5	2,6	6,2	4,2	4,3

Fonte: ELETROBRÁS. [21]

TABELA 2.3

## PARTICIPAÇÃO POR CLASSE DE CONSUMO (%)

ANO	RESID.	COMER.	INDUS.	RURAL	GOVER.	TOTAL
1970	23,3	14,4	44,9	0,8	16,6	100,0
1980	20,3	12,0	54,0	1,7	12,0	100,0
1990	23,9	11,9	49,8	3,2	11,2	100,0
1996	26,7	13,5	45,1	3,6	11,1	100,0

Fonte: ELETROBRÁS. [21]

Segundo previsões da ELETROBRÁS, este setor não tende a ter queda significativa na sua participação, ao longo dos próximos dez anos, devendo responder por 41,8 % do consumo de energia elétrica, no ano 2006. [21]

A estabilidade na participação do setor industrial se deve basicamente a três fatores: prosseguimento do processo de intensificação do uso de energia elétrica pela indústria; desenvolvimento das indústrias eletrointensivas e substituição de derivados de petróleo por energia elétrica. [22]

Na previsão do consumo de energia elétrica para o período 1997-2006, se espera uma diminuição significativa na quantidade de novos projetos industriais eletrointensivos. Desta forma, o consumo associado às indústrias de alumínio e papel/celulose estará associado às expansões do parque existente, com conseqüente aumento da capacidade instalada.

Com as mudanças institucionais que estão em curso, as indústrias terão mais espaço para a autogeração, atendendo desta forma, suas necessidades energéticas decorrentes das ampliações previstas.

Esta alternativa concedida às indústrias eletrointensivas, alivia a carga das concessionárias de energia elétrica no atendimento ao setor industrial, mas não minimiza a validade de se buscar a conservação de energia.

A Tabela 2.4 apresenta as principais indústrias consumidoras de energia elétrica, representando 48,8 % do consumo industrial brasileiro (1996). Destas indústrias destacam-se a do alumínio e a do papel/celulose/pastas, que juntas são responsáveis por 46,3 % do total dos grandes consumidores industriais.

Quanto a estas indústrias há de se considerar que nas últimas décadas passaram por forte processo de aumento de capacidade instalada, e por esta razão consumiram mais eletricidade. Como salientado acima, não se espera que a expansão das mesmas se efetue no mesmo ritmo.

TABELA 2.4  
 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (1996)\*  
 PRINCIPAIS SETORES INDUSTRIAIS

SETORES	TWh
ALUMÍNIO	17,6
AÇO	12,2
FERRO-LIGAS	7,2
SODA-CLORO	4,1
CIMENTO	3,8
PAPEL	3,5
CELULOSE	3,1
PETROQUÍMICA	1,7
PASTAS	0,7

\* Não considerada a autoprodução  
 Fonte: ELETROBRÁS. [21]

A Tabela 2.5 mostra o quanto de energia elétrica é gasta na produção de materiais eletrointensivos que permanecem no país e que são exportados. Assim visualizamos a quantidade de energia elétrica exportada com os produtos daqueles setores industriais.

TABELA 2.5  
 CONSUMO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA (GWh)  
 SETORES SELECIONADOS

SETORES	MERCADO INTERNO		MERCADO EXTERNO	
	1980	1990	1980	1990
ALUMÍNIO	4228	5532	-	9539
FERRO-LIGAS	1907	1514	898	4692
PAPEL, CELULOSE	5364	6970	953	1812
AÇO	9243	7124	1283	5084
SODA-CLORO	2542	3554	-	-
CIMENTO	2960	2799	22	-
PETROQUÍMICA	1215	1982	67	716
<b>TOTAL</b>	<b>27459</b>	<b>29475</b>	<b>3223</b>	<b>21843</b>

Fonte: ELETROBRÁS. [22]

No ano de 1990, as indústrias do alumínio e do papel/celulose consumiram 11,35 TWh de energia para a produção de materiais destinados à exportação. Já em 1996, a indústria do alumínio exportou sozinha 12,3 TWh com as 806.000 t de produtos embarcados para o exterior. [21 ; 23]

A geração de energia elétrica é capital intensiva e no Brasil cabe ao setor elétrico, basicamente governamental mas em processo de privatização, a responsabilidade pelos investimentos (públicos) no setor energético.

Até que seja efetivamente passada à indústria eletrointensiva, a responsabilidade pela geração de energia elétrica a ela destinada, fica claro que a escassez de capital para investimentos, o aumento dos custos financeiros, bem como o sobre-custo ambiental, hoje computado, devido a atuação dos agentes financiadores internacionais, mais do que justifica a validade de se buscar menor intensidade energética na produção de materiais.

A Figura 2.1 fornece a quantidade de energia utilizada na produção do alumínio, aço, papel e vidro (primário e reciclado). As porcentagens apresentadas referem-se à energia conservada (economizada) com a utilização do material reciclado. O alumínio, como pode ser observado, é o que apresenta maior saldo no balanço energético, em comparação com as outras matérias-primas. Esta constatação não desabona os esforços desenvolvidos para a reciclagem do aço e do papel, ainda mais quando se nota a participação dos mesmos no consumo de energia elétrica, no setor industrial.

Este trabalho se restringe às indústrias de alumínio e celulose/papel, não só pelo significado quanto a energia agregada, mas principalmente pelo fato de serem largamente utilizadas como matérias-primas de embalagens. Esta característica é bastante positiva, visto que facilita o planejamento da reciclagem dos mesmos por serem cada vez mais usados pela indústria e estarem presentes em abundância no lixo urbano, dispostos nos aterros sanitários.

A reciclagem do alumínio e do papel, neste trabalho, é considerada como sendo uma efetiva medida de conservação de energia, que pela redução da intensidade energética, quando do reaproveitamento do material, apresenta além de vantagens econômicas, saldo ambiental positivo, com a não utilização de recursos naturais. No caso específico do papel há

ainda a possibilidade de ganho energético quando da incineração da parcela não reaproveitada.

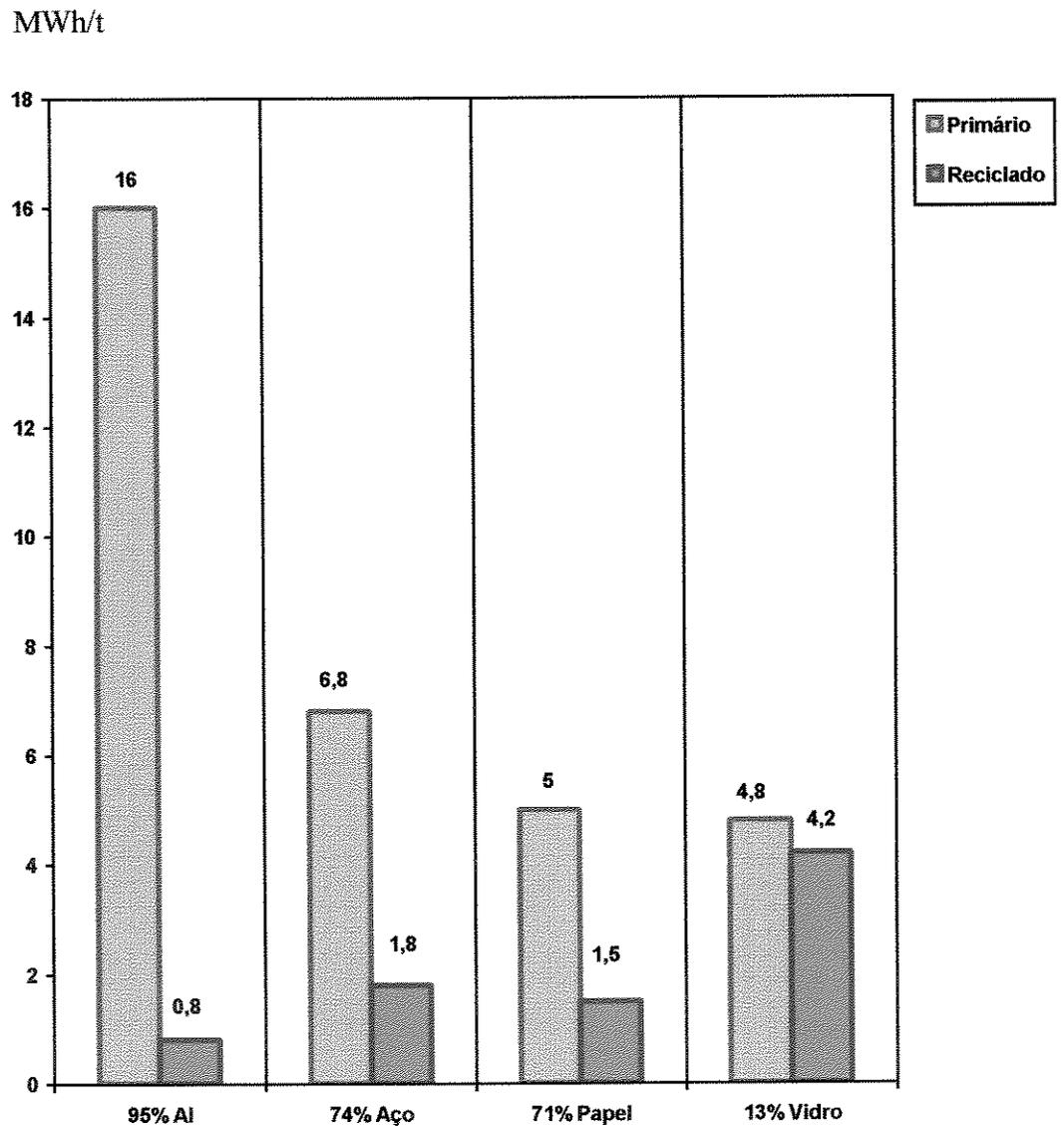


FIGURA 2.1

### ENERGIA UTILIZADA COM MATERIAIS ELETROINTENSIVOS

Fonte : ABAL [24]

A seguir são fornecidos dados dos processos de produção do alumínio e do papel, no Brasil.

## 2.2 - PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO

### Introdução

O setor de alumínio, a nível internacional, conta com a participação de 3 grupos distintos, a saber:

- os grupos integrados que participam de todas as atividades da cadeia produtiva, ou seja, se fazem presentes desde a exploração da bauxita até a obtenção de produtos semi-manufaturados. Neste contexto podem ser citadas treze empresas responsáveis por 70 % da capacidade de redução de Alumínio primário - Alcan, Alcoa, Alumax, Alumix, Alusuisse, Áustria Metall, Comalco, Hydro Aluminium, Inespal, Kaiser, Pichiney, Reynolds e VAW. [25]
- o grupo de produtores não integrados que são dependentes da aquisição de insumos de terceiros.
- o grupo de produtores primários que comercializam produtos menos elaborados (primários), sendo assim fornecedores do mercado de transformação do metal.

### 2.2.1 - PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ALUMÍNIO

O alumínio na forma de minério (bauxita) é um dos elementos mais abundantes na face da terra. As reservas mundiais de bauxita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ) conhecidas e economicamente viáveis totalizam 21 bilhões de toneladas. No Brasil (1985) as reservas de Bauxita eram de 4,4 bilhões de toneladas, a terceira maior reserva mundial. [26]

A Tabela 2.6 apresenta os principais produtores de Alumínio primário no mundo, com destaque para os Estados Unidos, como maior produtor e consumidor de Al. Há de se notar, também, que o Canadá, Austrália, Rússia, Noruega e China, embora sejam grandes produtores, não têm papel tão representativo como consumidores. Neste sentido o Canadá e a Austrália fazem parte de um grupo intermediário de países consumidores.

TABELA 2.6

## PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DE ALUMÍNIO PRIMÁRIO

( 1000 t )

PAÍS	1989	1991	1993	1995
ESTADOS UNIDOS	4.030	4.121	3.695	3.375
RÚSSIA	2.400	2.400	2.820	2.722
CANADA	1.555	1.822	2.310	2.172
CHINA	750	963	1.220	1.600
AUSTRÁLIA	1.244	1.230	1.380	1.297
BRASIL	888	1.140	1.172	1188
NORUEGA	863	833	887	847
VENEZUELA	540	601	568	630
TOTAL MUNDIAL	19.009	19.655	19.766	19.441

Fonte : ABAL. [23]

Para se obter o alumínio primário, duas etapas industriais devem ser cumpridas: a) a obtenção da alumina (óxido de alumínio) e b) a redução de  $Al_2O_3$  a alumínio metálico, fase esta que demanda muita energia elétrica. Estes processos são melhor detalhados adiante.

Conforme relata Machado, a indústria do alumínio no Brasil teve início na década de 40, na cidade histórica de Ouro Preto. A primeira fábrica brasileira foi projetada para capacidade de 2500 tpa, bem superior ao consumo nacional da época, que não chegava a 1500 tpa. [27]

Na realidade, duas foram as iniciativas concorrentes para implantar a produção de alumínio no Brasil: a da ELQUISA (Ouro Preto 1945) e a da CBA - Companhia Brasileira de Alumínio (Mairinque, SP), cujo projeto de 3600 tpa teve efetivamente início em 1960, ambas baseadas em reservas próprias de bauxita.

A Tabela 2.7 mostra o consumo de alumínio no Brasil, de 1940 a 1960, destacando a produção inicial da ELQUISA, CBA, bem como o que era então importado.

TABELA 2.7  
CONSUMO DE ALUMÍNIO NO BRASIL (1940 A 1960)

	IMPORTADO	ELQUISA	CBA	TOTAL
1940	157	-	-	157
1945	3.800	800	-	4600
1950	11.200	-	-	11.200
1955	10.500	1.700	-	11.900
1960	20.600	7.400	9.200	37.200

Fonte: "Apontamentos da História do Al primário no Brasil", Machado, R.M. [27]

Hoje, a indústria do alumínio no Brasil é formada por seis empresas produtoras de metal primário, trinta empresas produtoras de metal secundário (reciclado), ao redor de trezentas empresas transformadoras de alumínio e cerca de trinta e cinco mil pequenas e micro empresas aplicadoras, transformadoras e revendedoras de produtos de alumínio. [26]

O país, sexto produtor mundial de Al primário (1996) e quarto maior exportador de lingotes de Al, oferece diversas condições favoráveis para consolidar-se como importante polo para a indústria de alumínio: grandes reservas de bauxita, de alto teor; grandes reservas de energia hidroelétrica; tradição política relativamente estável e existência de infra-estrutura. [23 ; 28]

### 2.2.2 - MINERAÇÃO

A produção brasileira de bauxita base seca em 1996 atingiu um volume de 10.997,5 mil toneladas, sendo a Mineração Rio do Norte S.A. - MRN responsável por 79,46 % (8.738,7 t); a ALCOA 5,98 % (658,1 t); a CBA 8,63 % (950 t), a ALCAN 3,57 % (393 t) e outros 2,34 % (257,7 t).

Destaca-se neste ponto que a MRN, cuja composição acionária foi modificada no final de 1991, cabendo a Vale do Rio Doce Alumínio S.A.- ALUVALE (40,0 %), ALCAN (12,0

); ALCOA (13,2 %), BILLITON METAIS (14,8 %), REYNOLDS ALUMÍNIO DO BRASIL (5,0 %) e NORSK HYDRO COMÉRCIO E INDÚSTRIA (5,0 %); é de longe a maior produtora de bauxita no país, com 8,7 milhões de toneladas em 1996. [23]

O índice de consumo específico, usado para estimar o consumo de energia elétrica, na produção de minério beneficiado, é de 100 kWh por tonelada, o que perfaz, para o ano de 1992, 936 GWh/ano.

Salienta-se aqui que parte deste minério (~ 50 %) é exportado, contendo valor representativo de energia elétrica agregada. [29]

### **2.2.3 - REFINAÇÃO DE ALUMINA**

A alumina ( $Al_2O_3$ ) pura pode ser obtida por meio de vários processos, mas o mais utilizado é o Bayer que se baseia na solubilidade variável do hidrato de alumínio em solução de soda cáustica em função da temperatura e da concentração da solução. [30; 31]

As fábricas de alumina têm 5 seções principais entre a entrada da bauxita e a saída da alumina calcinada: moagem; digestão; diluição e separação; precipitação e calcinação. Mais detalhes do processo Bayer podem ser vistos na Figura 2.2 .

A produção brasileira, em 1996, foi de 2.759.000 t, sendo a ALCAN responsável por 233.400 t (8,46 %); a ALCOA por 863.100 t (31,32 %); a BILLITON METAIS por 397.100 t (14,4 %); a CBA por 437.700 t (15,88) e a ALUNORTE por 827.700 t (30 %).

Segundo a ABAL - Associação Brasileira de Alumínio, estava prevista a produção de 1.100 mil toneladas de alumina pela Alunorte, em Barcarena (PA), para o final de 1997, ou seja, à plena capacidade. [23]

Na produção de alumina em 1996, o consumo de energia elétrica foi de 1267,4 GWh, sendo que deste total 15,5 % foram exportados com a alumina que saiu do país (427,2 mil t), ou seja 196,243 GWh..

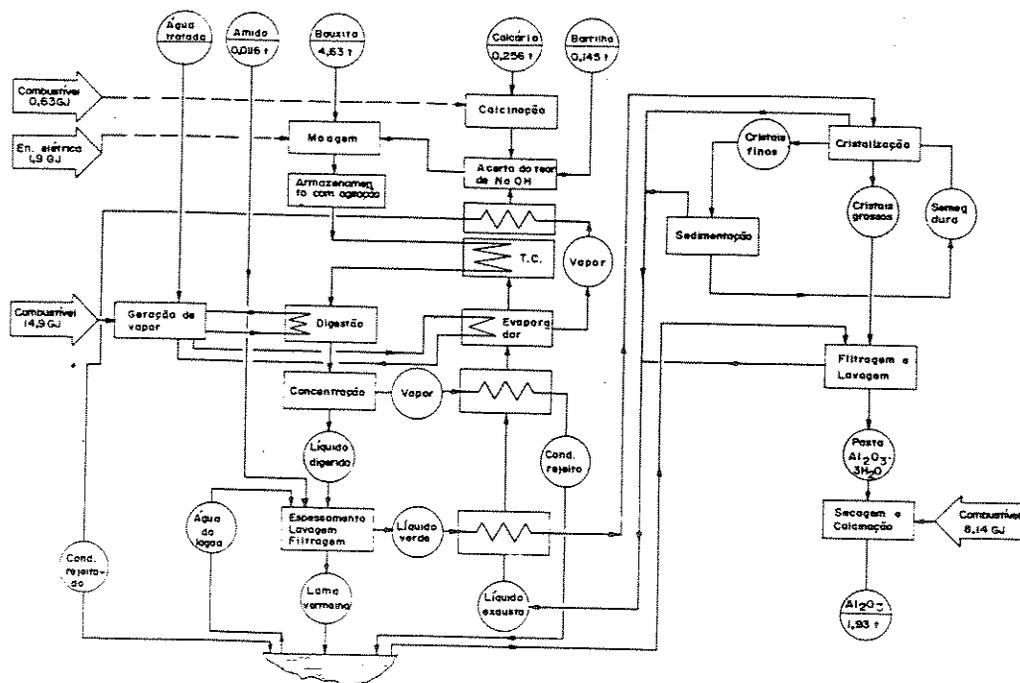


FIGURA 2.2

### FLUXOGRAMA DO PROCESSO BAYER

Fonte: IPT [30]

A figura 2.3 apresenta o processo de refinação de alumina.

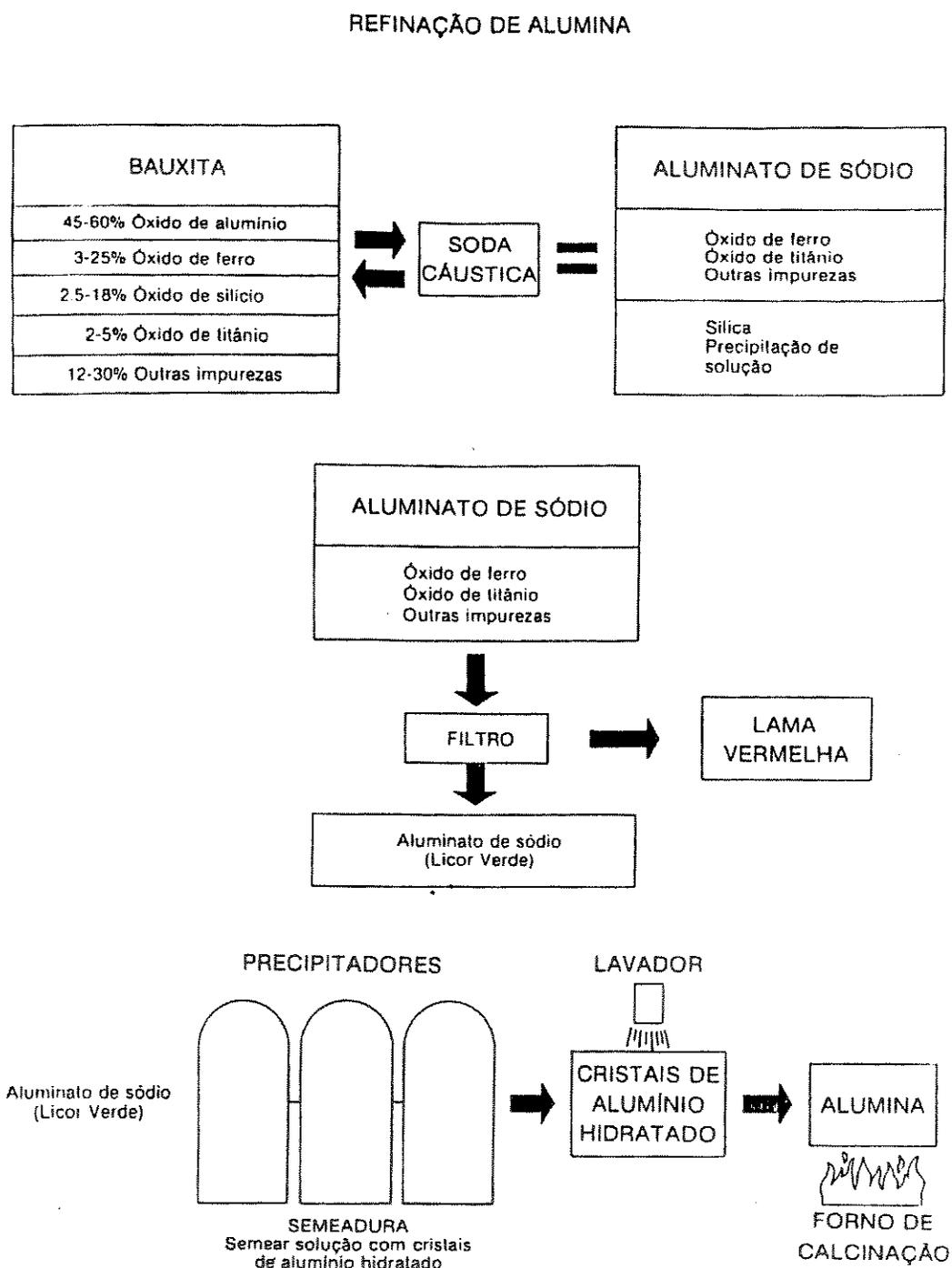


FIGURA 2.3

**REFINAÇÃO DE ALUMINA**

Fonte: ALCOA [32]

## 2.2.4 - REDUÇÃO (ELETROLÍTICA) DA ALUMINA A ALUMÍNIO METÁLICO

O processo Hall - Heroult (1886), embora tenha sofrido várias modificações, no que tange à redução, ainda é o processo básico utilizado pela indústria, e consiste na eletrólise ígnea de alumina anidra dissolvida em banho de criolita fundida a 960 °C. A Figura 2.4 mostra a cuba onde se dá a redução eletrolítica.

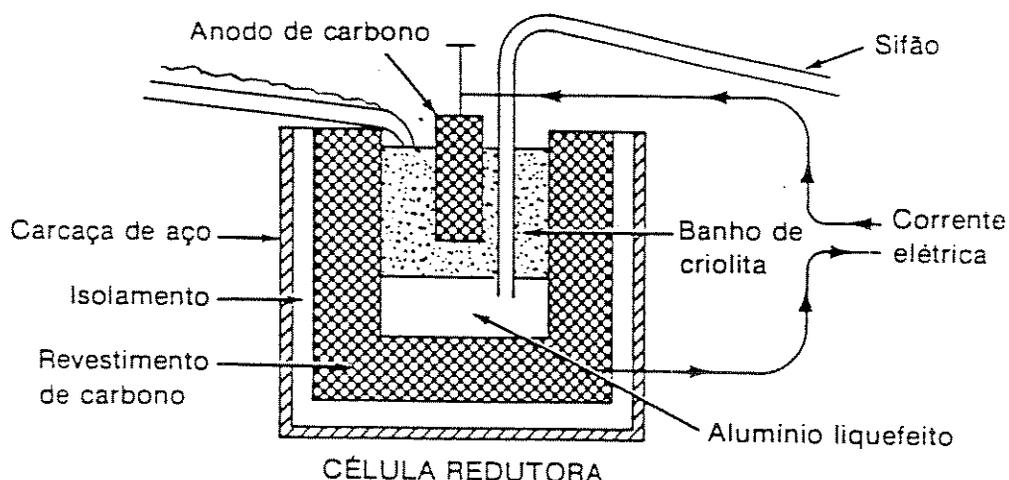


FIGURA 2.4

### CÉLULA ELETROLÍTICA

Fonte : ALCOA [32]

A Tabela 2.8 apresenta a capacidade de produção instalada de alumínio primário em 1996, destacando-se que para o mesmo ano, a produção brasileira chegou a 1197 mil toneladas, ou seja, bem próxima do máximo possível. Em 1995 a produção mundial esteve na faixa de 19.441 toneladas, o que dá idéia do significado da produção nacional.

TABELA 2.8

## CAPACIDADE DE PRODUÇÃO INSTALADA DE ALUMÍNIO PRIMÁRIO

(1000 t)

Produtores	Localização	1992	1994	1996
ALBRÁS	Belém - PA	345	347	345
ALCAN	Ouro Preto - MG	51	51	51
	Aratu - BA	58	58	58
ALCOA	Poços de Caldas - MG	90	91	91
	São Luís - MA	188	193	193
ALUVALE	Santa Cruz - RJ	51	51	51
BILLITON	São Luiz - MA	168	169	169
	Santa Cruz - RJ	42	42	42
CBA	Mairinque - SP	217	222	222
<b>TOTAL</b>		1.210	1.224	1.222

Fonte: ABAL. [23]

Na tabela acima nota-se que não há aumento significativo na produção de alumínio primário no país neste período apresentado. Na realidade, o aumento se deu com a expansão da capacidade de produção na década de 80, quando o Brasil passou de uma produção de 256,4 mil toneladas (1981) para 930,6 mil toneladas em 1990.

A Figura 2.5 mostra resumidamente, as etapas e insumos envolvidos na produção de 1 kg de alumínio primário. Quando da elaboração da figura abaixo a ALCOA estimava que para produzir 1 kg de alumínio eram necessários 16 kWh..

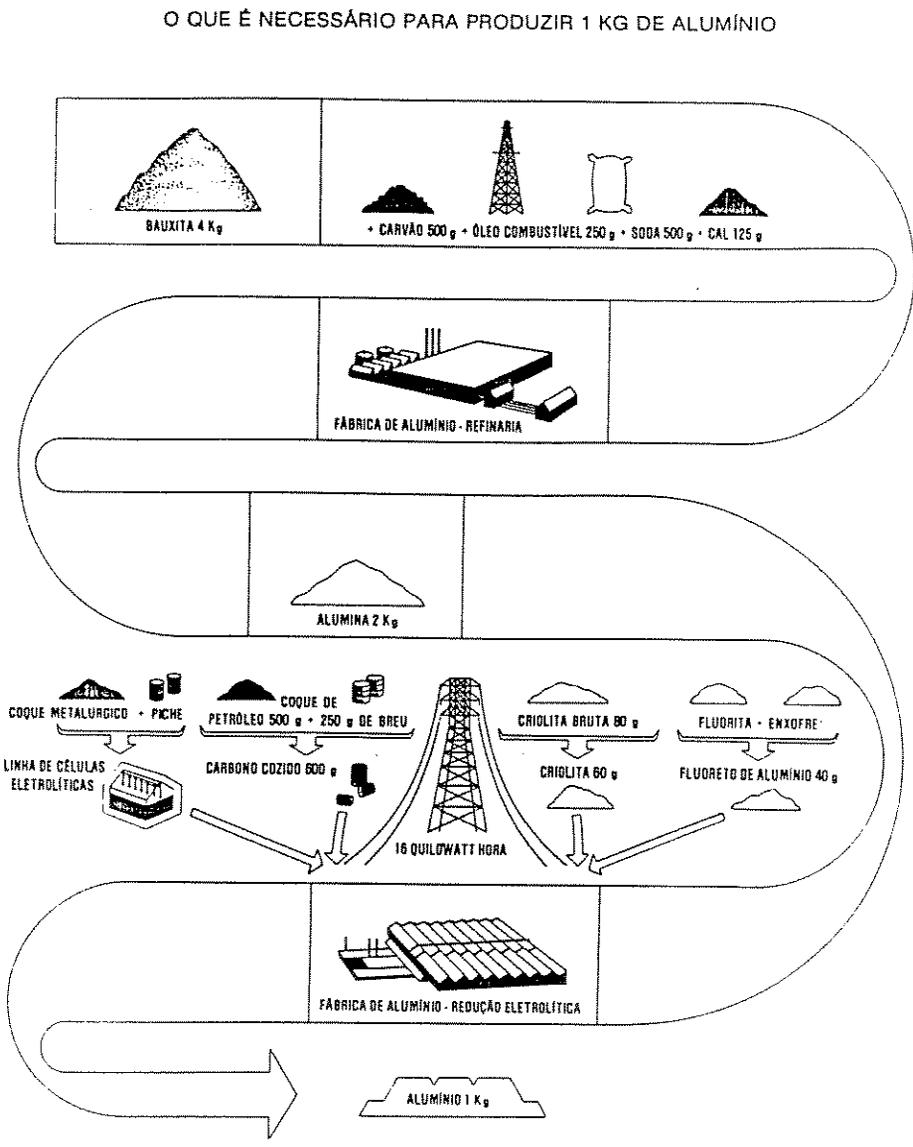


FIGURA 2.5

O QUE É NECESSÁRIO PARA PRODUZIR 1 kg DE ALUMÍNIO  
 Fonte: ALCOA [32]

### 2.2.5 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Conforme veiculado pela ABAL, a indústria brasileira do alumínio consumiu 18.297,3 GWh de energia elétrica, em 1996, para produzir 1197,43 mil toneladas de alumínio primário, que redonda a um consumo médio específico de 15,28 MWh/t. Este consumo representa 6,7 % de toda a energia elétrica gerada no Brasil. Somando-se a este valor, a energia elétrica consumida na produção de alumina (1267,4 GWh), o percentual passa a ser de 7,1 %.

As tarifas de energia, em dezembro de 1996, para os Grupos A1 e A2 (categorias tarifárias em função do nível de tensão), foram respectivamente 35,49 e 37,11 US\$/MWh. Estas tarifas de energia devem ser consideradas com cautela em face das diversas circunstâncias que envolvem o fornecimento de eletricidade para o setor do alumínio, em especial para as indústrias instaladas na região norte e nordeste.

Como a própria ABAL admite, as tarifas de energia elétrica para os grupos A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> apresentadas não necessariamente refletem os valores praticados, visto que estes são função do fator de carga, modulação e principalmente contratos específicos entre as partes, ditadas pelos interesses comuns, ou ainda legislação que garante vantagens monetárias aos compradores. Desta forma, pode-se inferir que os valores praticados são na realidade inferiores aos divulgados como tarifas médias aplicáveis à indústria de produção de alumínio primário, como será visto mais adiante.

A título de avaliação do significado das tarifas de energia elétrica, deve-se ter em mente que o custo marginal de expansão estimado pela Eletrobrás (ciclo de planejamento 1997-2006) para o sistema interligado Norte/Nordeste, bem como Sul/Sudeste/Centro-Oeste, foi de 40 US\$/MWh.

A indústria do alumínio sempre mereceu tratamento especial das concessionárias de energia elétrica, nos países interessados em consolidar unidades de geração de eletricidade, bem como na produção e exportação deste metal. O faturamento garantido, em contratos de longo prazo, facilitaria o financiamento de usinas de grande porte, e no caso do Brasil, promoveria a chamada “interiorização da indústria”, com vantagens econômico-sociais.

No ano da primeira crise do petróleo (1973), o governo federal objetivando a instalação das indústrias do alumínio na Amazônia, ofereceu a estas (Lei de Participação do Ministro Dias Leite) a possibilidade de obterem energia a de custo de produção, sem se responsabilizarem com o custo integral de implantação da unidade geradora. Tal oferta não redundou em nada, visto que os responsáveis pelo projeto Albrás julgaram, entre outras coisas, elevado o ônus da Participação na Usina de Tucuruí.

Em 1976 e 1978 foram realizadas negociações com o propósito de estabelecer tarifas especiais às indústrias que viessem a se instalar na Amazônia. Como na primeira oportunidade, as ações tomadas não produziram os efeitos desejados, deixando de saciar os interesses dos grupos alvo.

Não tendo obtido a participação da indústria privada, o governo federal decidiu implantar a Usina de Tucuruí, no Tocantins, assumindo toda a responsabilidade pelo financiamento da obra. Após esta decisão, restava assegurar-se da existência garantida de consumidores para a energia elétrica daquela instalação.

O Presidente Figueiredo, por meio da Portaria nº 1654 do Ministério das Minas e Energia - MME (13/08/79), garantiu às indústrias do alumínio, condições especiais de tarifas de energia elétrica, viabilizando a produção do metal naquela região. Os principais pontos deste ato governamental, estão abaixo descritos:

- tarifas reduzidas de 15 % , em relação às do grupo A1;
- autorização para a inclusão de cláusulas contratuais, vigentes por 20 anos, onde se assegure que os gastos com energia elétrica, não sejam superiores a 20 % do preço do produto no mercado internacional;
- autorização, após “Estudo de Viabilidade” , para a inclusão de novas cláusulas que estabeleçam outras reduções tarifárias que associem os preços da energia elétrica e do metal, no mercado internacional.

Com base na Portaria acima citada, foram firmados dois contratos, válidos por 20 anos, a partir de 1984, com a Albrás e a Alumar.

Em relação a Albrás, a carga contratada, para a redução de alumínio, foi de 996 MWe, com desconto de 15 % na tarifa A1 e vinculação do gasto total com energia elétrica, de acordo com a seguinte fórmula :

$$10,5 \text{ mills/kWh} + \frac{(\text{preço de venda} - \text{US\$ } 1413)}{4} \times 1500 \text{ kWh/t}$$

Nota-se pela fórmula apresentada que a tarifa de energia elétrica, para a Albrás, só se torna superior a US\$ 10,5/MWh quando o preço da tonelada do Alumínio supera US\$ 1413 no mercado internacional. Em 1996, o preço médio do alumínio primário, na Bolsa de Metais de Londres - LME, para pagamento em 3 meses, foi de US\$ 1536,67 o que significa dizer que a tarifa de energia elétrica não é muito superior ao valor de referência.

No tocante à Alumar, para carga contratada de 694 MWe, foi acertada a utilização da classe tarifária A1, com desconto de 10 % e a vinculação do teto relacionado ao preço internacional do alumínio, conforme a fórmula abaixo:

$$\frac{\text{preço internacional de venda, definida pelo DNAEE}}{5} \times 14000 \text{ kWh/t}$$

Em princípio a tarifa de energia elétrica para a Albrás é mais vantajosa do que a destinada à Alumar, porém um fato é bastante claro, ambas são altamente subsidiadas com relação ao custo de produção e conseqüentemente ao custo de serviço da Eletronorte. [27; 28]

Para se ter noção da magnitude dos subsídios oferecidos à indústria do alumínio, na Amazônia, pode-se tomar como referência o estudo acerca dos custos da energia da Usina de Tucuruí, realizado pela ABAL. De acordo com aquele trabalho, a usina de Tucuruí, com 12 unidades de 330 MW, mais 2 de 20 MW, que perfazem 4.000 MWe custava, no final de 1985, US\$ 1.648/kW instalado e US\$ 3.117/kW firme .

Considerando o custo de investimento, a operação, a depreciação e como redutor, o crédito da energia secundária, estimou - se o custo teórico da energia de Tucuruí, em US\$ 49/MWh. [33]

A bem da verdade, os subsídios (descontos) não se restringem apenas aos acima mencionados. Neste contexto verificamos que a título de promover o equilíbrio da balança de pagamentos do país, o governo federal estabeleceu, no período 1983 a 1985, uma tarifa especial de “Energia Elétrica Excedente para a produção de Bens Exportáveis - EPEX” ,que beneficiou cinco indústrias do alumínio. [27 ; 28]

Com a aplicação de tarifas Horo-Sazonais, a partir de 1982, foram criadas condições de se reduzir os gastos com a energia elétrica, mediante a melhoria no uso da mesma, ou seja, fator de carga elevado (97 % em 1994) e modulação, nos horários de ponta, de 5 % . Em relação a este procedimento, fica claro que as indústrias com capacidade de auto produção de energia elétrica, como por exemplo a CBA, levam grande vantagem pois têm condições de substituir em parte a energia elétrica fornecida pela concessionária, nos horários de ponta, sem modificarem as condições de processo da instalação. Quanto maior a modulação, menor o consumo de energia, naquele que é o período mais crítico, para o sistema elétrico (horário de ponta), com conseqüente redução do gasto total com eletricidade e do custo do alumínio produzido.

Aos descontos mencionados pode-se ainda acrescentar mais um, em decorrência da Portaria DNAEE nº 1063 (30/08/93) que autoriza as concessionárias a substituir 25 % da energia firme, pela energia secundária (interruptível) mais barata: “Energia de Substituição Temporária - EST” e “Energia Temporária para Substituição Térmica - ETST” .

A Eletropaulo fechou contrato com a CBA, oferecendo para a EST, desconto de 45 % da tarifa vigente. Com base na mesma Portaria, a Alcan fechou contrato com a Cemig, que vai possibilitar uma redução de aproximadamente 20 % na tarifa de energia elétrica. [34 ; 35]

Da análise das informações acima descritas, pode-se concluir que as tarifas de energia elétrica (grupos A1 e A2) contidas no anuário estatístico da ABAL, servem apenas como ponto de partida no cálculo da tarifa efetivamente paga pelo setor do alumínio, no Brasil. Em

suma, a tarifa final é a resultante dos contratos firmados pelas partes, que prevêm diversas formas de descontos e que devem considerar eventuais reduções promovidas pelo DNAEE, por meio de Portarias.

A Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte) calcula em US\$ 460 milhões, os subsídios à tarifa da energia elétrica usada pela ALBRÁS, desde 1985. Deste total, o governo federal deixou de pagar à concessionária US\$ 180 milhões, que a Eletronorte computa como o seu prejuízo, sem considerar a Alumar. [36]

A manutenção de tarifas baixas de energia elétrica é uma condição que a indústria do alumínio considera como sendo essencial para tornar o seu produto competitivo no mercado internacional, ainda mais quando se sabe que os demais países exportadores podem estar se valendo dos mesmos artificios para reduzir custos.

Se por um lado as concessionárias alegam que as tarifas médias no mercado nacional estão defasadas, abaixo dos custos de produção deste serviço, por outro a ABAL demonstra que o nível de eficiência do setor elétrico, encarece em muito o custo do MWh gerado. Em trabalho que analisa o déficit da receita do setor elétrico, em setembro de 90, a ABAL demonstra que o setor de alumínio é responsável por 6,3 % do déficit total, enquanto que os demais consumidores A1 e A2 respondem por 16,9 % ; A3 e A4 por 21,1 % e os de baixa tensão 55,7 % .

Como agravante, o estudo ainda cita que o custo operacional da Hydro-Quebec, maior empresa de energia elétrica do Canadá, é equivalente a 22 % do custo médio brasileiro, permitindo uma tarifa média 50 % inferior à do Brasil, mas gerando lucros. [26]

Pelo acima exposto está claro que as indústrias do setor do alumínio na região norte/nordeste são beneficiadas quanto às tarifas praticadas e que, por esta razão, associada à pouca liberdade legal para a autogeração, não se valiam de usinas próprias. Com a privatização e mudança institucional do setor elétrico, bem como a proximidade do término dos benefícios tarifários, esta situação com certeza mudará.

Na região sudeste, a Companhia Brasileira de Alumínio - CBA não só se valeu de contratos vantajosos com a concessionária da região, mas também de programa significativo de autogeração. A esta iniciativa soma-se a sua participação em consórcios de geração, como por exemplo aquele que adquiriu o controle da Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL.

Com capacidade de produção de alumínio igual a 220.000 t/ano (1996), a CBA gera com a UHE da empresa 1,71 TWh/ano, ou seja ao redor de 50 % da sua necessidade de energia elétrica. As seguintes usinas de geração fazem parte da CBA: UHE França (150 GWh); UHE Fumaça (220 GWh); UHE Barra (240 GWh); UHE Porto Raso (170 GWh); UHE Alecrim (400 GWh); UHE Serraria (145 GWh); UHE Salto de Iporanga (232,7 GWh) e UHE Itupararanga (150 GWh).

A resultante deste quadro geral é a necessidade de se buscar o saneamento do setor elétrico, por meio de medidas de largo espectro que vão desde a melhoria de eficiência do setor (redução dos custos operacionais) e a otimização do consumo energético, até a conservação de energia, pela reciclagem mais intensa do alumínio (produção do alumínio secundário), como forma de postergação da entrada de novas unidades de geração de eletricidade. Esta última medida pode permitir ao setor elétrico nacional, maior fôlego no planejamento, financiamento e construção de novas usinas de geração.

## **2.3 - PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE**

### **2.3.1 - PRODUÇÃO DE CELULOSE**

O setor de papel e celulose foi responsável, em 1996, pelo consumo de 7,3 TWh de energia elétrica, sendo que no setor industrial só fica atrás dos setores do alumínio (17,6 TWh) e do aço (12,2 TWh). Esta constatação valida os esforços planejados e/ou realizados no sentido de se conservar energia nesta indústria, objetivando, a médio e longo prazo, contribuir para a preservação do meio ambiente, bem como postergação da entrada em operação de novas unidades de geração de energia elétrica. Parte do aumento de consumo prevista para este setor deverá ser atendida através de autoprodução. [22]

O setor ora abordado engloba as unidades industriais que produzem as diferentes matérias - primas fibrosas e os fabricantes de papel, papelão e celofane. [37]

A celulose é o principal insumo na cadeia produtiva do papel e é obtida a partir da fabricação de fibras de origem vegetal, se valendo de processos químicos e/ou mecânicos. A escolha destes processos é função de restrições técnicas, econômicas, de disponibilidade de recursos naturais e de exigências em relação ao meio ambiente.

No processo químico, a madeira em cavacos é cozinhada em solução de produtos químicos, permitindo um aproveitamento de 45 a 50 % da madeira usada. Já no processo mecânico, intensivo em energia, a transformação do cavaco de madeira em pasta, se dá por meio de força mecânica, com a vantagem, sobre o processo químico, de apresentar melhor aproveitamento da madeira, da ordem de 90 a 95 % . [38]

Independentemente do processo escolhido, a produção de celulose pode estar integrada à produção de papel. Em outras palavras, o fabricante de celulose pode oferecer seu produto à unidade de produção de papel, na mesma planta industrial, ou ainda em outro local da mesma empresa.

Além destas fábricas, destinadas a suprir as necessidades de celulose da própria empresa produtora de papel, existem outras que colocam sua produção ou seu excedente de celulose à disposição do mercado.

A nível internacional, este setor é conhecido como celulose de mercado (market pulp) que embora ofereça volume de produto bem abaixo da produção mundial de celulose, não deixa de ser uma importante área de comércio.

A Tabela 2.9 apresenta os principais produtores de celulose e celulose de mercado, com destaque para os países da América do Norte, Escandinávia e países isolados como a China e o Japão.

De acordo com a mesma tabela (1996) o Brasil é o sétimo maior produtor de celulose. Dados mais recentes, dão conta que a capacidade instalada do país, no final de 1996 atingiu

7,1 milhões de toneladas, com o que o país ocupa o oitavo em termos de capacidade instalada.

A sétima colocação no ranking dos maiores produtores de celulose do mundo, não desabona o país, ainda mais se for considerado o fato de que só ao longo dos anos quarenta e cinquenta é que se consolidaram as condições de produção de celulose no Brasil. Até então praticamente todo o consumo do produto pela indústria de papel era suprido por importações. [38]

Como medidas básicas tomadas no sentido de viabilizar a produção de celulose no país, destaca-se a identificação do potencial florestal da região sul; o apoio do Estado ao setor; as pesquisas com fontes alternativas de matérias - primas (bagaço de cana e eucalipto) que permitiram ganho de conhecimento de engenharia de produção.

TABELA 2.9

PRINCIPAIS PRODUTORES DE CELULOSE

PAÍS	PRODUÇÃO TOTAL (1996) (1000 t)
ESTADOS UNIDOS	58.234
CANADÁ	24.352
CHINA	19.000
JAPÃO	11.199
SUÉCIA	9.779
FINLÂNDIA	9.676
BRASIL	6.225
RÚSSIA	4.000
INDONÉSIA	2.635
FRANÇA	2.517

Fonte: PPI. [39]

Mendonça Jorge, na sua dissertação, descreve como as indústrias nacionais interessadas na produção de celulose de mercado, ao longo da década de setenta, se organizaram em torno de um modelo de empreendimento, por ele chamado de “Padrão Eucalipto”. Este modelo basicamente define parâmetros de implantação e funcionamento das

mesmas, com destaque na utilização do eucalipto, como matéria - prima, e a escala de produção elevada [40]

Neste contexto surgiram quatro empresas: a Riocell; a Aracruz; a Cenibra (Celulose Nipo-Brasileira) e a Monte Dourado (antiga Jari), se consolidando no mercado internacional, com exportação de parte representativa de suas produções.

Mais recentemente surgiu o projeto Bahia Sul, com a diferença de agrupar, como acionistas, grupos integrados de celulose e papel (Grupo Suzano), indústrias de celulose de mercado (CVRD), e o BNDES.

Como resultante desta associação, a Bahia Sul diversificou sua produção, oferecendo celulose de mercado e papel para imprimir e escrever, dentro da mesma planta industrial, fato este que a diferencia das demais empresas do setor.

A Tabela 2.10 fornece dados sobre a produção e participação dos maiores produtores de celulose do país, nos anos de 1995 e 1996.

A capacidade instalada, de celulose (químicas e semiquímicas), em 1996, era de 18.219 t/dia, destacando - se os seguintes fabricantes: Bahia Sul (Grupo Suzano) 1.450 t/dia; CENIBRA (1.721 t/dia); Klabin - Divisão do Paraná (1600 t/dia); Cia Suzano de Papel e Celulose - São Paulo (1250 t/dia); Aracruz Celulose (3.060 t/dia); Jari Celulose (860 t/dia); Riocell - Grupo Klabin (865 t/dia) e a Champion Papel e Celulose (845 t/dia) [41]

Quanto à produção de celulose, além da questão energética, a ser discutida mais adiante, merecem destaque os pontos concernentes ao meio ambiente, pelo seu valor em si e também em função da pressão exercida pelos consumidores e sociedade civil em geral.

Como resultante desta pressão, em alguns países europeus (Alemanha, Áustria e Suíça); bem como nos Estados Unidos, a legislação pertinente às especificações técnicas dos produtos e processos, têm-se tornado mais rígidas. Assim, a tendência crescente é a de não aceitar produtos fabricados com base em processos e matérias-primas que agridam o meio

ambiente, exigindo, por esta razão, produtos certificados, do tipo selo ecológico (eco-labelling) [38]

TABELA 2.10

MAIORES PRODUTORES DE CELULOSE E SUAS PARTICIPAÇÕES NA PRODUÇÃO NACIONAL

EMPRESA	PRODUÇÃO (t)		PARTICIPAÇÃO (%)	
	1995	1996	1995	1996
Aracruz Celulose SA	1.041.765	1.079.676	18,98	18,38
Grupo Klabin	854.077	913.230	15,56	15,54
Grupo Suzano	891.394	903.916	16,24	15,39
Celulose Nipo-Brasileira SA Cenibra	364.076	655.424	6,63	11,16
Grupo Votorantin	525.395	495.350	9,57	8,43
Champion Papel e Celulose Ltda.	306.170	311.772	5,58	5,31
Grupo Igaras	293.543	281.135	5,35	4,79
Ripasa SA Celulose e Papel	266.460	271.893	4,86	4,63
Jari Florestal SA	256.266	270.229	4,67	4,60

FONTE: ANEPC. [41]

Os técnicos se valem de duas frentes na avaliação ambiental da indústria de celulose e papel. A primeira diz respeito à destruição de florestas para a produção de celulose. A segunda refere-se à poluição industrial, mais especificamente a formação de compostos organo-clorados (substâncias cancerígenas) quando do processo de branqueamento da celulose, que são despejados nos efluentes da instalação.

As indústrias brasileiras de celulose, por sua vez, têm tentado demonstrar que não estão agredindo o meio ambiente, visto que estão plantando árvores (florestas artificiais) e substituindo o cloro gasoso (processo de branqueamento da celulose) pelo dióxido de cloro. Este processo, conhecido como ECF (Elementar Chlorine Free), embora seja uma evolução, quando comparado com os antigos processos, ainda está aquém daquele denominado TCF (Total Chlorine Free). O emprego destas novas técnicas já é cogitado e/ou empregado por empresas brasileiras, tais como a Riocell, Cenibra, Aracruz I e II, e a Bahia Sul.

O controle efetivo das descargas de efluentes líquidos, a nível internacional, e a adoção dos processos acima mencionados, podem permitir às indústrias nacionais, acesso menos restritivo ao mercado.

### 2.3.2 - PRODUÇÃO DE PAPEL

A indústria de papel, mais antiga que a de celulose, foi implantada no Brasil, ao final do século passado em função das necessidades das empresas gráficas, de tipografia e de artefatos de papel. Mas a sua expansão só se fez sentir décadas após, como resultante da entrada de empresas de capital estrangeiro e também da forte participação do Estado, viabilizando a aquisição de equipamentos; o crescimento da base florestal; a produção da celulose e a verticalização do setor. [38]

As Figuras 2.6 e 2.7 apresentam as etapas de fabricação de papel em uma unidade integrada de papel celulose.

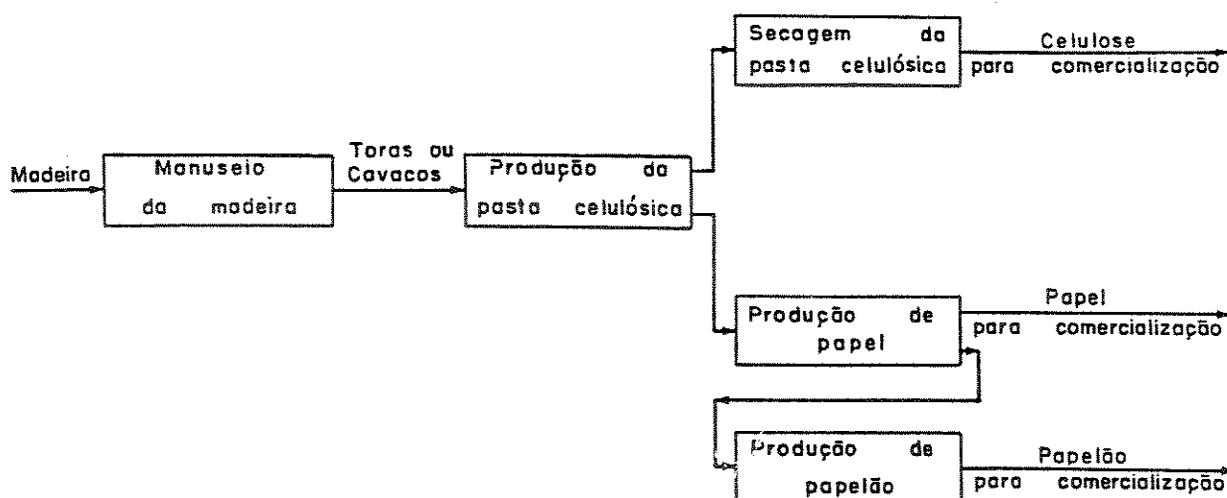


FIGURA 2.6

ESQUEMA GLOBAL DE PRODUÇÃO DE UMA UNIDADE INTEGRADA DE CELULOSE E PAPEL

Fonte: IPT [42]

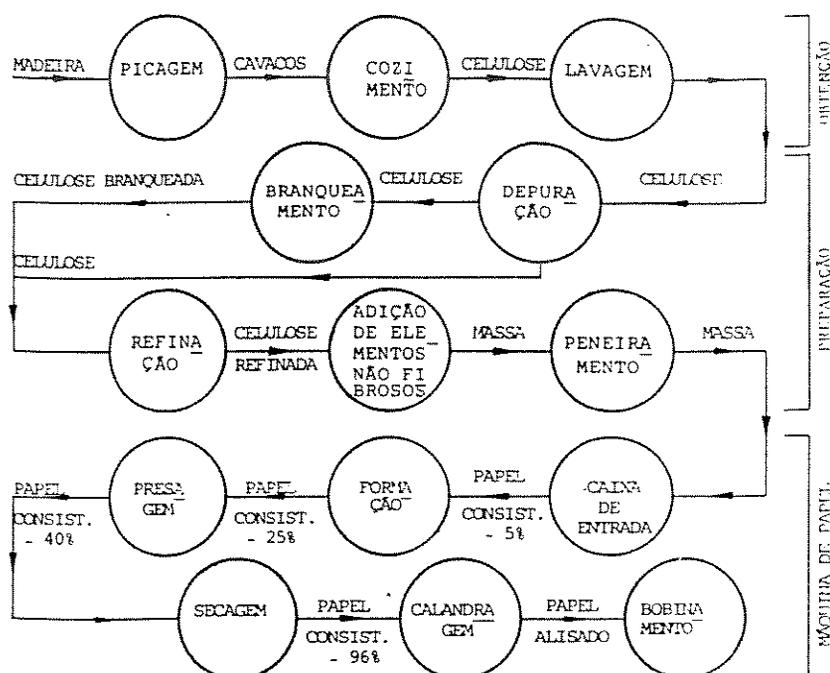


FIGURA 2.7

## ETAPAS DE FABRICAÇÃO DE PAPEL

Fonte: ONO [43]

Nesta planta industrial, o processo de produção de papel tem início com a obtenção da celulose a partir do cozimento de cavacos de madeira. Posteriormente, a celulose obtida é depurada, branqueada e recebe a adição de elementos não fibrosos de preparação da massa, que é lançada nas máquinas, para a formação de folha de papel, em conformidade com especificações do produto desejado (gramatura, resistência, maciez e permeabilidade).

A Figura 2.8 também mostra o processo de fabricação de papel, numa unidade integrada, mas com o acréscimo de sistemas que permitem a reciclagem de aparas (papel usado), que englobam o processamento mecânico (seleção, limpeza e tratamento) e o processamento químico (destintamento e branqueamento) do referido “papel velho”.

O mercado de papéis, para efeito de destino dos mesmos, é comumente dividido em seis segmentos: papel imprensa; papéis para impressão e escrever; papéis para embalagem; papéis para fins sanitários, cartões e cartolinas; e papéis especiais. Abaixo são apresentadas algumas características dos referidos segmentos. [38 ; 41]

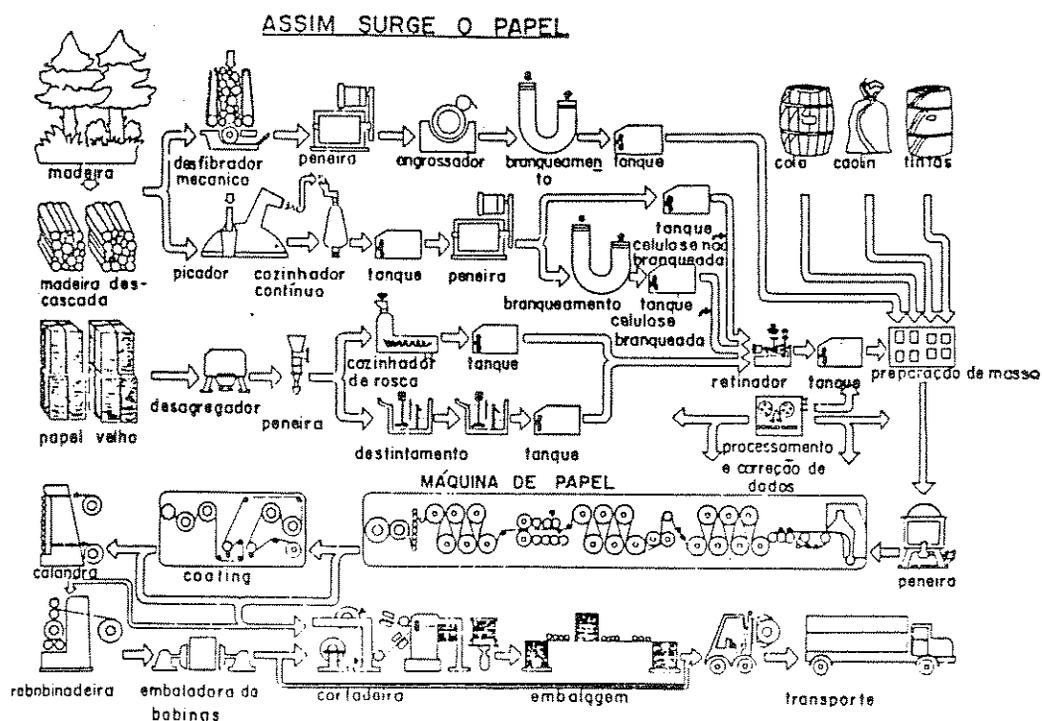


FIGURA 2.8

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL

Fonte: ONO [43]

A Tabela 2.11 fornece dados (1996) sobre a produção e o consumo de papel dos países mais representativos neste segmento industrial. Aqui se observa que os Estados Unidos e o Japão são os maiores produtores, em se considerando a soma de todos os tipos de papéis. Nesta tabela também se nota que os países escandinavos (Finlândia e Suécia) destacam-se como grandes produtores, mas não fazem parte dos maiores consumidores de papel.

TABELA 2.11

## PRODUÇÃO E O CONSUMO DE PAPEL DOS PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES (1996)

(1000 t)

PAÍS	PRODUÇÃO	CONSUMO
EUA	81.837	84.794
JAPÃO	30.013	30.859
CHINA	26.000	30.277
CANADÁ	18.419	6.822
ALEMANHA	14.733	15.471
FINLÂNDIA	10.422	1.634
SUÉCIA	9.018	1.748
FRANÇA	8.531	9.382
CORÉIA	7.681	6.973
ITÁLIA	6.954	8.250
REINO UNIDO	6.188	11.443
BRASIL	5.885	5.560

Fonte: PPI [39]

A boa colocação de países no ranking dos maiores produtores de papel significa que se destacam em certos setores mas não necessariamente auto-suficientes nos demais. Assim o Canadá é o maior produtor de papel de imprensa, mas, por outro lado, é importador de

cartões e cartolinas, visto que apesar das diferenças de qualidade características de todo segmento, tem produção aquém da demanda. Neste contexto se encontra o Brasil, país exportador de papel, mas que mesmo assim é dependente do produto importado.

No Brasil, a produção de papel está concentrada nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, respondendo por 84 % do total. Na produção de celulose, o Espírito Santo merece destaque, como segundo maior estado produtor, deslocando o Paraná para a quarta posição [41; 44]

A Tabela 2.12 lista os maiores fabricantes e suas participações na produção nacional, onde destacam-se o grupo Klabin, Suzano e Votorantim como os maiores produtores de papel, respondendo com 16,74 %, 10,43 % e 8,28 % do total em 1996.

A oficialização do “selo verde”, por países europeus, em maio de 1992, e a vinculação de políticas ambientais às políticas comerciais, nos Estados Unidos, está fazendo com que as empresas de todo mundo, inclusive as brasileiras, revejam seus procedimentos nas áreas energéticas-ambientais.

Em função deste novo cenário, é de fundamental importância que se valorize a utilização de fibras de base florestal replantada, de fibras recicladas (aparas), de mistura de fibras, em consonância com novos processos de branqueamento da celulose (substituição do cloro gasoso), bem como o tratamento de efluentes. [38]

O uso mais acentuado de aparas no complexo industrial celulose/papel faz com que haja decréscimo do consumo de energia elétrica no setor, como pode ser visto no capítulo seguinte.

TABELA 2.12  
 MAIORES FABRICANTES DE PAPEL E SUAS  
 PARTICIPAÇÕES NA PRODUÇÃO NACIONAL

EMPRESA	PRODUÇÃO (t)		PARTICIPAÇÃO (%)	
	1995	1996	1995	1996
Grupo Klabin	976.170	985.182	16,84	16,74
Grupo Suzano	631.329	613.803	10,89	10,43
Grupo Votorantin	521.761	486.994	9,00	8,28
Champion Papel e Celulose Ltda.	345.254	352.295	5,95	5,99
Grupo Ripasa	316.574	342.388	5,46	5,82
Grupo Igaras	325.123	324.653	5,61	5,52
Rigesa, Celulose Papel e Emb. Ltda.	254.268	258.666	4,39	4,40
Trombini Papel Embs.SA Div. Cel. Papel	219.022	213.696	3,78	3,63
<b>BRASIL – Total</b>	<b>5.798.226</b>	<b>5.884.759</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEPC. [41]

### 2.3.3 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Num dos primeiros trabalhos realizados para os setores de celulose e papel (1980), o IPT constatou que estes setores eram responsáveis pelo consumo de 6 % da energia total destinada ao setor industrial brasileiro. Este já deixava evidenciada a importância de medidas objetivando minimizar tal consumo. [37 ; 42]

Em trabalho recente do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS) da Eletrobrás, constata-se que o consumo de energia do setor de papel e celulose, em 1996, teve participação de 13,6 % em relação ao grupo de grandes consumidores de eletricidade, ficando abaixo dos setores do alumínio (32,7 %) e do aço (22,7 %). [22]

A Tabela 2.13 apresenta a distribuição do consumo e consumo específico (kWh/t) nas empresas do setor de celulose/papel, nos anos 1991 e 1992. As empresas integradas são responsáveis por 48,4 % do consumo total de energia, ficando celulose (23,0 %), Papel (20,6 %) e PAR (8,0 %) , com o restante. Merecem destaque os valores referentes ao consumo específico, em 1992, : papel (838 kWh/t); integradas (1093 kWh/t); PAR (2796 kWh/t) e celulose (1007 kWh/t).

TABELA 2.13

#### DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO NAS EMPRESAS DO SETOR

	Produção Vendável (t)			Consumo (MWh)			Cons. Específico (kWh/t)		
	1991	1992	Var. (%)	1991	1992	Var. (%)	1991	1992	Var. (%)
PAPEL	2070323	1949838	-5,8	1777431	1633943	-8,1	859	838	-2,4
Sanitários	317654	377848	18,9	394051	416368	5,7	1241	1102	-11,2
Demais	1752669	1571990	-10,3	1383380	1217575	-12,0	789	775	-1,8
INTEGRADAS	3008005	3510001	16,7	3272795	3837283	17,2	1088	1093	0,5
P.A.R.	187962	228201	21,4	482760	638136	32,2	2568	2796	8,9
CELULOSE	1581844	1810293	14,4	1700920	1823511	7,2	1075	1007	-6,3
TOTAL	6848134	7498333	9,5	7233906	7932873	9,7	1056	1058	0,2

Fonte: ANFPC. [45]

A Tabela 2.14 fornece o consumo total de energia; as parcelas de energia comprada e energia gerada, bem como a relação destas com o total consumido, para cada categoria no setor.

Nesta tabela nota-se que as indústrias de produção de Pastas de Alto Rendimento são as mais dependentes da energia comprada de concessionárias, 100 % (1992). No extremo oposto estão as indústrias de produção da celulose com 16,9 %, que em outras palavras são as que mais geram energia elétrica para consumo próprio.

Segundo a ANFPC (Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose), as fábricas de papel consumiram, em 1992, 1634 GWh, enquanto que as integradas (papel + celulose), Pastas de Alto Rendimento - PAR; e Celulose consumiram respectivamente 3837 GWh, 639,1 GWh e 1823,5 GWh. [45]

O consumo total de energia elétrica pelo setor celulose/papel, em 1992, foi de 7932,8 GWh, com 56,2 % deste valor, comprada de concessionárias, ou seja 4459 GWh. Tal energia equivale a uma hidrelétrica de 1032 MW voltada integralmente para o atendimento do setor. Há de se considerar ainda que parte desta energia é exportada juntamente com os produtos remetidos a outros países.

A Tabela 2.15 fornece a forma com que o setor celulose/papel gera sua própria energia elétrica. As termelétricas participam com 87,9 % (1992) do total, com destaque para a Lixívia Negra, combustível que permitiu a geração de 51,9 % dos 3.473.810 MWh.

TABELA 2.14

CONSUMO TOTAL DE ENERGIA POR CATEGORIAS NO SETOR (MWh)

	1 9 9 1						1 9 9 2					
	1	2	3	1/3	2/3		1	2	3	1/3	2/3	
	Comprada	Gerada	Total	(%)	(%)		Comprada	Gerada	Total	(%)	(%)	
Papel	1632427	145005	1777432	91,8	8,2		1532641	101308	1633949	93,8	6,2	
Sanitário	394051	0	394051	100,0			416369	0	416369	100,0	-	
Demais	1238376	145005	1383381	89,5	10,5		1116272	101308	1217580	91,7	8,3	
Integradas	1875103	1397690	3272793	57,3	42,7		1979414	1857871	3837285	51,6	48,4	
P.A.R.	482102	658	482760	99,9	0,1		638137	0	638137	100,0	-	
Celulose	294391	1406530	1700921	17,3	82,7		308880	1514631	1823511	16,9	83,1	
<b>TOTAL</b>	<b>4284023</b>	<b>2949883</b>	<b>7233906</b>	<b>59,2</b>	<b>40,8</b>		<b>4459072</b>	<b>3473810</b>	<b>7932882</b>	<b>56,2</b>	<b>43,8</b>	

Fonte: ANFPC. [45]

TABELA 2.15

## CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA GERADA PELAS EMPRESAS

	1991		1992		Var. %
	MWh	Part. %	MWh	Part. %	
<b>TERMOELÉTRICA</b>	2578321	87,4	3053172	87,9	18,4
Lixívia Negra	1483654	50,3	1803790	51,9	21,6
Óleo Combustível	144921	4,9	285743	8,2	97,2
Biomassa	731848	24,8	779993	22,5	6,6
Carvão Mineral	217898	7,4	183646	5,3	-15,7
<b>HIDROELÉTRICA</b>	371562	12,6	420638	12,1	13,2
<b>TOTAL</b>	2949883	100,0	3473810	100,0	17,8

Fonte: ANFPC. [45]

## Capítulo 3

### A Reciclagem do Alumínio e do Papel

*No capítulo anterior foi dado destaque à produção do alumínio e do papel, bem como ao consumo de eletricidade associada a esta atividade. Neste capítulo se dá ênfase ao consumo destes produtos; sua disponibilidade para efeito de reaproveitamento; o ciclo de vida do produto; e as questões ambientais pertinentes. Estas informações ajudam a dimensionar as características da reciclagem e o seu potencial.*

#### 3.1 - Introdução

Embora a reciclagem de resíduos domiciliares e industriais seja uma atividade conhecida há muitas décadas, na sociedade moderna, o procedimento mais empregado para estes resíduos, nos dias de hoje, é o seu descarte em aterros. A disposição de rejeitos, sem técnicas e critérios operacionais comprovados, apresenta riscos ao ambiente e à saúde pública. Assim, os problemas originados nos aterros industriais, bem como aterros sanitários, ao redor das cidades, são resultantes da falta de consciência ecológica da sociedade, em relação ao meio em que vive, e do desinteresse de segmentos do setor industrial.

A reciclagem de certos resíduos industriais pode proporcionar vantagens econômicas, além das sócio-ambientais, mas sob a ótica de alguns setores, não justifica a sua adoção como atividade corrente. A falta de interesse nesta prática, se dá em parte pela desinformação dos setores envolvidos, mas principalmente pela inexistência de legislação e/ou controle sobre toda forma de disposição de rejeitos no meio ambiente.

O crescimento das nações, traz consigo o aumento das atividades industriais e conseqüentemente maior volume de rejeitos gerados, que mal gerenciado leva à disposição irregular dos mesmos, resultando na degradação do local, riscos de contaminação das águas subterrâneas e da população próxima. O agravamento deste quadro está fazendo com que a opinião pública exija das autoridades competentes, a adoção de leis objetivando maior controle da poluição e melhoria das condições ambientais.

Esta nova postura de conscientização ambientalista da sociedade e maior rigor legal, está afetando e condicionando o mundo empresarial. Desta forma, as pressões ambientalistas, associadas a interesses econômicos, estão colaborando na substituição de técnicas e procedimentos insatisfatórios de disposição de rejeitos, por outras que incluem a reciclagem, que são ambientalmente mais adequadas.

Neste contexto aparece a reciclagem do alumínio e do papel, cujo reaproveitamento significa a redução do volume de rejeitos nos aterros, a preservação de recursos naturais e ganhos sócio-econômico-ambientais.

Com a reciclagem destes materiais, se promove o reaproveitamento indireto da energia agregada aos mesmos. O papel, quando não reaproveitado, pode, em associação com outros materiais combustíveis (plásticos, madeira, trapos, etc.), ser incinerado em usinas térmicas que têm por objetivo a redução do volume de lixo urbano, bem como a geração de eletricidade.

Tais usinas, contando com efetivo controle de emissão dos efluentes, bem como adequado destino dos resíduos restantes, podem ser uma boa opção de tratamento do lixo urbano, resultando na minimização do mesmo, com ganho energético.

### 3.2 - A Reciclagem de Alumínio

A produção de alumínio no Brasil teve início em março de 1945, na fábrica da Eletro Química Brasileira S.A. (ELQUISA) em Saramenha, Ouro Preto, mas efetivamente tomou impulso em 1951, já sob controle da Alcan.

As informações disponíveis, no que tange ao início das atividades pertinentes à reciclagem do alumínio no Brasil, são precárias, deixando a impressão que historicamente teve início na década de 40, em função da escassez do metal, decorrente da Segunda Guerra Mundial.

De acordo com Canto Neto, as “recuperadoras secundárias” iniciaram suas atividades no país, na década de 50, com base na geração de sucatas industriais e nas atividades dos “sucateiros” que andavam pelas ruas das cidades a cata de toda sorte de refugos. Mas foi com o desenvolvimento das indústrias de auto - peças e o fortalecimento dos pólos de captação de sucata, é que se estabelece um marco neste setor. [46]

A Tabela 3.1 apresenta resumidamente a produção de alumínio primário, por indústria; a sucata recuperada (nacional e importada) e as importações (metal primário, ligas e manufaturados), no período 1950 a 1996. Observa-se nesta tabela que embora a Alcan tenha iniciado a produção de alumínio primário no país nos anos 50, foi somente em meados da década de 60 que a produção nacional de alumínio aproximou-se do volume de importações. O montante resultante da soma da produção nacional, com o volume de alumínio importado, por muitos anos visava atender apenas o consumo interno deste metal.

A auto-suficiência na produção de alumínio só foi atingida quando da ampliação das usinas produtoras de alumínio primário existentes e da implantação de novas usinas (Albrás, Alcoa , Billiton), viabilizadas em função dos incentivos proporcionados pelo então governo federal.

Confrontando-se os dados de suprimento total com os de consumo doméstico de alumínio no Brasil (Tabela 3.2), constata-se que o excedente, para efeito de exportação, foi obtido em meados da década de 80 com a ampliação e implantação acima mencionadas.

Apesar de ter atingido sua auto-suficiência na produção de alumínio primário, o Brasil ainda se vale de importações setorializadas (semis e manufaturados), como forma de complemento às atividades do parque industrial existente.

TABELA 3.1

## SUPRIMENTO DE ALUMÍNIO NO BRASIL

Unidade : 1000 t

Ano	PRODUÇÃO PRIMÁRIA							SUCCATA RECUPERADA			IMPORTAÇÕES			Supri- mento	
	Albras	Alcan	Alcoa	Aluvale	Billiton	CBA	Valesul	Total	Nacion.	Import.	Total	Metal Primário e ligas	Semis e manuf- turados		Total
1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,5	0,7	11,2	11,2
1955	-	1,7	-	-	-	1,0	-	2,7	-	-	-	6,7	3,8	10,5	13,2
1960	-	7,4	-	-	-	7,6	-	15,0	-	-	-	15,0	5,6	20,6	35,6
1965	-	15,4	-	-	-	14,2	-	29,6	-	3,0	3,0	21,8	1,3	23,1	55,7
1970	-	25,1	7,9	-	-	23,1	-	56,1	-	8,0	8,0	27,4	13,1	40,5	104,6
1974	-	45,5	29,5	-	-	38,6	-	113,6	16,8	5,6	22,4	104,8	21,0	125,8	261,8
1980	-	87,9	89,3	-	-	83,4	-	260,6	38,5	11,1	49,6	46,7	22,3	69,0	379,2
1985	8,7	120,1	152,5	-	41,6	135,7	90,8	549,4	52,0	0,7	52,7	2,6	3,8	6,4	608,5
1990	194,0	115,9	266,1	51,4	128,7	174,5	-	930,6	60,0	5,0	65,0	2,6	13,5	16,1	1011,7
1991	288,0	113,7	275,9	51,0	206,7	204,3	-	1139,6	62,0	4,4	66,4	2,2	17,4	19,6	1225,6
1996	339,7	93,4	283,4	50,2	210,7	220,0	-	1197,4	143,0	2,6	145,6	8,6	74,5	83,1	1426,1

FONTE: ABAL [23]

De acordo com a Abal, a sucata recuperada passou a ser considerada, para efeito de suprimento total, no ano de 1961, sem contudo se fazer menção à origem da mesma. Já no ano de 1974 observa-se a contribuição da sucata recuperada nacional, em quantidade superior à importada.

Embora agregada ao suprimento total, o alumínio reciclado (sucata recuperada) não teve crescimento compatível com aquele referente à produção de alumínio primário.

A Tabela 3.2 traz o consumo aparente de alumínio em alguns países selecionados. Estes números comprovam que em função da sua população, o consumo per capita do Brasil está muito aquém dos demais países listados na referida tabela.

TABELA 3.2

## CONSUMO APARENTE DE AL EM PAÍSES SELECIONADOS

Unidade : 1000 t

PAÍSES	1995	1993	1991	1989	1987
ESTADOS UNIDOS	7954,8	7872,2	6431,1	6345,7	6466,1
JAPÃO	3939,3	3587,4	4012,3	3589,4	2689,3
ALEMANHA	2195,2	1713,8	2046,7	1849,3	1539,1
FRANÇA	1041,1	843,2	975,3	961,1	799,2
CANADÁ	746,0	745,0	586,0	738,0	567,0
REINO UNIDO	649,5	1059,4	606,0	655,0	612,0
BRASIL	503,1	389,2	338,0	392,7	411,0
HOLANDA	443,2	335,7	226,8	258,5	216,8
ESPAÑA	375,0	324,0	309,0	272,0	250,9
AUSTRÁLIA	330,5	319,1	288,1	336,7	280,7

FONTE : ABAL [23]

A Tabela 3.3 apresenta a composição do consumo mundial de alumínio, em 1995, com destaque para a sucata recuperada e a relação desta com o consumo doméstico e a produção primária.

Observando a relação sucata recuperada/produção primária, nota-se que o Brasil (9,8 %) e o Canadá (4,5 %) apresentam uma recuperação de sucata pouco expressiva quando comparados aos demais países. Deve-se salientar, entretanto, situações atípicas como a do Japão (7051,7 %) que praticamente não produz alumínio primário em seu território mas é o segundo maior consumidor no mundo (3888,7 t), estando atrás apenas dos Estados Unidos (8031,7 t).

Ainda neste contexto merecem destaque a Alemanha (117,2 %), onde a sucata recuperada apresenta volume superior à própria produção de alumínio primário, o que significa dizer que reciclam o que produzem e parte do que importam; a França; o Reino Unido e os Estados Unidos, com porcentagens superiores a 94 %.

Ao considerar a relação sucata recuperada/consumo doméstico, deve-se ter em mente a dimensão do mercado de reciclagem, nos países. Assim a Holanda (43,2 %) se vale bem do alumínio consumido internamente, ao passo que o Brasil (23,2 %), bem como a Austrália (12,1%) e o Canadá (13,1 %) deixam a desejar quanto ao aproveitamento do mercado potencial de reciclagem, não só comparativamente à Holanda, mas também com relação a média dos demais países, que está acima dos 30 %. Uma “desculpa” teórica para estes países é que são grandes produtores e exportadores de alumínio primário e possuem consideráveis reservas de bauxita.

O ponto negativo para a não adoção de uma política voltada à reciclagem do alumínio, diz respeito ao fato básico da mesma ser do ponto de vista ambiental, como também econômico e energético, mais interessante que a produção do alumínio primário.

TABELA 3.3  
COMPOSIÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE ALUMÍNIO EM 1995

(1000t)

	Estados Unidos	Japão	Alemanha	França	Canadá	Reino Unido	Brasil	Holanda	Austrália
a) Produção Primária	3375,2	18,0	575,2	364,5	2172,0	237,9	1188,1	216,0	1283,9
b) Consumo Doméstico	8031,7	3888,7	2181,1	1020,4	739,0	649,5	503,1	443,2	311,9
c) Sucata Recuperada	3188,0	1269,3	674,3	352,4	97,0	229,7	116,7	191,5	37,7
d) Consumo Aparente	7954,8	3939,3	2195,2	1041,1	746,0	649,5	600,0	443,2	330,5
e) Cons. per Cap (kg/haab)	30,3	31,4	26,9	17,9	26,2	11,1	3,9	28,8	18,3
f) Suc.Rec./C.Dom. (%)	39,7	32,6	30,9	34,5	13,1	35,4	23,2	43,2	12,1
g) Suc.Rec./P.Prim. (%)	94,5	7051,7	117,2	96,7	4,5	96,6	9,8	88,7	2,9

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA / ABAL [23]

Como agravante, para o caso brasileiro, notamos que apesar de se tratar de um grande produtor e exportador de alumínio, não é dos melhores recuperadores de sucata, e apresenta consumo per capita (3,9 kg/hab.) muito abaixo daquele praticado em diversos países que usam o alumínio mais intensamente.

A Tabela 3.4 apresenta o consumo de alumínio, em países selecionados, destacando-se a maior porcentagem em cada setor. Assim por exemplo, no setor da construção civil, constata-se que a Itália é o país que mais emprega alumínio, 31,7 % do seu consumo total. A França por seu lado se destaca nos setores de transporte (38,2 %) e no da indústria de eletricidade (13,9 %). A Espanha está à frente dos Estados Unidos no setor de embalagens (29,6 %). Neste setor o Brasil também se destaca com 24,7 % em 96.

Como pode ser visto, para efeito de comparação de consumo, não basta se ater apenas aos valores percentuais, deve-se também avaliar o volume, o consumo per capita e o consumo total, para uma boa avaliação da magnitude da indústria do alumínio na região considerada.

O país que mais utiliza alumínio, em valores per capita, no mundo, é o Japão com 31,0 kg/hab., acima dos Estados Unidos (30,6 kg/hab.); Holanda (28,8 kg/hab.) e Alemanha (26,7 kg/hab.). Curiosamente a produção de alumínio primário no Japão é uma das mais insignificantes dentre todos os países listados como produtores do metal (18.000 t/ano).

Sempre ponderando os dados que apontam os maiores consumidores (em volume ou percentualmente) nos diversos setores de uso do alumínio, constata-se que o setor de transportes é o mais representativo para a maior parte dos países. Assim, além da França (38,2 %) já destacada acima, aparecem a Espanha, a Alemanha e os Estados Unidos com porcentagens superiores a 32 % do seu consumo total. Em outras palavras, ao redor de uma terça parte do consumo total de alumínio destes países é voltada para o setor de transportes. A exceção é a Itália, onde a construção civil prepondera (32,1 %).

TABELA 3.4

CONSUMO DE ALUMÍNIO POR SETOR, EM PAÍSES SELECIONADOS ( 1995 )

Setor	Construção civil		Transportes		Indústria de Eletricidade		Bens de cons. e manufaturados		Embalagens		Máquinas e Equipamentos		Outros		Total	
	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)
Países	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)	Volume (1000 t)	(%)
EUA	1215,2	14,7	2601,8	31,5	656,8	8,0	620,5	7,5	2307,9	28,0	569,3	6,9	279,0	3,4	8250,3	100
Japão	930,0	24,8	1155,8	30,8	251,5	6,7	488,7	13,0	415,3	11,1	138,3	3,7	369,5	9,9	3749,1	100
Alemanha	254,1	19,9	429,3	33,7	70,4	5,5	50,3	3,9	127,2	10,0	118,1	9,3	226,3	17,7	1275,7	100
Itália	312,6	31,7	230,5	23,4	72,8	7,4	102,8	10,4	119,5	12,1	86,1	8,7	62,5	6,3	986,8	100
França	82,0	13,6	231,1	38,2	84,3	13,9	25,1	4,1	71,2	11,8	33,3	5,5	78,2	12,9	605,2	100
Brasil*	94,0	16,9	117,5	21,1	51,8	9,3	75,4	13,6	137,1	24,7	21,9	3,9	58,3	10,5	556,0	100
Reino Unido	75,3	16,1	109,8	23,5	23,9	5,1	18,2	3,9	104,7	22,4	44,3	9,5	91,1	19,5	467,3	100
Espanha	20,9	5,3	81,3	35,1	19,5	8,4	13,8	6,0	68,7	29,6	13,3	5,7	23,0	9,9	231,9	100

\* 1996 ; FONTE: ABAL [23]

Conforme visto acima, fica clara a existência de mercado para a reciclagem do alumínio, cujos benefícios, Couto assim resumiu [47] :

a) Econômicos

- maior valor econômico: sucata de alumínio (US\$ 800/t);
- alto rendimento energético.
  - \* a reciclagem consome 0,75 kWh/kg de alumínio; equivalente a 5 % da energia para obter o Al primário (15 kWh /kg)

b ) Sociais

- mais emprego, através da coleta da sucata;
- possibilidade de implantação de pequenas unidades fabris

c) Ambientais

- pode ser refundido (reciclado) infinitamente;
- preservação de reservas naturais: 1 tonelada reciclada evita o consumo de 5 toneladas de minério (bauxita).

### 3.2.1 - O ALUMÍNIO E O MEIO AMBIENTE

A indústria do alumínio primário tem por característica, o consumo intensivo de energia elétrica, visto que o processo metalúrgico utilizado é a redução eletrolítica.

Com a descoberta da bauxita na Amazônia, nos anos 60, o governo federal, sob a justificativa de promover a interiorização do desenvolvimento industrial, envidou esforços no sentido de viabilizar a indústria do alumínio naquela região. Neste contexto, se propôs a oferecer condições especiais para atrair investidores nacionais ou estrangeiros e permitir a consolidação das empresas que viessem a se interessar por tal oportunidade.

A mais notória e polêmica oferta feita pelo governo federal diz respeito à energia elétrica fornecida com tarifas subsidiadas. A usina de Tucuruí, no Tocantins, que deveria ter a participação do setor privado na sua construção, foi concluída com o governo federal assumindo inteiramente a responsabilidade pelo financiamento da obra. Há de se lembrar que as questões relativas ao impacto ambiental decorrentes da instalação de unidades de geração de energia elétrica, não eram, naquele período, adequada e exaustivamente abordadas, tampouco discutidas.

As questões ambientais, na produção do alumínio primário, não se restringem àquelas pertinentes à geração de energia elétrica. Na realidade abrangem também tópicos pertinentes às emissões atmosféricas e líquidas, bem como à geração de rejeitos sólidos, classificados como tóxicos e/ou perigosos.

Como se sabe, a produção de alumínio primário, no Brasil, se tornou viável, não somente pela oferta de energia elétrica subsidiada, mas também pela forma “branda” com que foram abordadas as questões sócio-ambientais relativas ao empreendimento, como um todo.

A conjuntura político-econômica do país, ao longo dos últimos anos, associada à pressão das entidades ambientalistas, redundou na dificuldade de obtenção de recursos financeiros para os programas de geração de energia elétrica, em especial na Amazônia.

A falta de recursos financeiros e o crescimento da consciência ecológica fazem com que as preocupações da sociedade quanto à magnitude e forma de implantação das indústrias eletrointensivas, deixem de ser latentes.

Com o intuito de minimizar as conseqüências desta situação adversa, as autoridades federais e estaduais têm dado destaque aos seguintes pontos, nos programas de governo:

- proteger o meio ambiente;
- evitar o desperdício de recursos naturais não renováveis e
- usar a energia de forma mais racional.

Esta cobrança por parte da sociedade e do governo, fez com que a indústria do alumínio investisse na instalação de equipamentos e sistemas, com vistas à competitividade industrial do setor, bem como à proteção e o controle ambiental.

A produção do alumínio primário engloba as fases de mineração da bauxita, produção da alumina e sua redução eletrolítica, dando origem ao alumínio metálico. Nesta linha de produção, os impactos ambientais estão mais relacionados ao desmatamento; à degradação das áreas de mineração de bauxita; à emissão de efluentes líquidos (lama vermelha) no processo de refino de alumina; à emissão de gases na redução da alumina, para a obtenção do alumínio; à geração de resíduos sólidos perigosos, que se constituem dos revestimentos gastos de cubas, onde se dá a redução eletrolítica; e à poluição sonora, com efeitos sobre a fauna, a flora e à saúde humana.

Para se evitar a desolação da área minerada, em função da erosão, nos períodos de chuvas, perda das potencialidades agrícolas, paisagísticas e de sobrevivência da fauna local, há a obrigatoriedade de recuperá-la. Tal medida deve ser proporcionada por meio da revegetação das áreas mineradas, com o plantio de espécies nativas, de modo a assegurar a recuperação da paisagem original e a proteção da fauna local. [48]

De acordo com a Alcoa, no início, para a revegetação das áreas mineradas, adotou-se o plantio de florestas homogêneas, principalmente eucaliptos, e de pastagens com gramíneas exóticas. Esta técnica cedeu lugar para um trabalho mais avançado, que se baseia no plantio de espécies nativas. As atividades de mineração de bauxita da Alcoa, no Brasil, estão localizadas em Poços de Caldas (MG), onde é possível verificar os esforços realizados para a revegetação das áreas.

Segundo a Abal, também a Mineração Rio do Norte (MRN) desenvolve bons trabalhos de revegetação das áreas mineradas, no estado do Pará. Ainda neste contexto é citado o trabalho da Alcan, em Cataguases e Ouro Preto (MG).

Tudo faz crer que a recuperação das áreas mineradas, não se trata de questão de fácil e barata solução. Acero classifica e descreve resumidamente, os principais problemas

ambientais pertinentes à indústria da bauxita, da alumina e do alumínio no Brasil. Nota-se que há muito por fazer no sentido de se evitar ações degradantes para o meio ambiente. [49]

A Figura 3.1 apresenta vista aérea de área minerada e já reabilitada pela Mineração Rio do Norte (MRN), no estado do Pará.



FIGURA 3.1  
ÁREA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA, JÁ REABILITADA

FONTE: ABAL [50]

O segundo ponto na cadeia produtiva do alumínio, que chama a atenção quanto ao impacto ambiental, diz respeito ao resíduo gerado no processo de refino da alumina. O

resíduo em questão é constituído por uma solução aquosa, contendo partículas finas que estiveram em contato com solução concentrada de soda cáustica. Após a recuperação de parte da soda (hidróxido de sódio), o efluente resultante (lama vermelha), que ainda contém de 10 a 15 % de soda, é lançado para sedimentar, em lagos artificiais selados. A Alcoa afirma que tem se valido deste método de disposição de resíduos de bauxita, com sucesso nos Estados Unidos, Austrália, Suriname e nas suas instalações no Brasil. Ainda de acordo com esta empresa, uma vez preenchidos, os lagos de resíduos de bauxita são recuperados e podem ser utilizados para quaisquer outros fins. [48]

As Figuras 3.2 e 3.3 mostram como é preparado um lago selado de resíduos de bauxita e um exemplo do mesmo em São Luís (Ma.), sob responsabilidade da Alumar.

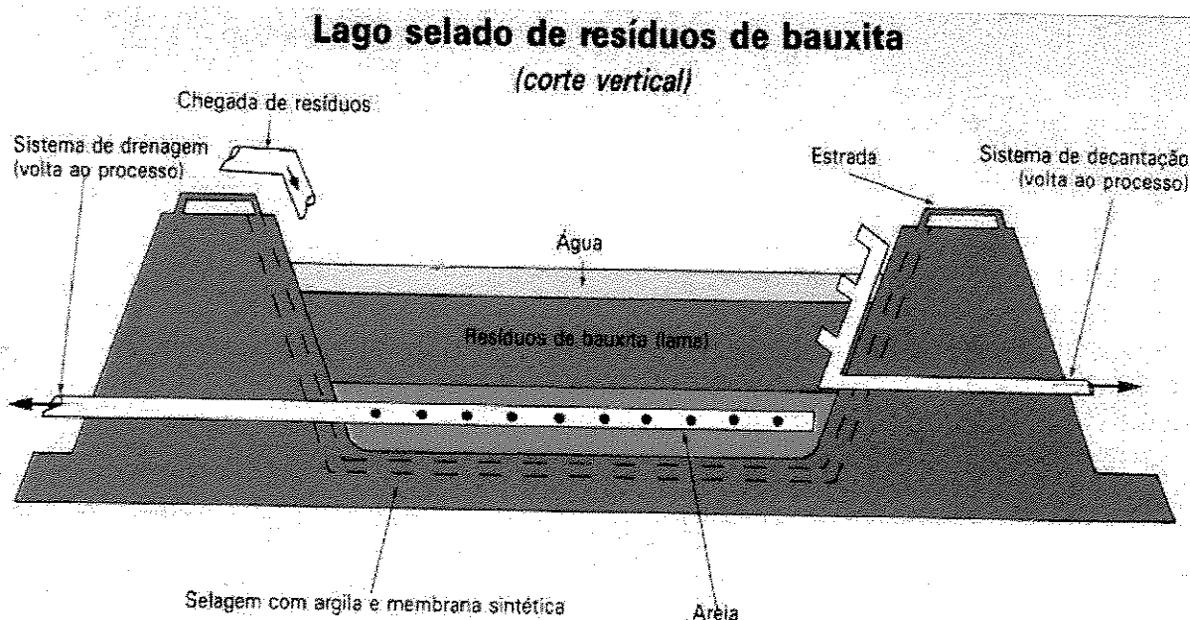


FIGURA 3.2

### LAGO SELADO DE RESÍDUOS DE BAUXITA

FONTE : ALCOA [48]

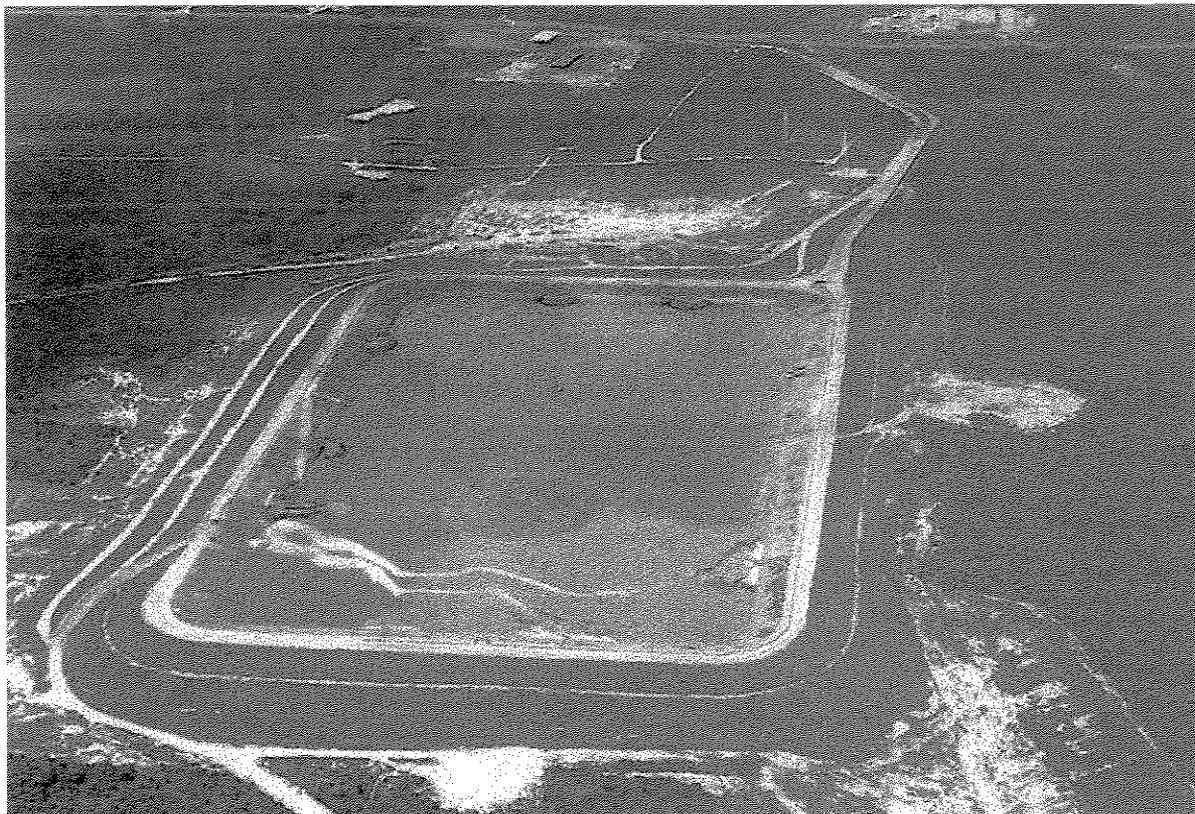


FIGURA 3.3  
DIQUE DA ALUMAR, EM SÃO LUÍS (Ma.)

FONTE : ALCOA [48]

Nas unidades de redução da alumina, o alumínio é obtido em cubas, a altas temperaturas (Figura 3.4). Neste local podem ser identificadas duas situações importantes quanto às conseqüências para o meio ambiente.

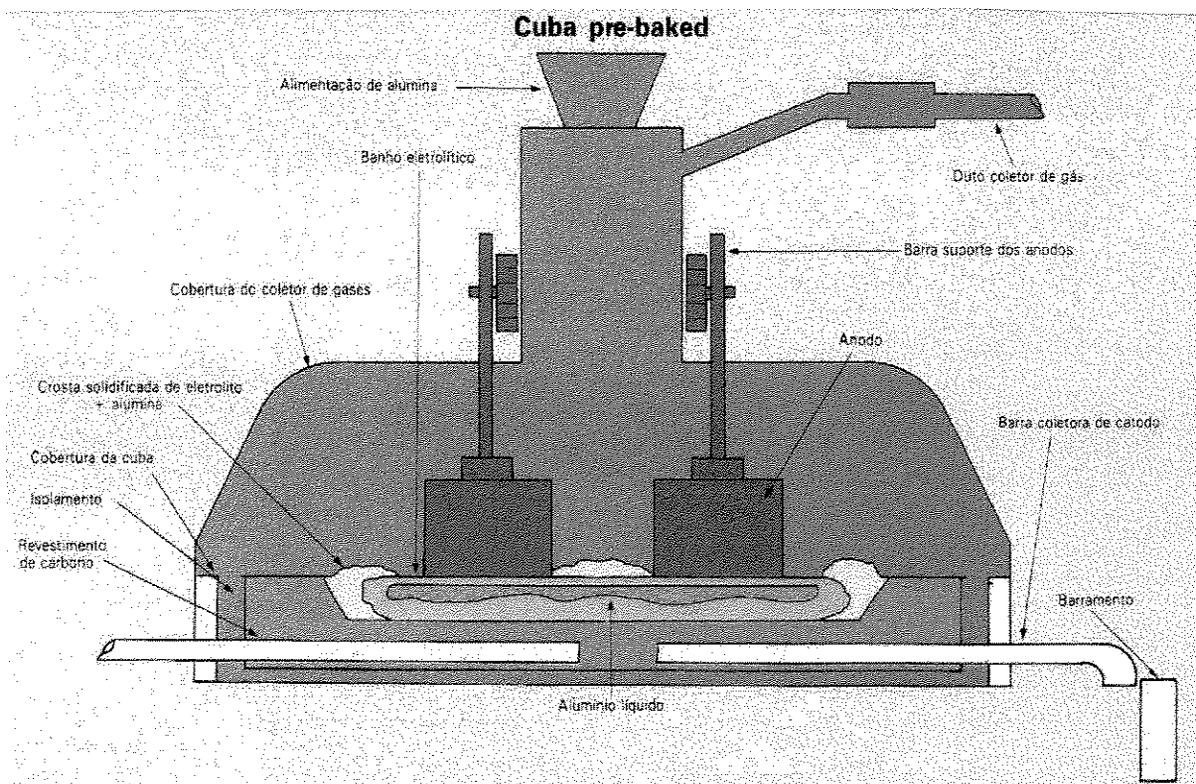


FIGURA 3.4  
CUBA DE REDUÇÃO DA ALUMINA

FONTES: ALCOA [48]

A primeira diz respeito à geração, durante o processo, de gases ricos em flúor (fluoretos de alumínio), e que são emitidos pelas cubas. Estes gases se não tratados de forma adequada podem redundar em danos ambientais nas regiões próximas à instalação.

O Consórcio Alumar (São Luís - Ma), formado pelas empresas Alcoa Alumínio S.A. e a Billiton Metais S.A., se vale de um sistema a seco, de tratamento e recuperação dos gases, que segundo a Abal é capaz de captar e reciclar mais de 99 % dos fluoretos contidos nas

emissões do processo. Os fluoretos que deixam de alcançar a atmosfera, são reciclados para o processo de fundição.

A Figura 3.5 mostra o princípio de funcionamento deste sistema de tratamento (reator 398 / A-398). A Alcoa, empresa que desenvolveu o sistema em questão, na década de 50, o emprega em todas as salas de cubas, em suas instalações. [48]

Sobre a eficiência dos sistemas de controle de emissões, alguns trabalhos dão conta que a quantidade de gases emitidos pelas instalações citadas, apresentam valores próximos a 0,5 kg/tonelada de alumínio produzido. De acordo com estas referências, tais valores estão abaixo dos padrões internacionais, que estão na faixa de 1,25 kg/t de Al. [25 ; 50 ; 51]

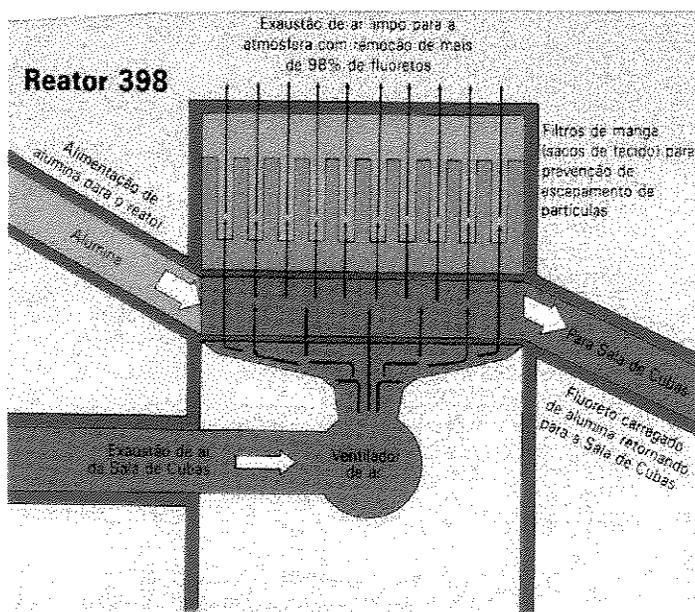


FIGURA 3.5  
REATOR 398/A-398, DA ALCOA

FONTE: ALCOA [48]

A segunda questão de impacto ambiental, relacionada às unidades de redução, diz respeito à geração de revestimentos gastos das cubas (RGC), como resíduos sólidos contaminados, e que são classificados como perigosos, devido a presença de fluoretos, sódio e cianetos lixiviáveis. Em presença de umidade, emite amônia e metano. decorrentes, respectivamente das reações do nitreto e carbeto de alumínio com a água. [52]

Os RGC são identificados pela CETESB, como sendo resíduos sólidos industriais, pelos códigos K088 e K200, tendo como constituinte mais representativo o cianeto (complexo).

Quanto à legislação ambiental federal, os RGC são cobertos pelas normas técnicas ABNT 10.004 a 10.006 que versam sobre a classificação e as condições de ensaios com os mesmos. Embora a área de meio ambiente não esteja totalmente a descoberto, nota-se incerteza quanto aos instrumentos legais que abordam a preparação, transporte e reutilização dos RGC, em outros processos industriais. [53 ;54; 55]

No Brasil, calcula-se que sejam gerados, anualmente, 35 kg, em média, de RGC por tonelada de metal produzido. [56]

Para uma produção de 1.197.000 t (1996) de alumínio primário, estima-se que tenham sido gerados aproximadamente 41.895 t de RGC. Este volume deve ser somado ao total anteriormente gerado, que faz com que se tenha idéia da magnitude do problema econômico - ambiental existente.

Segundo Brant Filho, gerente divisional de tecnologia e meio ambiente da Alcan, o custo de disposição do RGC é da ordem de US\$ 200 a tonelada. [56]

Com base neste valor, calculamos que a disposição do RGC gerado em 1996 deve ter custo ao redor de US\$ 8.379.000, supondo que as questões referentes ao gerenciamento ambiental do mesmo, tenham sido consideradas na planilha de custos.

No início, a prática das indústrias do alumínio primário, em relação ao gerenciamento desse material (RGC), era a de dispô-lo em aterros industriais localizados em suas próprias áreas. Nas unidades mais recentes, evoluiu-se para a estocagem em galpões cobertos, com paredes e pisos de concreto, enquanto se aguarda opção viável para a reutilização do mesmo, visto que se trata de solução paliativa.

Quanto à reutilização dos RGC, o principal desafio constitui-se em desenvolver opções, ao mesmo tempo, economicamente viáveis e ambientalmente seguras, em conformidade com todos os padrões e exigências do controle ambiental.

A nível internacional, diversas alternativas visando o reuso, foram desenvolvidas para o setor siderúrgico; da indústria do cimento; cerâmica vermelha, e fabricação de lã de rocha. [52]. Apesar do esforço realizado, não foram encontradas referências que atestem a existência de técnicas que sejam simultaneamente econômicas e ambientalmente aceitas, para efeito da reciclagem ou reaproveitamento do RGC.

Como exemplo de utilização proposta para este tipo de rejeito industrial, pode-se citar a tecnologia desenvolvida pela Alcan Alumínio do Brasil, que se baseia na reciclagem do RGC. O rejeito industrial reciclado passou a ser comercialmente chamado de “alucoque” e estando moído, em granulometrias específicas para uso na mistura com argila, tem aproveitamento nas indústrias cerâmicas, para a fabricação de tijolos, telhas e outros produtos cerâmicos, com ganho de qualidade e economia de energia, segundo a Alcan. Esta empresa patenteou o processo no país, na década de 80, e a estava repassando à Alcoa em 1993. [56]

Ao citar tal exemplo, aparentemente entra-se em contradição com o que foi atestado pouco antes, ou seja, a inexistência de alternativa aceitável para a reutilização do RGC. Na realidade, a afirmação foi feita baseada no tempo de existência desta tecnologia, mais de 10 anos, e pelo fato da mesma não ser largamente utilizada, caso contrário seria objeto de inúmeras publicações internacionais, para a felicidade das indústrias do setor e contentamento dos ambientalistas. Até onde foi possível se valer de bibliografia internacional, constatou-se de que não se trata de prática internacional.

Há de se convir que o emprego desta tecnologia, mesmo tendo satisfeito os critérios de aceitação pertinentes aos aspectos ambientais, tem de ser economicamente viável. Para tanto devem ser considerados não somente os custos relativos ao transporte do mesmo até o local de uso, mas também da existência de mercado para os produtos da indústria cerâmica, que justifique tal uso e movimentação.

Assim tome-se como exemplo o caso brasileiro, onde parte das indústrias do alumínio está localizada em regiões povoadas e as demais na Amazônia. A primeira vista, para o primeiro caso, o emprego do “alucoque” pode se tornar viável. Já no tocante às unidades localizadas na Amazônia, não há como viabilizar o seu emprego em eventuais indústrias cerâmicas, visto que não possuem mercado a nível de escala. Desta forma a alternativa de transportar o “alucoque” da Amazônia para outras regiões do Brasil, é algo que em princípio não tem justificativa econômica pelo custo da movimentação, e pelo custo ambiental devido aos riscos inerentes à movimentação deste tipo de material.

Em resumo, o gerenciamento ambiental do setor do alumínio, deve considerar o impacto ocasionado pela mineração da bauxita; a emissão de efluentes líquidos e gasosos; bem como a geração de rejeitos sólidos perigosos. A estes tópicos deve ser acrescida, a avaliação dos impactos ambientais resultantes da construção de usinas de geração de energia elétrica.

### **3.2.2 - O CICLO DE VIDA DO PRODUTO**

Nos últimos anos, alguns produtos e setores industriais vêm sendo alvos de críticas e pressão por parte de órgãos governamentais, entidades ambientalistas, e da parte mais dinâmica e esclarecida da população, no que tange ao esgotamento de recursos naturais, energéticos, bem como ao impacto ambiental resultante da fabricação e uso dos mesmos.

Conforme o conceito de triângulo de equilíbrio, definido por G. da Silva, “os recursos materiais, os energéticos e os ambientais são tão intimamente relacionados e interdependentes que a preocupação com respeito à sua utilização passa a ser do equilíbrio no seu uso, sem priorizar qualquer deles, em detrimento dos outros”.

O desequilíbrio exagerado no triângulo, ainda de acordo com o referido autor, levará a sociedade como um todo, a enfrentar sérios riscos de extinção, que podem ser evitados com a conservação e o reaproveitamento (reciclagem) dos recursos, entre outras medidas. [57]

Há de se salientar que a reciclagem não atinge 100 % de aproveitamento das sucatas,

já que há perdas nos processos por razões técnicas e/ou econômicas. A esta constatação acrescenta-se o fato de que, de forma geral, os produtos industrializados, não se tornam necessariamente sucata a curto prazo. Em outras palavras, sempre haverá a necessidade da sociedade se valer dos recursos naturais, para a produção de bens de consumo, atenuando o risco de esgotamento rápido dos mesmos pela reciclagem e/ou substituição por outros materiais.

Com o objetivo de avaliar o impacto ambiental dos produtos, algumas instituições americanas e européias vem desenvolvendo métodos de abordagem desta questão, onde consideram o produto desde a sua origem, até a disposição final (“from cradle to grave”) dos mesmos. Estes métodos, de forma mais abrangente, são conhecidos como Análise do Ciclo de Vida dos Produtos (“Product Life Cycle Analysis”).

Klöpffer e Rippen dão mostras de como pode ser feita uma análise do ciclo de vida de um produto, de modo simplificado, onde são abordados tópicos específicos (balanço energético e volume de rejeito gerado). [58]

A Figura 3.6 apresenta as etapas básicas do ciclo de vida do produto. Por ela temos idéia da extensão de uma análise completa de qualquer produto, ou seja, como pode ser complexa se considerarmos a análise de um produto composto de diferentes materiais, oriundos de diversos fabricantes.

Empresas verticalizadas ou que podem obter dados dos fornecedores de materiais, por eles utilizados, definem a extensão da análise do ciclo de vida dos seus produtos finais. Assim, algumas delas estão interessadas em determinar como diminuir o volume de rejeito gerado, outras como se valer de materiais que necessitem menos energia no seu trato, ou ainda que sejam responsáveis pela mínima emissão de poluentes, para estarem em conformidade com a legislação ambiental vigente.

Como se vê, não considerando questões econômicas de exequibilidade de um produto, mas somente do ponto de vista de impacto ambiental dos mesmos, o estudo pode abarcar individual ou conjuntamente o consumo de energia, a emissão de poluentes, bem como o tipo e a quantidade de rejeito gerado.

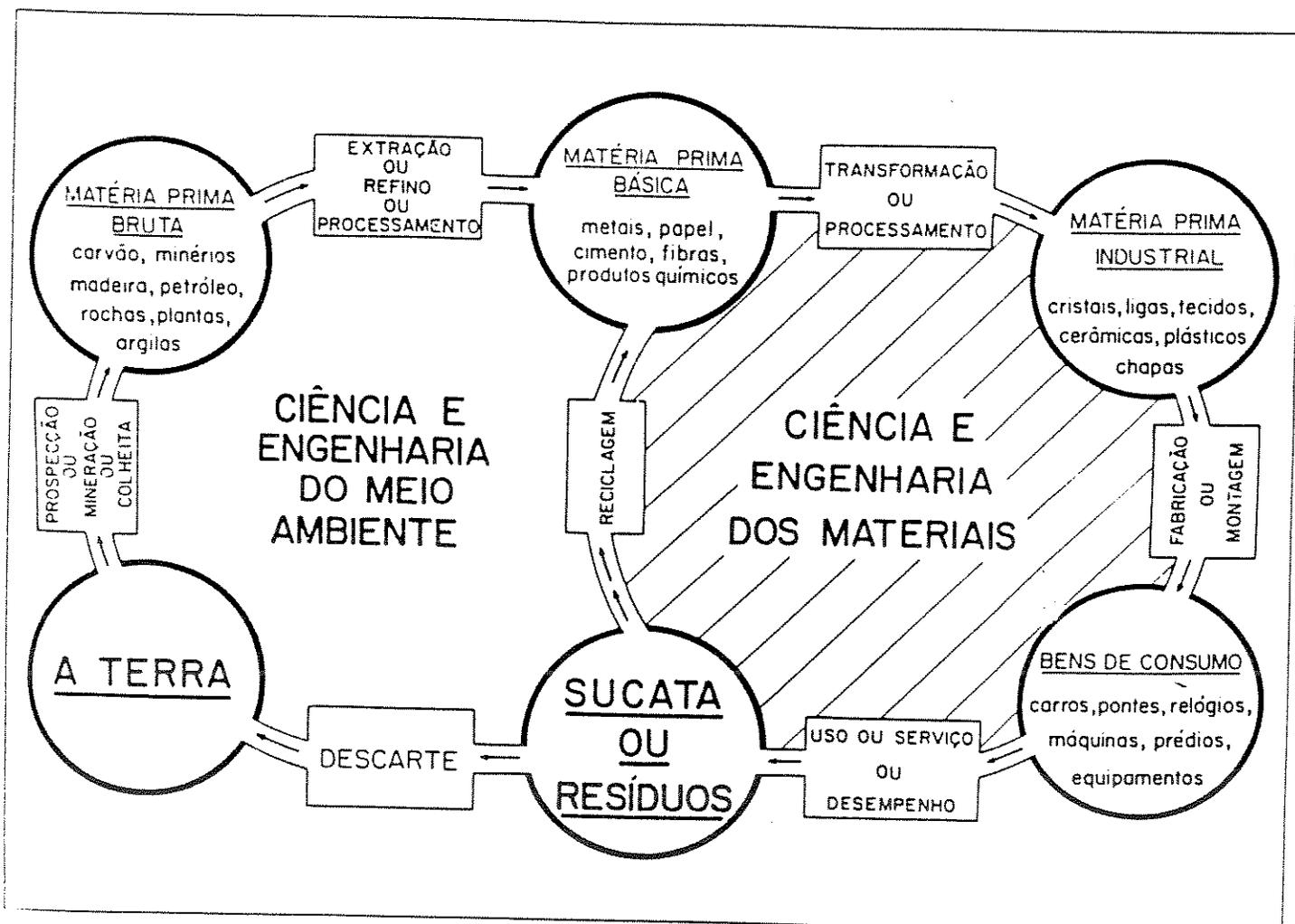


FIGURA 3.6

## ETAPAS BÁSICAS DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO

FONTE: Silva [57]

A fabricação de produtos em harmonia com o meio ambiente (uso de materiais menos eletrointensivos, emissão controlada de poluentes e geração mínima de rejeitos) pode fazer com que recebam o aval das autoridades ambientalistas, e assim terem boa aceitação da sociedade.

A agência de proteção ambiental americana (U.S. E.P.A), em 1993, ciente da não obrigatoriedade no uso desta ferramenta de avaliação, se mostrava interessada em encorajar as empresas a adotá-la, pelo seu valor como técnica de análise e certamente pela repercussão junto ao público. [59]

A abordagem da indústria do alumínio primário, tendo em vista a avaliação do impacto ambiental do mesmo (uso de recursos naturais e de energia; emissão de poluentes; disposição final), defronta-se com questões já mencionadas neste capítulo, como a mineração da bauxita, a eficiência no uso da energia elétrica, a geração e emissão de poluentes, e/ou rejeitos.

Comparativamente a outros materiais, a primeira vista, o alumínio oferece melhores oportunidades econômicas e ambientais, visto que é extremamente abundante na crosta terrestre (abaixo apenas do oxigênio e do silício) e é passível de ser reciclado com ganhos consideráveis de energia. Para tanto há de se atender concomitantemente todos os requisitos relativos à recuperação da área minerada, aumentar a eficiência energética nos processos de redução eletrolítica, minimizar as emissões de poluentes, e por fim promover a reciclagem.

### **3.2.3 - O MERCADO DE SUCATA DE ALUMÍNIO**

A reciclagem do alumínio, por muito tempo considerada uma atividade não representativa, hoje é uma tendência a nível mundial. A fabricação de alumínio secundário se deve há vários fatores de ordem conjuntural, dos quais pode-se destacar: o crescimento da consciência e/ou pressão ecológica e as vantagens econômicas (menor custo de produção, 80 a 85 % do custo de produção do alumínio primário; menor consumo de energia, 5 % do gasto de energia necessária à produção do alumínio primário; viabilidade de produção em escala reduzida).

A escassez de aterros sanitários e industriais, aliada às outras questões ambientais e econômicas, fez com que alguns países europeus, em especial a Alemanha, estabelecesse leis específicas sobre embalagens, objetivando entre outras coisas, diminuir o volume de rejeitos gerados. Desta forma, naquele país, os supermercados são obrigados a aceitar de volta 72 % de embalagens reutilizáveis e 28 % de descartáveis. Quanto à fabricação, a partir de 1995, há a obrigatoriedade de se reciclar 90 % das latas de alumínio. [60] A Alemanha reciclou 674.300 t de alumínio, em 1995, estando em termos de volume, apenas atrás dos Estados Unidos (3.188.000 t) e do Japão (1.269.300 t). [23]

A sucata de alumínio pode ser dividida em 2 tipos: a industrial (retalhos gerados nas próprias fábricas) e a de obsolescência (materiais de Al que chegaram ao final da sua vida útil).

A coleta dos rejeitos de alumínio é efetuada por catadores e sucateiros que recolhem toda gama de produtos descartados pela população, bem como as sobras de processos industriais. Grandes produtores de Al, como a Alcan (Pindamonhangaba e Utinga) e Alcoa reciclam toda sucata gerada internamente. A LATASA (associação da Reynolds; do Bradesco e do J. P. Morgan) pioneira na fabricação de latas de Al no Brasil, instituiu um programa de coleta de latas descartadas, envolvendo 1.320 escolas, 210 supermercados, 65 entidades beneficentes/igrejas e mais de 2.000 sucateiros, no país. Este programa, juntamente com aquele desenvolvido pelas grandes empresa são os únicos que podem fornecer, com relativa segurança, dados sobre as dimensões do mercado de sucata de alumínio no Brasil.

Para se ter idéia da participação do setor de latas de alumínio, no mercado nacional, verifica-se que a produção da Latasa, em 1994, foi de 1,9 bilhão de unidades. O peso aproximado de cada lata é da ordem de 16,67 g (60 latas - 1 kg de Al), o que significa dizer que para a produção daquele montante de unidades, foram necessárias em torno de 31.673 t de Al, sem considerar perdas e retalhos de processo.

O consumo doméstico de Al, em 1994, atingiu 466.500 t , assim a Latasa foi responsável por 6,8 % deste total. Segundo estimativas da empresa, a produção em 1995, foi prevista para ser da ordem de 3,5 bilhões de unidades, atingindo 5,5 bilhões, em 1996. O número de latas previsto pela empresa demonstra a expansão do setor de embalagens no país.

Em 1996 foi este o setor que mais consumiu alumínio, com 137,1 mil toneladas que significaram 24,7 % do total. [23; 61]

A Figura 3.7 mostra de forma simplificada, o fluxo de sucata de Al, sem considerar a variante representada pelas indústrias que reciclam os retalhos dos próprios processos de produção (Alcan, Alcoa).

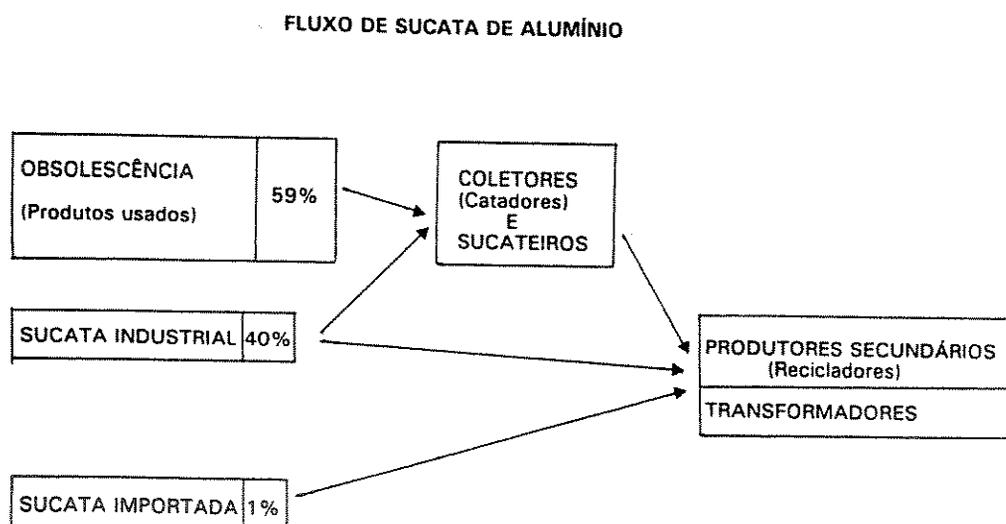


FIGURA 3.7  
FLUXO DE SUCATA DE ALUMÍNIO

FONTE: ABAL [24]

A Figura 3.8 apresenta o fluxo de operação industrial, no processo de produção do alumínio secundário (reciclado).

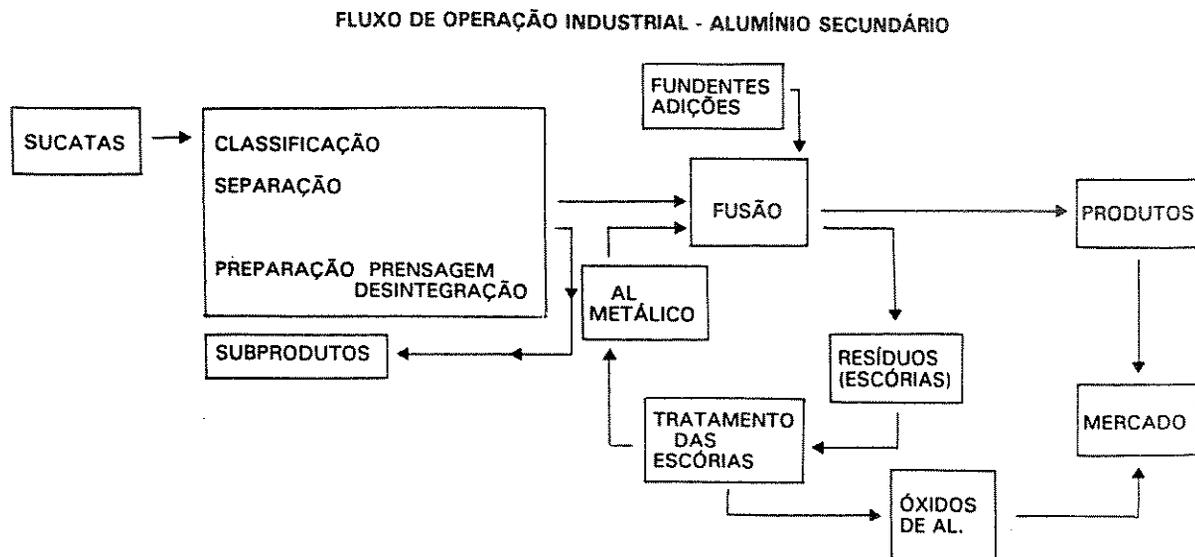


FIGURA 3.8  
PRODUÇÃO DO AL SECUNDÁRIO

FONTE: ABAL [24]

A Figura 3.9 traz o ciclo de uso e reciclagem das latas de alumínio, que pode ser quantificado em função dos dados publicados pela Latasa.

Para se estimar as dimensões máximas de um mercado de sucata, deve-se avaliar o montante de sucata industrial e de obsolescência. Como citado acima, o setor de latas possibilita quantificar a sua participação; o volume de retalhos gerados nos grandes produtores de Al também podem ser obtidos.

A maior dificuldade na aquisição de dados, está nas sucatas de obsolescência, em virtude do ciclo de vida dos produtos (5 a 40 anos) e pelo fato da população “esticar” o período de uso de produtos em mal estado (painéis velhos, esquadrias, ferramentas etc.). Desta forma não se sabe quando e quanta sucata estará disponível. Por vezes pode ser descartada ou ainda em função do inexistente/ineficiente sistema de coleta, não é reciclado, sendo disposto em aterros sanitários e/ou industriais.

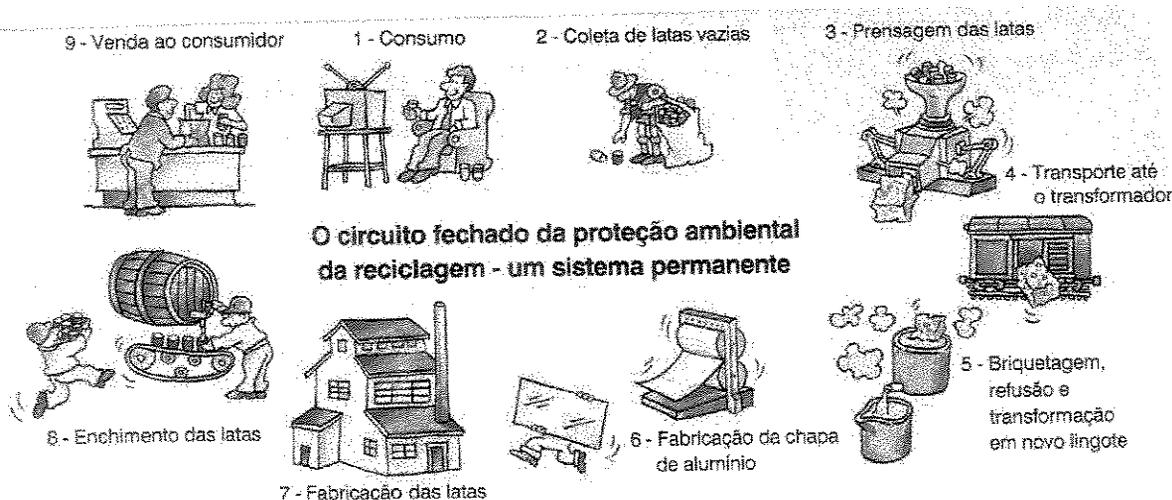


FIGURA 3.9

## CICLO DE USO E RECICLAGEM DAS LATAS DE AL

FONTE : ABAL [50]

No estudo da competitividade da indústria do alumínio, sob o auspício do Ministério Da Ciência e Tecnologia, em 1993, destacou-se como condicionantes ao dimensionamento do mercado de reciclagem, os seguintes elementos:

- o ciclo de vida dos produtos de alumínio (sucata de obsolescência);
- a eficiência das unidades produtivas quanto ao reaproveitamento de retalhos (sucata industrial);
- a eficiência de recolhimento de sucata e sua transferência aos refusores;
- o preço pago nos centros de recolhimento, aos catadores de sucata;
- a capacitação dos refusores em termos de nível tecnológico dos processos e da qualidade do produto gerado (lingote secundário);
- a intensidade das pressões ecológicas e
- a concentração da produção de semi manufaturados e transformados e sua proximidade em relação aos refusores. [25]

Em relação aos itens acima, ainda não abordados anteriormente, cabem mais algumas considerações, como se segue.

A reciclagem média mundial está acima de 30 % (com relação ao consumo doméstico), enquanto que no Brasil está ao redor de 23 % (1995), ou seja, estamos abaixo do valor médio prático e não considerando as taxas de recuperação de sucata de países como a Holanda (43,2 %) e Estados Unidos (39,7 %). Como o índice de reciclagem de latas de alumínio no Brasil é expressiva (61 %, em 1996) pode-se inferir que há perdas nas demais formas de uso do metal. O processo de refusão, no Brasil, apresenta rendimento de 75 %, quando em outros países é de 92 %, fato este que confirma a necessidade de aprimoramento tecnológico. [62]

Se o valor da sucata de lata atinge US\$ 1000/t e o preço médio de venda de Estamparia mole (sucata industrial) for da ordem de US\$ 1283/t (junho de 1995), significa dizer que o catador/sucateiro, no extremo inferior da cadeia de reciclagem, contribui com o seu serviço para a satisfação da indústria. [63]

Apesar das dificuldades de se quantificar a sucata de obsolescência disponível, Valiante, em um exercício de estimativa de geração máxima de sucata, calculou como sendo de 150.000 t, o montante para o ano de 1989. No anuário estatístico da Abal, nota-se que naquele ano, 64.000 t foram recicladas e que o consumo doméstico foi de 392.000 t, ou seja, da geração máxima teórica, 43 % foram aproveitadas, mas esta sucata recuperada representou apenas 16 % do consumo interno de Alumínio. [64]

O mesmo autor, numa projeção do volume da sucata recuperada, determinou para a ano de 1995, 105.000 t, já para o ano 2000, o equivalente a 160.000 t . Estes valores representam 21 % e 24 % da demanda total de alumínio, o que significa dizer baixa disponibilidade de sucata e taxa de reciclagem (média mundial acima de 30 %), com relação ao consumo doméstico. A estimativa feita por Valiante foi razoável visto que a sucata recuperada em 1995 e 1996 chegou respectivamente a 114.400 t e 143.000 t.

Para que o alumínio reciclado representasse 33 % do alumínio consumido internamente, dever-se-ia reciclar, em 1994, 155.000 t, ou seja 65.000 t a mais do que foi efetivamente reciclado (90.000 t).

O consumo de energia elétrica para a produção de 65.000 t de alumínio primário, já computado o consumo de energia elétrica, no processo de obtenção da alumina, é de 1,08 TWh (16,64 MWh/t). Este montante é equivalente a 5,5 % do total gasto para a produção brasileira de alumínio primário.

Caso houvesse interesse, disponibilidade e condições para a reciclagem das 65.000 t adicionais de sucata, o consumo de energia elétrica seria reduzido para 49,4 GWh (15,2 MWh /t), visto que representa 5 % da energia gasta na produção do alumínio primário, e dispensa a produção da alumina. Como se pode notar, há uma sensível conservação de energia.

Em resumo, o mercado de sucata de alumínio e a taxa de reciclagem só não são maiores, pela falta de adequação do sistema envolvido e principalmente regulamentação mandatória que estabeleça a obrigatoriedade no uso de taxas crescentes de sucata reciclada, aos molde do que é feito em alguns países. Esta medida seria benéfica, ambiental e energeticamente falando, sem esquecer que o preço da liga secundária, na bolsa de metais de Londres - LME (Cash) é de US\$ 1373,40/t (dezembro de 1996), contra US\$ 1500,63/t do alumínio primário. Estes valores provam que economicamente a reciclagem é bastante rentável.

### **3.3 - A RECICLAGEM DO PAPEL**

As pressões ambientalistas da opinião pública, associadas a uma legislação que estabelece porcentagens mínimas de reciclados, nos novos produtos, são as razões para o crescimento das atividades pertinentes à reciclagem do papel.

A este respeito, a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose - ANFPC, em estudo realizado sobre a reciclagem do papel, se manifestou reconhecendo que o aumento da taxa de recuperação (papel usado coletado, em relação ao total consumido de papel) e de utilização (consumo como matéria prima em relação à produção total de papel e cartão), a nível mundial, é uma tendência inexorável, e que no Brasil, embora “altas”, não acompanham tal tendência de crescimento. [65]

Pelo fato do país ser grande exportador de papel, terá necessariamente que atender às exigências do importador estrangeiro, no que se refere ao uso de fibras secundárias (papel reciclado), sob pena de perda de mercado. Desta forma, fica claro que a indústria nacional de celulose e papel deverá aumentar as taxas de recuperação e utilização, em conformidade com a legislação internacional, que também aborda questões relativas aos processos de branqueamento da pasta, condenando o uso de cloro gasoso para tal.

As aparas obtidas pelas unidades de reciclagem, no Brasil, são provenientes, de acordo com a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), de atividades industriais e comerciais (86 %); residências (10 %) e outros. Como pode se notar não há uma reciclagem expressiva, no que tange ao papel descartado pela população e que tem como destino os aterros sanitários.

Levantamentos feitos por especialistas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo - IPT, mostram que a quantidade de lixo gerada pelo brasileiro, está na faixa de 0,4 a 0,8 kg por habitante por dia, podendo atingir valores mais elevados, nas grandes cidades (0,8 a 1,0 kg). [66]

De acordo com a Prefeitura de São Paulo, o papel e o papelão participavam, em 1990, com 28,4 % (em peso) no lixo gerado na cidade, que hoje está na casa das 12.000 t/dia. Deste total 88 % é levado para os quatro aterros sanitários da cidade, sem ser reaproveitado. Estes números dão uma idéia do quanto se deixa de reciclar, mesmo considerando que parte do papel/papelão contido neste lixo, não é passível de reciclagem, por estarem demasiadamente contaminados ou então estarem agregados a material que inviabiliza tal atividade. Neste caso há ainda a alternativa de incineração do mesmo, com ganho energético. [66; 67; 68]

A Tabela 3.5 apresenta a produção e disponibilidade (produção + importação - exportação) de papel e papelão, bem como a taxa de recuperação, no ano de 1990, em países selecionados, com produção superior a 1 milhão de toneladas. Nesta tabela nota-se que o Brasil ocupa a 14ª colocação, na lista dos recuperadores.

Estes dados, entretanto, devem ser cuidadosamente avaliados, considerando-se a produção total de papel e papelão, do país e a participação percentual dos diversos tipos, em

relação ao total, destacando aqueles que, proporcionalmente, mais fabricam embalagens, papéis para fins sanitários e cartões/cartolinas. Desta forma, identificam-se os países que podem ter interesse na recuperação de papel usado (fibras secundárias), objetivando o seu uso, no segmento de produção que mais se vale de tal tipo de fibra. Esta constatação deixa claro a existência de relação entre a taxa de recuperação, a estrutura de produção do país e os esforços sócio-ambientais no sentido de minimizar os volumes de rejeitos, nos locais de disposição final.

A Tabela 3.6 fornece uma lista de países com taxa de utilização igual ou superior a 50 %, no ano de 1991. O Brasil, com taxa de utilização de 30 %, não faz parte desta lista, apesar de ser considerado, por alguns setores da indústria do papel, como sendo grande consumidor de papel usado e aparas, na produção. Tal afirmação está baseada no fato do país ter representatividade na lista de grandes produtores de papel, que por vezes apresentam taxas de utilização, inferiores a do Brasil. Como exemplo pode-se citar o Canadá (10,9 %), os EUA (27,6 %), Finlândia (9,9 %) e Suécia (12,3 %).

No Brasil, as fibras secundárias tem a seguinte participação, por segmento de papel: embalagens (40 %), papéis para fins sanitários (50 %), cartões e cartolinas (27 %), papéis especiais (6 %) e papéis de imprensa, imprimir & escrever (2 %). [44]

A utilização expressiva na produção de papelões (embalagens), cartões e papéis para fins sanitários, se deve às características exigidas por tais produtos, de modo que as fibras secundárias (reciclados) podem atender-las satisfatoriamente.

Segundo a ANFPC, a pequena utilização de reciclados na produção de papéis de impressão & escrever, está fundamentada nas seguintes justificativas: a) impossibilidade de se prever o conteúdo/composição fibrosa dos materiais reciclados; b) necessidade de uma planta de destintamento; c) contaminações fora de controle e d) número limitado de fábricas que trabalham adequadamente com materiais recuperados, pós-consumidos. [65]

TABELA 3.5

PRODUÇÃO, DISPONIBILIDADE E TAXA DE RECUPERAÇÃO DE PAPEL E  
PAPELÃO, EM PAÍSES SELECIONADOS (1990)

PAIS	PRODUÇÃO DE PAPEL E PAPELÃO ( 1000 t )	DISPONIBILIDADE DE PAPEL E PAPELÃO ( 1000 t )	TAXA DE RECUPERAÇÃO ( % )
TAIWAN	3337	3320	62,7
POLÓNIA	1064	846	58,5
ÁUSTRIA	2932	1283	51,8
HOLANDA	2724	3050	51,4
SUIÇA	1295	1448	49,5
JAPÃO	28086	28218	49,1
SUÉCIA	8426	1961	46,4
CHECOSLOVÁQUIA	1323	1219	45,1
ALEMANHA	11873	14560	43,5
CORÉIA	4524	4310	43,5
MÉXICO	2871	2982	42,5
ESPAÑA	3445	4341	39,0
ÍNDIA	2295	2575	36,9
BRASIL	4844	4151	35,0
FRANÇA	7049	8755	34,7
IUGOSLÁVIA	1260	1095	34,7
EUA	71519	777322	33,8
REINO UNIDO	4824	9273	33,3
FINLÂNDIA	8958	1382	32,9
BÉLGICA	1198	2090	32,7
ÁFRICA DO SUL	1904	1561	32,7
NORUEGA	1820	639	28,5
URSS	10100	9725	28,3
CHINA	13719	14429	26,0
ITÁLIA	5601	6954	25,3
CANADÁ	16466	5724	22,9

TABELA 3.6

TAXA DE UTILIZAÇÃO DE FIBRAS SECUNDÁRIAS,  
EM PAÍSES SELECIONADOS (1991)

PAIS	%
TAIWAN	96,0
FILIPINAS	94,0
DINAMARCA	86,5
EGITO	93,0
MÉXICO	75,0
TAILÂNDIA	75,0
CORÉIA DO SUL	74,0
VENEZUELA	73,0
ISRAEL	70,0
HOLANDA	65,5
ESPAÑA	64,9
HUNGRIA	62,0
REINO UNIDO	59,6
COLÔMBIA	59,0
JAPÃO	53,4
ALEMANHA	50,3
BULGÁRIA	50,0
POLÔNIA	50,0

FONTE: JAAKKO PÖYRY [67]

Apesar da existência de questões técnicas que “dificultam” o uso de papéis reciclados, é de se crer que haja certa atratividade econômica, nesta atividade industrial. Esta vantagem aliada às pressões da opinião pública, bem como à legislação mais restritiva, deve justificar o aumento acelerado na capacidade de produção de celulose de mercado, com papéis reciclados, nos EUA.

Neste contexto estão previstas 30 novas unidades, ampliando a capacidade de 325.000 toneladas (1992), para 2,605 milhões de toneladas (1999) , com taxa de crescimento (1992 - 1999) da ordem de 35 % a.a. , contra 1,5 % a.a. para a celulose química de fibra virgem, no período 1992 - 1996. [65]

Pelo exposto fica patente a validade sócio-econômico-ambiental na reciclagem de papéis nos EUA e Europa, e que só não se concretizou firmemente no Brasil, segundo a ANFPC, pelo desinteresse, do ponto de vista estratégico, das empresas do setor, em participarem dos mercados de I & E reciclados. Há de se salientar que esta falta de interesse, em parte se dá pela estrutura (floresta -indústria) das empresas integradas que de certa forma reduz os custos da fibra virgem, em contraste com os preços e oferta oscilantes da fibra secundária, função esta do incipiente mercado brasileiro de aparas.

A falta de “motivação” das empresas, bem como de um sistema de coleta de aparas, forte e consolidado tem origem mais provável, na inexistência de uma legislação nacional, mais rigorosa e efetiva, no que tange à obrigatoriedade no uso de percentual mínimo de fibras secundárias, na fabricação dos diversos tipos de papel, em especial os de I & E. Esta política, não seria original, visto que está sendo cada vez mais utilizada, em diversos países. Ademais a estabilidade do mercado de aparas , viabiliza a atividade de reciclagem.

A Tabela 3.7 apresenta a terminologia e classificação de aparas de papel, de acordo com o trabalho efetuado, em 1979, pelo Centro Técnico de Celulose e Papel (CTCP) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT); pela Associação Nacional do Fabricantes de Papel e Celulose (ANFPC) e pela Associação Nacional dos Aparistas de Papel (ANAP). [69]

TABELA 3.7

## CLASSIFICAÇÃO DE APARAS NO BRASIL

TIPO DE APARA	DEFINIÇÃO	TEORES MÁXIMOS
Cartões Perfurados (Holerith)	Aparas de cartões de material fibroso de alta qualidade usados na computação de dados	umidade 10 % impurezas 1% mat. proib. 0 %
Branco I	Aparas de papéis brancos sem impressão de espécie alguma, sem revestimento ( coating )	umidade 10 % impurezas 0 % mat. proib. 0 %
Branco II	Aparas de formulários contínuos de papel branco, sem papel carbono entre as folhas e sem revestimento carbonado	umidade 10 % impurezas 2 % mat. proib. 0 %
Branco III	Aparas de papel e jornal sem impressão de espécie alguma	umidade 10 % impurezas 0 % mat. proib. 0 %
Branco IV	Aparas de papéis brancos de escritório manuscritos, impressos ou datilografados, cadernos usados sem capa e impresso em preto	umidade 10 % impurezas 5 % mat. proib. 0 %
Branco V	Aparas de papéis brancos, com porcentagem mínima de impressão ou com revestimento ( coating )	umidade 12 % impurezas 25 % mat. proib. 0 %
Kraft I	Aparas de papel kraft natural usado na fabricação de sacos de papel kraft refugados por defeito de fabricação e não utilizados	umidade 10 % impurezas 1 % mat. proib. 0 %
Kraft II	Aparas de sacos multifoliados já utilizados, de papel tipo kraft, com fibras e cores diversas, sem escolha ou seleção	umidade 15 % impurezas 5 % mat. proib. 0 %
Kraft III	Aparas de alguns tipos de sacos multifoliados de papel kraft natural, principalmente cimento, misturados, sem batimento, escolha ou seleção	umidade 15 % impurezas 17 % mat. proib. 3 %
Cartões de Pasta mecânica	Aparas de artefatos de papel produzidos integralmente de pasta mecânica	umidade 12 % impurezas 0 % mat. proib. 0 %
Jornais	Aparas de jornais velhos, limpos e encalhes de redação	umidade 12 % impurezas 1 % mat. proib. 0 %

TABELA 3.7  
CLASSIFICAÇÃO DE APARAS NO BRASIL

(CONTINUAÇÃO)

TIPO DE APARA	DEFINIÇÃO	TEORES MÁXIMOS
Cartolina I	Aparas de cartões e cartolina, com ou sem revestimento (coating), sem impressão de qualquer espécie, provenientes de cartões e cartolinas fabricados exclusivamente com celulose	umidade 10 % impurezas 0 % mat. proib. 0 %
Cartolina II	Aparas de cartão e cartolina, com ou sem revestimento (coating), com impressão ou em cores variadas	umidade 12 % impurezas 10 % mat. proib. 0 %
Cartolina III	Aparas de cartão e cartolina branca plastificada, com ou sem impressão	umidade 12 % impurezas 3 % mat. proib. 7 %
Ondulado I	Aparas obtidas de caixas de papelão ondulado, fabricadas com capa de alta resistência	umidade 15 % impurezas 3 % mat. proib. 0 %
Ondulado II	Aparas obtidas de caixas, chapas ou refugos de papelão ondulado, fabricados com capas de resistência menor que o Ondulado	umidade 15 % impurezas 5 % mat. proib. 0 %
Ondulado III	Aparas obtidas de caixas, chapas ou refugos de papelão ondulado, fabricado com capas de baixa resistência e pontas de tubetes, podendo contar com até 20 % de outros tipos de papéis que não sejam papelão ondulado	umidade 20 % impurezas 5 % mat. proib. 3 %
Revistas	Aparas de revistas velhas, encalhadas ou com defeitos de impressão, impressas em papéis com ou sem revestimento (coating)	umidade 12 % impurezas 2 % mat. proib. 1 %
Misto I	Aparas de papéis usados mistos, provenientes em sua maior parte de escritórios, gráficas, aparas coloridas, resíduos de papéis e cartões diversos, misturados, provenientes de artefatos de papel	umidade 12 % impurezas 10 % mat. proib. 1 %
Misto II	Aparas de papéis usados mistos provenientes de escritórios, lojas comerciais e residências	umidade 15 % impurezas 10 % mat. proib. 3 %
Misto III	Aparas de papéis usados mistos de todas as procedências	umidade 20 % impurezas 15 % mat. proib. 5 %
Tipografia	Aparas de recortes coloridos provenientes de gráficas e tipografias	umidade 10 % impurezas 1 % mat. proib. 0 %

### 3.3.1 - O PAPEL E O MEIO AMBIENTE

As indústrias da Celulose e do Papel, bem como a do Alumínio e demais eletrointensivas, estão chamando a atenção da opinião pública, não somente pelo elevado consumo de energia elétrica, mas também por problemas oriundos nos processos de produção nestas instalações, que afetam o meio ambiente, causam poluição, danos à saúde do indivíduo do público e do trabalhador.

Num mercado internacional, cada vez mais competitivo, as questões pertinentes à atualização das tecnologias de processo e produto, assim como à preservação ambiental, passam a ser parâmetros de importância crucial, por vezes decisivos na comercialização da celulose e do papel.

Neste sentido, os países da Comunidade Econômica Européia (CEE), quando de contratos de fornecimento, requerem certificados de garantia de qualidade e atendimento de exigências ambientais, internacionalmente aceitas. Desta forma, quanto à qualidade, há a necessidade de se obter a certificação, adotando normas da International Standard Organization (série ISO 9000 e série ISO 14000).

A norma ISO 9000, inspirada na British Standards Institute (BSI) 5.750, é dividida da seguinte maneira: a norma ISO 9000 traz um roteiro para uso da série; a ISO 9001 abarca as atividades pertinentes a projetos de engenharia, fabricação e comercialização; a ISO 9002 versa a cerca da fabricação de produtos padronizados; a ISO 9003 é concernente a quem se dedica exclusivamente à comercialização; e a ISO 9004 trata da gestão administrativa. [70]

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, que exerce função equivalente à BSI, traduziu em 1990, as normas da série ISO 9000, identificando as como série NB 9000.

O selo verde foi oficializado, pelos países da CEE em maio de 1992, e tem por objetivo garantir que o produto foi fabricado em conformidade com padrões ecológicos e proteção ambiental, por eles aceitos, que deve redundar em impacto ambiental reduzido, durante o seu ciclo de vida. [71]

Pelo acima exposto, fica claro que para se ter acesso ao mercado europeu, se torna obrigatório o atendimento destes requisitos. Assim, em 1993, diversas empresas brasileiras estavam em vias de obter certificação pela ISO 9000, ou então preparavam se para obtê-la, a médio prazo.

A Bahia Sul, foi além, já que foi a pioneira mundial, no setor de celulose e papel, na obtenção da recomendação para a certificação à norma ambiental inglesa BS 7750 (base da ISO 14000), que é aceita pela CEE, como um dos seus padrões. [72]

No estudo da competitividade da indústria brasileira do papel, enfatiza-se o esforço que deve ser despendido pelas empresas do setor, em especial as de menor porte, objetivando a obtenção da certificação pela ISO 9000. [44]

Embora as grandes empresas instaladas no país afirmem que possuem elevado padrão de controle ambiental, fica patente a necessidade das mesmas, em especial as de pequeno e médio portes, obterem certificação, não só pela ISO 9000, mas também pela ISO 14000. Um dos pontos críticos, para tal, diz respeito à utilização do cloro gasoso, na área de branqueamento, das plantas industriais.

O papel feito com pasta celulósica branqueada desta forma, possui resíduos de cloro, o que o torna um gerador potencial de dioxinas. De acordo com pesquisadores do IPT, estas substâncias são tidas como “perigosas, visto que possuem efeito cumulativo no ser humano, destroem seu sistema imunológico, causam câncer e atuam sobre os cromossomos” [74]

Em meados de agosto de 1995, o noticioso TJ Brasil, do SBT, informou que a empresa Riocell, no Rio Grande do Sul, estava sendo alvo de críticas dos ambientalistas, pela liberação de efluentes fora dos padrões, o que demonstra a existência de problemas no setor.

Alguns anos atrás, o engenheiro ambiental Márcio Amazonas, afirmava que a brancura do papel não é sinônimo de qualidade, mas apenas a resultante de um preconceito bem arraigado, no que se refere ao tom acinzentado do papel reciclado. [74]

Pela “exigência” de brancura, na fabricação a base de fibras virgens ou secundárias, a indústria se vale de produtos químicos, como acima citado, que quando liberados no meio ambiente, podem redundar em conseqüências desastrosas e por vezes sem retorno.

No caso das aparas, já estão disponíveis instalações de destintamento neutro, que estão sendo saudadas, como alternativas em consonância com a legislação do meio ambiente e as exigências de qualidade [75]. Desta forma, parece evidente que as soluções técnicas, para a indústria da celulose e do papel, podem ser encontradas, desde que haja incentivo, por parte das autoridades públicas, no que tange ao estabelecimento e cumprimento de leis mais restritivas de preservação do meio ambiente.

Os EUA e mais alguns países desenvolvidos da Europa Ocidental, conforme observação da ANFPC, criaram legislações e outras formas de regulamentação, que tratam da “disposição de lixo; da estrutura tributária; dos sistemas de compras preferências para papéis reciclados; e incentivos fiscais para a reciclagem, bem como a criação de certificados ambientais”. [65]

Neste contexto pode-se citar a Bélgica que criou um imposto (projeto de lei) sobre a venda de uma série de tipos de papéis que não contenham no mínimo uma determinada porcentagem de fibras recicladas (15 % para papéis sanitários, a 80 % para papéis não revestidos para I & E).

Os EUA fixaram em 20 % a participação de fibras pós-consumo nos papéis para I&E, sendo que até 1998 esta participação deverá ser de 30 % , deixando de forma marcante a atuação dos órgãos governamentais, que tem um importante reflexo no comércio internacional destes produtos, naquele que é, sem sombras de dúvida, o maior mercado mundial.

A certificação de produtos não agressivos ao meio ambiente é adotada na Alemanha desde 1978 (Anjo Azul), mas tem equivalentes nos países nórdicos (Cisne Branco); nos EUA (Green Cross; Green Seal); na França (NF Environment) e no Japão (Eco Mark).

Embora a indústria de Celulose e do Papel, no Brasil, afirme que o selo verde é uma barreira não tarifária e protecionista, a mesma deverá cumprir os requisitos, objetivando ter acesso àqueles mercados, em harmonia com o meio ambiente. Resta aguardar medidas legais equivalentes, em nosso território.

### **3.3.2 - O CICLO DE VIDA DO PRODUTO**

O papel, ao contrário do alumínio, se vale de recursos naturais renováveis (florestas), mas que nem por esta razão deixa de levantar preocupações concernentes ao impacto ambiental resultante das atividades de fabricação. Em outras palavras, o fato das árvores poderem ser replantadas, não elimina os danos causados pelos produtos químicos usados e eventualmente liberados, em algumas etapas de fabricação do papel. Tampouco reduz a poluição ambiental gerada na disposição desordenada dos rejeitos industriais e lixo domiciliar, que incluem, de modo representativo, papel e papelão.

Como citado neste trabalho (caso do alumínio), os estudos que abordam o impacto ambiental que pode ser causado por um produto, no seu ciclo de vida, englobam individual ou conjuntamente questões referentes ao consumo de energia, liberação de poluentes e a geração de rejeitos.

Embora o papel seja um produto eletrointensivo, seus fabricantes tem como atenuante o fato de possuírem boa capacidade e gerarem parcela significativa da energia elétrica consumida. Este caso diz respeito às indústrias da celulose que contam com o licor negro (sub-produto do cozimento da madeira) que depois de recolhido, estocado e tratado, serve como combustível para a geração de vapor e de eletricidade. [76]

Supondo que a possibilidade de auto-geração de eletricidade, minimize as questões referentes ao consumo de energia, restam ainda pendência referentes à liberação de poluentes e ao volume de rejeitos dispostos em aterros e lixões.

A adoção de técnicas não poluentes, no branqueamento das fibras (virgem e secundária), bem como a utilização de sistemas fechados, com recuperação de produtos químicos, pode reduzir o impacto ambiental, na fabricação do papel.

Por fim há a necessidade de se obter solução para a disposição do lixo contendo papel e papelão. Uma alternativa, para esta questão, reside na reciclagem, mesmo que parcial, deste produto rejeitado, ou ainda na sua incineração.

Como pode ser visto, a análise do ciclo de vida do papel, em qualquer dos seus aspectos, nos leva a questões polêmicas, de difícil trato, que podem oferecer conclusões conflitantes, em função da inexistência de procedimento padrão, para a condução desta atividade.

Difícil, polêmica ou não, a análise do ciclo de vida de vida do produto, poderá ser objeto de abordagem da norma ISO 14000 (14040/41/42/43) que servirá de referência para qualquer produto, no comércio internacional.

## Capítulo 4

### **Composição, Tratamento e Disposição do Lixo Domiciliar em diversos Municípios do Estado de São Paulo**

*Nos capítulos anteriores foram abordados tópicos relativos à produção, ao consumo e à reciclagem de materiais eletrointensivos (alumínio e papel). Neste capítulo se dá destaque ao resíduo domiciliar urbano, objetivando a avaliação do gerenciamento do mesmo, no estado. Desta maneira, são consideradas a composição; formas de tratamento e o destino final do lixo gerado. Os dados apresentados são decorrentes das visitas feitas a diversos municípios paulistas.*

#### **4.1 - Introdução**

O resíduo urbano (lixo) é a resultante da atividade do homem, que o descarta (joga fora) por não ter mais utilidade aparente. Este lixo, por muito tempo, não apresentou problemas à sociedade, visto que era basicamente orgânico - biodegradável.

Com o passar dos anos, o mundo vem sentindo os efeitos do processo de industrialização, e mais recentemente, da globalização da economia. Por esta razão, o lixo hoje apresenta nova composição, quantidade e qualidade, comparativamente com aquele gerado décadas atrás.

A Tabela 4.1 apresenta a variação na composição dos resíduos sólidos na cidade de São Paulo, entre os anos de 1927 e 1993. Diversos fatores, como por exemplo a sazonalidade, variações climáticas e o momento econômico, podem exercer influência na

composição do lixo de uma cidade. Assim, a tabela citada deve ser analisada com cuidado, não se tomando os dados de um ano, como tendência do período. De qualquer forma, nota-se que a participação do material orgânico (comida e restos de comida) é a mais expressiva, embora decrescente.

TABELA 4.1

## COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA (%) DO LIXO EM SÃO PAULO

TIPO DE MATERIAL	ANO							
	1927	1947	1965	1969	1972	1989	1990	1993
Papel, Papelão	13,4	16,7	16,8	29,2	25,9	17,0	29,6	14,4
Trapo, couro	1,5	2,7	3,1	3,8	4,3	-	3,0	4,5
Plástico	-	-	-	1,9	4,3	7,5	9,0	12,0
Vidro	0,9	1,4	1,5	2,6	2,1	1,5	4,2	1,1
Metais, latas	1,7	2,2	2,2	7,8	4,2	3,25	5,3	3,2
Mat. Orgânico	82,5	76,0	76,0	52,2	47,6	55,0	47,4	64,4

Fonte : CEMPRE - IPT [77]

Infelizmente a perda de alimentos no Brasil é muito grande, em função dos maus cuidados na colheita, manuseio, transporte e armazenamento impróprio dos produtos. A estes fatos deve-se acrescentar o desperdício nas residências, onde as pessoas literalmente desprezam as folhas, talos e até mesmo parte aproveitável de legumes, verduras, raízes, bulbos e frutas.

A Tabela 4.2 fornece dados que possibilitam ter noção do que o país produz de alimentos e do que joga no lixo. Como afirmado anteriormente, a quantidade de matéria orgânica no lixo domiciliar brasileiro, é sensivelmente maior que o encontrado no lixo domiciliar nos Estados Unidos e na Europa. Por outro lado, a quantidade de papel, papelão e metais, naqueles locais, é maior do que no Brasil.

TABELA 4.2

## COMIDA JOGADA FORA - PRODUÇÃO E PERDA DE ALIMENTOS NO BRASIL (1996)

(1000 t)

CEREAIS	Produto	Arroz	Feijão	Milho	Trigo
	Produção	10.102	2.915	31.938	3.623
	Perdas	2.020	874	6.387	181
VERDURAS	Produto	Alface	Brócolis	Couve-Flor	
	Produção	105	19	85	
	Perdas	32	5	26	
LEGUMES	Produto	Abóbora	Pepino	Tomate	
	Produção	186	175	1971	
	Perdas	44	63	788	
RAÍZES E BULBOS	Produto	Batata	Beterraba	Cenoura	
	Produção	2.118	140	432	
	Perdas	501	33	116	
FRUTAS	Produto	Banana	Laranja	Melancia	
	Produção	10.195	18.806	1563	
	Perdas	4.078	4.137	489	

Fonte : Chaib [78]

Esta última constatação se deve ao maior grau de industrialização, bem como do poder aquisitivo e conseqüentemente “hábitos” das populações em questão. Neste contexto pode-se afirmar que nos últimos anos, em face das mudanças econômicas que estão em curso,

houve um forte aumento na produção de embalagens (papel, plástico, alumínio), no Brasil, que certamente redundará na maior participação dos mesmos, na composição do lixo domiciliar. Nos países e regiões mais desenvolvidas, a industrialização dos alimentos (enlatados e ensacados) faz com que este tipo de perda seja menor, ou seja, haja maior aproveitamento dos alimentos e conseqüentemente menor participação deste, no lixo urbano.

Na Tabela 4.3 apresenta a composição de 100 kg de lixo domiciliar gerado no Brasil, Estados Unidos e Europa. Na análise da tabela abaixo, não se pode esquecer que a geração per capita de lixo, varia de país para país, assim como nas diversas regiões brasileiras, em função dos fatores acima citados: grau de industrialização; qualidade de vida; e poder aquisitivo nos locais em questão.

TABELA 4.3  
O QUE ENTRA NUM SACO DE 100 kg DE LIXO ( kg )

	Matéria Orgânica	Papel e Papelão	Plásticos	Vidro	Metal	Outros
BRASIL	52	28	6	3	5	6
EUA	27	41	7	8	9	8
EUROPA	30	25	7	10	8	20

Fonte :Folha de São Paulo [79]

Nos Estados Unidos, cada americano produz, em média, 1,63 kg/dia de lixo, ou seja, um volume 2 a 3 vezes maior que a do brasileiro. Este fato não torna a questão do tratamento e disposição do lixo, no Brasil, menos traumática, visto que o volume gerado é muito grande (241.614 t/dia, de acordo com o IBGE, em 1989) e o seu destino deixa muito a desejar (basicamente lixões).

Ainda de acordo com a pesquisa efetuada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 1989 (editada em 1991) é o seguinte o destino do lixo no Brasil :

- 76 % Céu aberto (Lixão)
- 13 % Aterro Controlado

- 10 % Aterro Sanitário
- 0,9 % Usina de Compostagem
- 0,1 % Usina de Incineração

O destino do lixo, acima citado, é referente àquele coletado (37 %), nos locais que possuem este tipo de serviço, mas há de se salientar que grande parte do lixo urbano gerado, não é recolhido e acaba sendo disposto em “logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d’água”. [77 ; 80]

A forma descontrolada (descaso) com que se trata da disposição final do lixo domiciliar e em muitos casos, do resíduo industrial, tem origem não só na falta de controle ou de fiscalização das autoridades competentes, mas também, como frisado por Graf, a falta de envolvimento da sociedade, no que diz respeito às questões políticas e do dia a dia das cidades [81]. Essa omissão, que tem muito a ver com a inexistência de programas extensivos de Educação Ambiental, nas escolas do país, acoberta a negligência dos órgãos públicos e permite toda a sorte de danos ambientais e à saúde da população.

De acordo com Lima, o lixo urbano é inesgotável e irreversível, do ponto de vista da sua origem (resultante das atividades do homem), pois os mecanismos de origem e produção destes resíduos advêm de processos irreversíveis. Por esta razão, o referido autor deduz que “os problemas gerados pelo lixo, no meio ambiente, são problemas irreversíveis, se nada for feito para contê-los” [82]. Estas deduções, independentemente de serem adotadas como verdade absoluta, reitera a gravidade e o desleixo com que são tratadas as questões de gerência do lixo domiciliar, onde impera o abominável dogma administrativo de “dar um fim ao lixo”, varrê-lo para debaixo do tapete e deixar para a gestão seguinte, a solução do problema.

#### **4.2 - SEGREGAÇÃO E RECICLAGEM**

Os problemas existentes quanto à coleta, tratamento e disposição do lixo domiciliar urbano, não se deve à inexistência de legislação que determine responsabilidade para estas atividades. A Constituição Federal de 1988, no artigo 23 (inciso VI) estabelece como de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, “proteger

o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas”; e no artigo 30 (incisos I, II, e V), especificamente como responsabilidade dos Municípios, “legislar sobre assuntos de interesse local; suplementar a legislação federal e estadual no que couber; e organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local”. Neste caso ficam incluídos os serviços de “limpeza das vias e logradouros públicos, remoção e destino do lixo domiciliar e outros resíduos”. [77; 83; 84]

Além da Constituição da República podem ser citados alguns outros instrumentos municipais que devem nortear as ações de limpeza urbana [85]:

- Plano Diretor de limpeza urbana;
- Regulamento de limpeza urbana e
- Código de posturas municipais.

No tocante à proteção ambiental, a legislação abaixo complementa a Constituição Federal (88), como suporte às atividades das prefeituras:

- Lei Federal nº 6.766/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano;
- Lei Federal nº 6.938/81 e suas regulamentações, que dispõe sobre a política nacional do meio ambiente;
- Legislação ambiental do Estado e do Município;
- Lei Orgânica Municipal e
- Plano Diretor e leis relativas ao uso e ocupação do solo.

Os municípios brasileiros, como constatado pelo IPT - CEMPRE, embora tenham legalmente o encargo dos sistemas de limpeza urbana, esbarram nos seguintes problemas para cumprir com suas obrigações [77] :

- inexistência de uma política brasileira de limpeza pública;
- limitação financeira;
- falta de capacidade técnica e profissional;
- descontinuidade política - administrativa e
- falta de controle ambiental.

Para a Cetesb, o estado de São Paulo está dividido em regiões administrativas: Grande São Paulo; Litoral; Vale do Paraíba; Sorocaba; Campinas; Ribeirão Preto; Araçatuba; Presidente Prudente; e Marília.

Destas regiões administrativas foram selecionamos algumas cidades como sendo representativas, no sentido de quantificar e analisar a composição e o destino do lixo domiciliar urbano gerado. Assim a mais representativa cidade é a capital do estado (São Paulo, 9.811.776 hab.), visto que é a maior geradora, em função da população e do seu poder aquisitivo. As demais cidades, com as respectivas populações (IBGE - 96) são as seguintes: São José do Rio Preto (323.418 hab.); Santos (412.288 hab.); Ribeirão Preto (452.804 hab.); São José dos Campos (485.780 hab.) e Campinas (907.996 hab.).

Para efeito de avaliação da situação dos resíduos sólidos domiciliares, no estado de São Paulo, a Cetesb adota um índice de geração com base no número de habitantes. Esta estimativa é sujeita a discussão, já que este número obviamente não considera as condições de vida (infra-estrutura, poder aquisitivo) dos mesmos. Por esta razão, tal estimativa deve dar uma noção subavaliada do volume do lixo gerado.

A Tabela 4.4 apresenta o índice de geração adotado pela Cetesb, e a Tabela 4.5, a estimativa da quantidade de lixo gerado, em função da adoção de tal critério. Nesta tabela vemos que o total de resíduos sólidos gerados na cidade de São Paulo está aquém do número divulgado pela Limpurb, comprovando pelo menos neste caso, a subavaliação.

TABELA 4.4  
ÍNDICE DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

NÚMERO DE HABITANTES (hab.)	ÍNDICE (kg/hab.dia)
População até 100.000	0,4
100.001 a 500.000	0,5
500.001 a 1.000.000	0,6
> 1.000.000	0,7

TABELA 4.5  
ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS DOMICILIARES  
GERADOS PARA CADA GRUPO DE MUNICÍPIOS

GRUPO	FAIXAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS (t/dia)	NÚMERO DE MUNICÍPIOS NA FAIXA DE GERAÇÃO	POPULAÇÃO TOTAL	RESÍDUOS GERADOS (t/dia)
1	≤ 5	282 (48,37 %)	1.870.000	740
2	5 a 10	124 (21,27 %)	2.200.000	882
3	10 a 20	73 (12,52 %)	2.580.000	1.032
4	20 a 30	41 ( 7,03 %)	2.590.000	1.038
5	30 a 50	14 (2,40 %)	1.230.000	490
6	50 a 75	15 (2,57 %)	1.770.000	886
7	75 a 100	12 (2,06 %)	1.970.000	986
8	100 a 150	11 (1,89 %)	2.830.000	1.416
9	150 a 200	3 (0,52 %)	1.070.000	534
10	200 a 300	1 (0,17 %)	454.000	227
11	300 a 500	5 (0,85 %)	2.950.000	1.773
12	500 a 1000	1 (0,17 %)	830.000	501
13	> 1000	1 (0,17 %)	9.700.000	6.790

Fonte : Cetesb [86]

De acordo com a Tabela 4.4, as cidade paulistas selecionadas, estão assim agrupadas :

- São José do Rio Preto (índice : 0,5 kg/hab.dia) : grupo 8 (100 a 150 t/dia)
- Santos, São José dos Campos e Ribeirão Preto (índice : 0,5 kg/hab.dia) : grupo 10 (200 a 300 t/dia)
- Campinas (índice : 0,6 kg/hab.dia) : grupo 11 (300 a 500 t/dia) e

- São Paulo (índice : 0,7 kg/hab.dia) : grupo 13 (> 1000 t/dia).

Estas cidades, tomando como base os dados da Cetesb, tem aproximadamente um terço da população total, mas geram cerca da metade dos resíduos sólidos domiciliares do estado.

O lixo gerado nestas cidades, assim como aquele proveniente das demais localidades, se não adequadamente gerenciado (coleta, tratamento e disposição) pode constituir-se num problema ambiental (poluição do solo, ar e água) e de ameaça à saúde pública (via acesso de agentes patogênicos; contaminantes químicos).

Como visto anteriormente, cabe aos municípios, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, cuidar da gerência deste resíduo. Em função da “inexistência de uma política brasileira de limpeza pública”, o resíduo domiciliar urbano, na maior parte dos casos, não é tratado e tem no lixão (descarga a céu aberto) o destino final, apesar das conseqüências. Como tratamento do lixo entende-se a segregação de materiais, que facilita as atividades seguintes, a reciclagem da matéria orgânica (compostagem) e de outros materiais (vidro, papel, plástico e metais); e a incineração. A seguir são apresentadas, de modo sucinto, as alternativas de tratamento e disposição do lixo gerado.

A primeira providência da prefeitura é a coleta do lixo gerado no município, que deve ser transportado às unidades de tratamento (se existentes) ou então aos locais de disposição, em conformidade com as opções adotadas. Após esta etapa dá-se a disposição do lixo propriamente dito, a céu aberto (lixão) ou em aterros controlados e aterros sanitários.

Não há dúvidas quanto às vantagens sócio-econômicas e ambientais em se adotar o tratamento do lixo, antes do envio ao destino final. Neste contexto ficam evidentes, como aspectos positivos, a minimização do volume de lixo a ser disposto (reciclagem; incineração); a geração de empregos em função das novas atividades criadas (indústrias recicladoras: separação, manipulação, tratamento e reaproveitamento do material contido no lixo); a conservação de recursos naturais e de energia, em conseqüência da mencionada reciclagem plásticos, metais, papel, composto orgânico); a redução da poluição do solo, água e ar e conseqüentemente dos problemas sanitários/saúde pública.

Das duas formas de tratamento do lixo, segregação/reciclagem e incineração, sem dúvidas é a segunda aquela que promove discussões mais acaloradas e polêmicas, principalmente no que tange à liberação para a atmosfera de substâncias contaminantes tóxicas (dioxinas e furanos). Apesar da opinião dos defensores desta forma de tratamento, a segregação/reciclagem é o procedimento mais usado em decorrência das vantagens mais imediatas (o emprego dos catadores/segregadores de materiais recicláveis e a comercialização dos mesmos pelos sucateiros e recicladores).

O que se observa nas cidades brasileiras é que esta atividade de segregação de materiais recicláveis (papel, papelão, vidro e metais) do lixo urbano é efetuada mais intensamente nas ruas do que em locais (quando existentes) destinados a esta finalidade, pela administração pública. Em outras palavras, a segregação/reciclagem de materiais só têm alguma representatividade em função da existência e atuação mais acentuada de catadores, ferros-velhos e sucateiros, num mercado não bem consolidado. Este fato não significa dizer que os catadores, como um todo, sejam completamente desorganizados. Pelo contrário, pode ser constatada a existência de grupos e associações, eventualmente incentivadas com a cessão de espaço (galpões; áreas sob viadutos etc.), por parte de prefeituras mais engajadas na solução de problemas sociais e ambientais, como por exemplo em Santos e Belo Horizonte.

Os grupos em atividade, organizados ou não, certamente comercializam os materiais recicláveis, pois há retorno financeiro, por menor que seja. Com relação às indústrias recicladoras que compram estes materiais, há um jogo de mercado onde o preço destes materiais recicláveis pode ou não ser atrativo. Assim tais indústrias se dão ao direito de comprar o material segregado, passível de reciclagem, no país; importá-lo de outros países, ou mesmo não se valer deste tipo de material, dando preferência ao “virgem”, já que não há legislação que as obrigue a agir de outra forma (incorporando determinada porcentagem de material reciclado no produto da empresa).

As prefeituras municipais pouco fazem, de modo planejado, até sofrerem pressão da parcela consciente da sociedade atenta às questões ambientais e de saúde pública. Assim enquanto é possível descartar o lixo em outros municípios, ou então em áreas afastadas da própria cidade, sem grandes custos, transfere-se este tipo de problema, para as administrações seguintes. Mas o aumento populacional nas cidades e a rejeição da disposição do lixo

proveniente de outros centros, está fazendo com que este tipo de procedimento seja revisto. Desta forma há a necessidade de se estabelecer o gerenciamento integrado do lixo municipal.

Como definido pelo IPT-CEMPRE, este gerenciamento “é o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo da sua cidade” [77]

Estabelecida esta linha de conduta, o ideal para uma prefeitura, seria encontrar solução economicamente viável para o problema sanitário-ambiental. Em termos práticos montar esta equação, para se obter tal resposta, é uma tarefa, em muitos casos, impossível.

A coleta e transporte do lixo são tarefas insubstituíveis e podem quando muito serem otimizadas. O tratamento (segregação/reciclagem e incineração) engloba atividades que dependem de uma série de fatores como o custo das mesmas; comparativamente o custo do material (sujeito a reciclagem) virgem; a existência de legislação e subsídios; e principalmente mercado para os materiais reciclados.

Toda gestão administrativa eficiente privilegia atividades com menor custo, mas que atinjam seus objetivos, cumprindo todos os aspectos legais. Porém, há casos onde não é possível se obter vantagens econômico-financeiras e como agravante podem apresentar custos elevados. Neste sentido pode-se incluir o gerenciamento do lixo urbano, ou seja, mesmo sendo promovida a segregação e venda de materiais passíveis de reciclagem (papel, vidro, plástico e metais) e de composto orgânico (resultante da reciclagem da matéria orgânica, contida no lixo), as despesas que também incluem a incineração (eventual) e a disposição final do lixo propriamente dito, podem ser maiores do que os recursos obtidos com aquelas vendas.

Há de se convir que não é possível, para uma prefeitura, obter necessariamente, lucro em muitas das suas atividades, e essa é uma delas. A existência e cumprimento de um bom programa de gerenciamento do lixo, certamente traz benefícios sócio-ambientais. Por esta razão, a sociedade, através da prefeitura, deve arcar com estes custos e ganhar as seguintes vantagens :

- redução do acúmulo desordenado do lixo, devido à coleta sistematizada;
- minimização do volume de lixo a ser disposto, em função da segregação / reciclagem / incineração;
- redução da contaminação do solo, ar e água, como consequência do menor volume de lixo nos aterros, e uma boa administração destes locais;
- diminuição da proliferação de vetores transmissores de doenças;
- conservação de energia elétrica em face à reciclagem de materiais eletrointensivos e
- geração de empregos, resultante da existência de atividades para catadores, ferros-velhos, sucateiros e recicladores.

Estes benefícios (diretos e indiretos) são muito difíceis de serem contabilizados, deixando por este motivo, de aparecerem nas avaliações econômico-financeiras do gerenciamento do lixo. Os gastos financeiros para se obter as vantagens listadas podem ser tamanhos que inibam a adoção do gerenciamento pleno e integrado do lixo das cidades. A mudança deste quadro só será possível com a tomada de medidas efetivas do poder legislativo e das prefeituras.

Cabe ao poder legislativo estabelecer leis que obriguem as indústrias a reaproveitarem uma determinada porcentagem de material, na sua linha de produção. Estas leis se baseariam não só no estabelecimento desta porcentagem, mas também de impostos e incentivos de acordo com o cumprimento dos objetivos planejados. Tome-se como exemplo, a indústria do papel. O governo deveria estabelecer o teor de fibra reciclada nos produtos das mesmas. Atendendo a esta medida, a indústria se habilitaria a ganhar subsídios/incentivos fiscais. Em situação oposta seria passível de punições de toda sorte.

Esta providência, por parte do governo, viabilizaria a tomada de medidas por parte das prefeituras e o estabelecimento efetivo e generalizado de todas as atividades acima mencionadas, envolvendo os catadores, ferros-velhos, sucateiros e recicladores.

Em alguns países europeus e nos Estados Unidos foi estabelecida a obrigatoriedade do uso de materiais reciclados, como o papel e o vidro. Este posicionamento dos governos fez com que as indústrias locais se adaptassem às regras estabelecidas. Na sua esteira vieram

grupos da sociedade, as prefeituras e até indústrias de outros países que também tem de seguir os requisitos daqueles locais, como forma de participação do mercado. Neste sentido, a Bélgica e os Estados Unidos estabeleceram que o papel comercializado nos seus territórios, deve se valer não só de fibras virgens, mas também de uma porcentagem de fibras recicladas.

Medidas como estas podem ser tomadas para outros materiais. No caso do plástico, o seu reaproveitamento não se dá na fabricação do mesmo produto, ou seja, os recipientes plásticos não vão dar origem a outros recipientes semelhantes, mas sim a uma nova gama de produtos.

De todos os materiais descartados, o alumínio é indubitavelmente o que chama mais a atenção. As campanhas promovidas pelas indústrias do setor de “latinhas” são amplamente divulgadas, enfatizando-se os benefícios sociais (emprego e remuneração por quilo de lata coletada); ambientais (redução do volume de lixo nos aterros); de recursos naturais (adiando-se a lavra da bauxita); e energéticos (redução no consumo de eletricidade necessária na produção do alumínio). Por este motivo é que se destaca a procura e segregação das mesmas, por parte dos catadores. Este segmento da população recebe, nos vários pontos de coleta (organizados pela indústria), pelo quilo de latinhas retiradas das ruas e do lixo domiciliar. O grande beneficiado, neste caso, é a indústria que fabrica a chapa de alumínio e as “latinhas”, já que a economia de eletricidade, da ordem de 95 % , é um dos principais, se não o maior parâmetro no custo da produção do metal. A participação destes recipientes, no lixo enviado para os aterros, não é representativo, volumetricamente falando, tampouco no que diz respeito a questões sanitárias. Ambientalmente pode ser encarado com mais cuidado, visto que a sua reutilização significa a conservação de recursos naturais e a não degradação dos locais de mineração (não abertura de novas áreas de mineração).

Se o aspecto econômico desanima as prefeituras, as questões sanitárias e ambientais assim como uma legislação/normatização efetiva quanto à obrigatoriedade da reciclagem, poderiam fazer com que as administrações municipais passassem a fomentá-la.

Esta participação das prefeituras pode se dar de forma direta, assumindo custos e atividades (adotando um programa de coleta seletiva; divulgando-o maciçamente à população; construindo e operando unidades de segregação, reciclagem e compostagem; fazendo com

que as repartições públicas passem a consumir materiais reciclados, aos molde dos órgãos públicos americanos, onde parte do papel usado deve ser constituído de papel reciclado); ou ainda de modo indireto, incentivando catadores, sucateiros e ferros-velhos; cedendo espaços para a condução dos trabalhos daqueles grupos; e oferecendo subsídios fiscais às indústrias recicladoras.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, para se tomar uma decisão sobre a implantação de uma unidade de reciclagem, uma série de fatores devem ser considerados, tendo em vista a sua viabilização [83] :

- existência de um mercado consumidor para o composto orgânico e demais produtos reciclados;
- existência de serviço de coleta compatível com a nova atividade;
- disponibilidade de locais para todas as unidades (segregação, reciclagem, compostagem; eventuais transbordos e aterros);
- disponibilidade de pessoal tecnicamente qualificado para planejar, implementar (ou acompanhar a implantação) e operar as instalações; e
- disponibilidade de recursos para os investimentos iniciais, se assumidos pela prefeitura, ou então forma de repasse destes recursos à iniciativa privada, que instalaria e operaria as unidades, sob regime de concessão.

Solucionadas as questões acima, a prefeitura passaria então a examinar outras condições necessárias para a implantação da reciclagem, como opção de tratamento: análise quantitativa e qualitativa do lixo; estudo de mercado para o composto orgânico e demais produtos reciclados; escolha dos locais das instalações, bem como das tecnologias a serem utilizadas; e análise dos custos de investimentos/operação e da viabilidade econômica do empreendimento, como um todo. [83]

Segundo o IPT/CEMPRE, em 1994, 82 municípios brasileiros (26 dos quais paulistas) se valiam de coleta seletiva. Destas cidades apenas 22 % tem população superior a 300.000 habitantes. De acordo com estudos do CEMPRE, em oito municípios Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre, Salvador, Santo André, São José do Campos e São Paulo) a

eficiência/rendimento do programa nestas localidades, foi desanimador. Em outras palavras, a proporção de lixo (em peso) reciclada é baixa, menos de 20 % do potencial máximo estimado. Como agravante também se constatou que o custo médio, por tonelada coletada nestes programas, é bastante superior (US\$ 240) à receita média por tonelada vendida (US\$ 30), fato este que pode-se denominar de inibidor das iniciativas neste sentido. [77]

Em adição a este cálculo de receita e despesas, o CEMPRE salienta que a “economia de espaços” nos aterros e lixões, bem como os custos evitados na operação daqueles locais, em função da parcela de lixo reciclada, são baixos pela ineficiência dos programas e o baixo custo de operação dos aterros e lixões. Nestas abordagens não foram considerados os benefícios extras advindos da reciclagem (educação ambiental; postergação da geração de energia elétrica; danos ambientais evitados pela minimização cumulativa do volume de lixo nos aterros, bem como do adiamento/cancelamento da construção de usinas de geração de eletricidade.

Naquele estudo, resumidamente, o benefício da coleta seletiva se restringe a “porcentagem de material desviado do aterro”, enquanto que o conseqüente balanço receita versus despesas, se apresenta como aspecto negativo. Esta forma de estudo, como dito anteriormente, não pondera os benefícios sociais e ambientais resultantes da reciclagem e tampouco considera que no momento em que a legislação ambiental (existente ou a ser estabelecida) for efetivamente aplicada, juntamente com a maior participação da população engajada nos assuntos de interesse da comunidade, a instalação e operação de aterros/lixões e o transporte do lixo a locais mais distantes, certamente terão os seus custos mais elevados.

Para o cálculo da geração de energia elétrica evitada, bem como os ganhos ambientais e sociais, não se pode esquecer que a coleta e segregação de materiais tem destaque nos programas informais, eventualmente incentivados pelas prefeituras. Assim o material reciclado nas indústrias de produção tem origem nos programas informais (catação nas ruas e lixões) e naqueles operados/fiscalizados pela prefeitura.

### 4.3 - COMPOSTAGEM

Uma vez adotada a reciclagem, como um dos procedimentos válidos para a minimização dos problemas causados pelo lixo nos centros urbanos, notamos que a recuperação não se restringe a produtos industriais (plásticos, vidros, metais, papéis, etc.). Deve-se também considerar a parcela dos resíduos sólidos orgânicos presentes no lixo, que na realidade, neste país, representa em peso, mais que 50 % do total (função do acentuado desperdício de alimentos).

A compostagem, definida por Lima [82], é o “ato ou ação de transformar os resíduos orgânicos (decomponíveis), através de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras”. Embora a compostagem seja uma forma de reciclagem, certamente não vemos a participação de catadores nas ruas das cidades, buscando e separando este tipo de resíduo (restos de alimentos, vegetais, animais) já que a sua recuperação não é tão simples, como aquela por eles promovida, ao retirarem produtos que são repassados para os ferros-velhos e sucateiros, e destes para as recicladoras. Além da enorme diferença no que tange ao manuseio, há uma outra razão (principal) que diz respeito ao valor monetário agregado. O catador pode comercializar o alumínio, papel, cobre, ferro, vidro etc., com muito mais facilidade e retorno.

Como a matéria orgânica, embora passível de reciclagem, não atrai o interesse da grande maioria das pessoas, somente a participação das prefeituras (direta ou indiretamente) pode fazer com que este tipo de resíduo, não vá, como um todo, para os locais de disposição final. No balanço de massa de uma usina de compostagem, operando em condições satisfatórias, os materiais participam nas seguintes porcentagens: composto orgânico (35 %); recicláveis (10 %); perdas na forma de água e CO<sub>2</sub> (25 %) e o rejeito para o aterro (30 %). Esta última porcentagem chama a atenção, já que demonstra o quanto há de redução no lixo que é transportado para a disposição final. As discussões econômicas a cerca de todo o processo são um capítulo à parte pela sua complexidade, principalmente pela inexistência de dados para os ganhos sociais e ambientais.

A decomposição da matéria orgânica (compostagem) apresenta as seguintes vantagens e/ou propriedades [77 ; 83]:

- economia de espaços no aterro;
- aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- melhoria da estrutura do solo, tornando-o poroso e agregando suas partículas que se transformam em grânulos;
- aumento da capacidade de absorção e retenção da água no solo;
- redução da erosão do solo causada pela água das chuvas;
- aumento da estabilidade do pH do solo;
- retenção dos macronutrientes impedindo seu arrastamento pela água das chuvas;
- formação de quelatos, ou seja, estruturas moleculares que aprisionam os micronutrientes (ferro, zinco, cobre, etc.) possibilitando sua absorção apenas pelas raízes das plantas;
- aumento da aeração do solo, necessária à respiração das raízes;
- melhoria da drenagem da água do solo;
- maior retenção do nitrogênio no solo;
- eliminação de patógenos; e
- processo ambientalmente seguro.

O processo da compostagem pode ser classificado de acordo com quatro parâmetros, a saber [82]:

- quanto à biologia (aeróbio; anaeróbio; misto);
- quanto à temperatura (criofílico, mesofílico; termofílico);
- quanto ao ambiente (aberto; fechado);
- quanto ao processamento (natural; acelerado).

Independentemente da escolha do processo de compostagem, as instalações da usina projetada para esta finalidade, devem contar com setores e equipamentos necessários para a separação/triagem de subprodutos recicláveis, e daqueles inaproveitáveis, cujo destino deve ser o aterro. Em outras palavras, o lixo que chega à usina de Triagem e Compostagem deve passar primeiramente por um processo manual de catação (executada por trabalhadores perfilados ao longo de uma esteira transportadora ou de uma mesa de catação); e a seguir por processos de peneiramento (classificação dos subprodutos em função do tamanho); separação

gravimétrica (diferença de massa entre os subprodutos); e separação magnética (separação do material ferroso).

A Figura 4.1 apresenta a forma de encaminhamento do lixo em uma usina de triagem e compostagem. Nesta figura um aspecto ambiental que chama a atenção, é a geração de efluentes líquidos, nos pátios de compostagem. Segundo o IPT/CEMPRE, estes efluentes tem um reduzido potencial poluidor em face das medidas que são tomadas para o seu controle (impermeabilização de fundações; drenagem de superfície; coleta de amostras de água do lençol freático). Quanto aos materiais descartados pela usina (resíduos inertes da triagem e resíduos inertes ou bioestabilizados do peneiramento), não se acredita que apresentem potencial de contaminação de solo e águas subterrâneas, em função de suas características. [77]

Em resumo, o risco de danos ambientais numa usina de triagem e compostagem é menor que o existente em aterros, onde os resíduos brutos propiciam condições sanitárias e ambientais adversas (geração de chorume, alimentos para os vetores nocivos à saúde pública).

Se, em princípio, as usinas de triagem e compostagem não apresentam maiores problemas ambientais e proporcionam benefícios, principalmente no que se refere à simples disposição final do lixo em aterros, também não há bons argumentos para provar a existência de vantagens econômicas.

O desinteresse das prefeituras na adoção deste método de tratamento de lixo, fica assim “justificado”, com a anuência das autoridades governamentais que são complacentes no tocante ao gerenciamento do lixo urbano. Como anteriormente destacado, há certas funções dos municípios, onde o parâmetro balizador não pode ser apenas econômico.

O reduzido número destas usinas no Brasil (infimo quando verificada a população brasileira ou o número de municípios), comprova o desleixo quanto a este assunto. Como agravante há o fato de que o produto obtido nas usinas em operação, deixam a desejar, quando considerados os parâmetros de controle (pH; umidade; matéria orgânica; nitrogênio total; e relação C/N), estabelecidos pela Legislação Brasileira (Decreto-lei nº 86.955 de 18/02/82; Portaria MA 84 de 29/03/82; e a Portaria nº 01 da Secretaria de Fiscalização

Agropecuária do Ministério da Agricultura de 04/03/83), conforme constatado pelo IPT, após análises efetuadas em amostras de composto orgânico, de algumas usinas paulistas. [77]

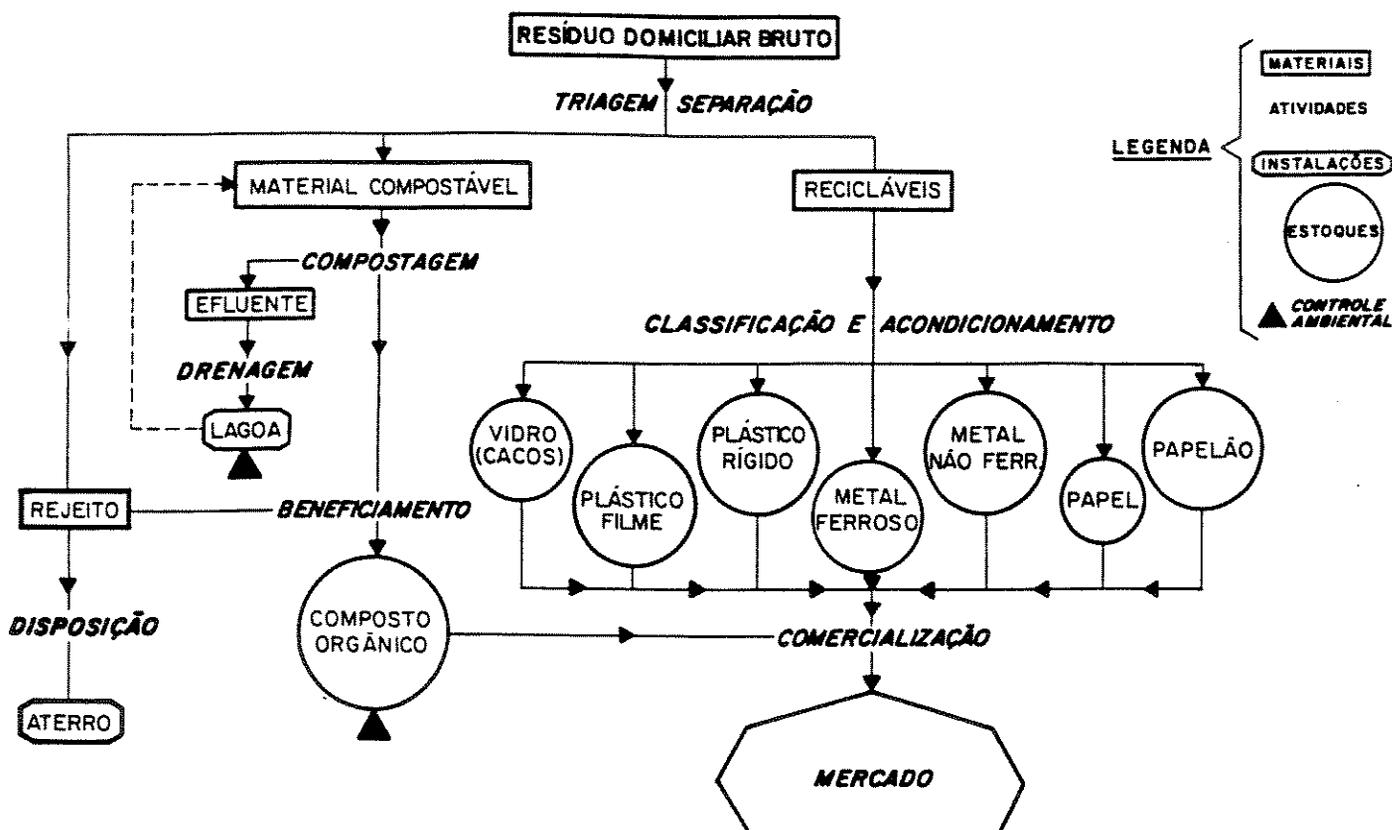


FIGURA 4.1

## FLUXO DE MATERIAIS NUMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Fonte : IPT-CEMPRE [77]

## INCINERAÇÃO

A incineração, definida como sendo um processo de redução de peso (até 85 %) e de volume (até 95 %) do lixo, através de combustão controlada, é sem dúvidas o mais polêmico dentre os métodos de tratamento, pelo custo (investimento e operação) elevado e principalmente pela liberação de dioxinas e furanos. As emissões de gases dos incineradores também contam com a presença de gás carbônico, água, ácido clorídrico e sulfídrico, óxidos de nitrogênio e enxofre, bem como vários metais pesados (Ni, Co, As, Cd, Hg, Pb, e Cr). As

dúvidas quanto à validade da sua adoção, como forma de tratamento, são tantas que o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, o desabona para a queima de lixo urbano, em grandes quantidades. [83]

Da mesma forma que há os que criticam, há os que defendem a sua utilização. Lima explica que o “problema da poluição do ar pelos gases da combustão e por particulados não retidos nos filtros e precipitadores” podem ser minimizados e, portanto, o seu uso, associado à geração de eletricidade, pode se tornar uma solução aceitável para a cidade de São Paulo. [82]

Desta linha de raciocínio, incineração com recuperação de energia, também participa o professor da Unesp, Alcides Leão, alertando porém que a comunidade deve ser consultada quanto ao local do incinerador (São Paulo); riscos associados (toxinas); custos, etc. [87]

O secretário do Verde e do Meio Ambiente, da cidade de São Paulo, Zulauf, que anos atrás criticava os incineradores, hoje é um dos áduos defensores do seu uso. Dentre os argumentos preferidos do conhecido secretário, está o que afirma já haver solução tecnológica para a retenção/eliminação das dioxinas e furanos (moléculas estáveis e extremamente carcinogênicas). Se esta não pode ser considerada uma afirmação feliz, ou que não dê margens a muita discussão, há pelo menos uma outra em que Zulauf não terá muitos contestadores. Usando um modelo alemão, como exemplo, o secretário defende uma solução integrada para a cidade de São Paulo, onde a coleta de lixo, compostagem e a reciclagem, melhoradas e ampliadas, se juntariam à incineração. Esta atitude é coerente com a necessidade de segregação do lixo que vai ser incinerado, já que não faz sentido manter toda espécie de material como combustível, fato este que certamente inviabiliza o uso do equipamento. [88]

A EPA (Environmental Protection Agency), órgão dos Estados Unidos da América, está encontrando dificuldades para determinar uma dosagem mínima, dos cancerígenos citados, que não gerem efeitos danosos em animais de laboratório. Este aspecto negativo, bem como outro que diz respeito ao ser humano, levou a EPA a uma revisão dos estudos e pesquisas, neste contexto. [89]

Embora defendida por alguns pesquisadores e governantes, a incineração é definitivamente impopular. Este fato e todas as dúvidas de ordem social e ambiental, estão fazendo com que alguns países revejam os critérios de licitações para a construção de incineradores.

O IPT sugerindo estudos e pesquisas adicionais, também defende o uso de incineradores com recuperação de energia. A CESP já efetuou estudo para a construção de uma usina térmica (a lixo) de 100 MWe . Como suporte para esta posição, o IPT cita a existência de dezenas de unidades de incineração do lixo municipal, na Europa, com capacidade a partir de 200 t/dia. Em adição ao fato de ser procedimento bastante usado, destaca a capacidade de redução do volume a ser descartado, a redução do impacto ambiental (“destruição do resíduo tóxico”) e a destoxificação (destruição de bactérias, vírus e “compostos orgânicos : tetracloreto de carbono, ascarel e dioxinas”. [77]

A incineração não é um meio de tratamento obrigatório do lixo domiciliar, tampouco do lixo hospitalar, que tem como alternativa de tratamento, a esterilização a vapor; desinfecção química; inativação térmica; esterilização por gases; radiação ionizante; e microondas. Deve ser salientado que algumas destas alternativas não são utilizadas no país ou ainda apresentam problemas a serem solucionados. Mesmo apresentando desvantagens, a incineração do lixo hospitalar é considerada a melhor alternativa de tratamento, justificando as dezenas de instalações no estado de São Paulo. [77]

Apesar de toda a polêmica existente, a Prefeitura do município de São Paulo pretende levar adiante a instalação de dois incineradores, com capacidade unitária de 1.250 t/dia . O Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CADES), ao se julgar o único competente para analisar os EIA-RIMA (desconsiderando o Conselho Estadual do Meio Ambiente de São Paulo - CONSEMA), concedeu a licença prévia de instalação. Tais instalações, se construídas, deverão ser operadas por terceiros (segundo proposta da prefeitura), promovendo a redução do volume de rejeitos a ser enviado aos aterros, já quase esgotados.

#### 4.5 - LIXÕES E ATERROS CONTROLADOS/SANITÁRIOS

O destino do lixo domiciliar no Brasil, lamentavelmente não é nada animador. O acondicionamento do lixo, os serviços de limpeza; a coleta e disposição, são visivelmente deficientes. Não raras vezes os meios de comunicação veiculam informações alarmantes quanto à sujeira acumulada nas ruas das cidades, que por vezes se torna um “complicador” nos dias de chuva; a invasão de aterros, por pessoas em busca de restos de alimentos; e a identificação de novos locais que fazem o “papel de aterro” para o lixo ilegalmente disposto. Se esta é uma verdade em muitas das grandes cidades brasileiras, o que se pode esperar do restante do país ? [90 ; 91 ; 92]

Quanto ao lixo coletado, observa-se que mais de 75 % do total é pura e simplesmente descartado a céu aberto (lixão), a mais difundida, negligente e danosa forma de disposição. A parcela enviada para os aterros (controlado e sanitário) corresponde a 23 %; e o restante fica por conta da compostagem (0,9 %) e incineração (0,1 %).

Independentemente de se analisar a validade da classificação dos aterros denominados de controlados e sanitários, (sob a ótica das medidas de caracterização da instalação, e de proteção ambiental), constata-se que a parcela referente ao tratamento do lixo (compostagem, incineração e reciclagem) é irrelevante e portanto não contribui para a minimização do volume de lixo nos aterros.

De acordo com a forma de disposição, os aterros podem ser classificados como : aterros comuns (mais conhecidos como lixões, lixeiras, vazadouros etc.) que são muito ruins sob os aspectos sanitários e ambientais; aterros controlados, que se diferenciam dos anteriores pelo fato do lixo receber uma cobertura diária de material inerte; e os aterros sanitários.

O aterro sanitário, conforme o projeto de norma da ABNT (1:63.01-001, de outubro de 1987), é a “forma de disposição final de resíduos urbanos no solo, através do confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais”. [93]

Para ser caracterizado como tal, deve atender a todas as especificações técnicas da norma brasileira NBR-8419/84 (“Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos”)

Estes aterros sanitários podem ser diferenciados entre si, em função das formas construtivas e operacionais adotadas, apresentando uma série de vantagens e desvantagens, com relação às diversas formas de tratamento [82 ; 93].

Como vantagens podem ser destacados os seguintes aspectos:

- propicia uma disposição do lixo adequada;
- o custo de investimento é inferior às opções de tratamento;
- oferece grande capacidade de absorção de resíduos; e
- comparativamente tem menor custo de operação

Embora ofereça a melhor forma de disposição do lixo, os aterros sanitários também possuem desvantagens, a saber:

- requer a disponibilidade de grandes áreas próximas às cidades, para comportar todo o volume de lixo e não encarecer o transporte do mesmo;
- disponibilidade de material de cobertura diária;
- apresenta risco de contaminação do solo; águas superficiais e lençóis freáticos, como consequência da ação do chorume;
- formação de gases nocivos e de odor desagradável, pela decomposição do lixo;
- a operação adequada é dependente das condições climáticas; e
- não assegura qualquer forma de um efetivo tratamento do lixo, mas simplesmente sua disposição, com todas as suas características.

Estudos conduzidos no interior do estado de São Paulo demonstram que os aterros visitados não atendiam os requisitos necessários para classificá-los de sanitários, e como agravante não dispunham de EIA/RIMA.

De acordo com a CETESB, em 1991, dos 534 municípios citados no estudo, 491 apresentavam condições inadequadas (lixões) para a disposição do resíduo; 35 municípios, condições controladas, e as restantes 8, condições adequadas. Estes números demonstram uma situação calamitosa, no que se refere ao gerenciamento dos resíduos domiciliares, no estado de São Paulo. [94]

#### 4.6 - CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO

O resíduo, mais popularmente chamado de lixo, é todo e qualquer resto proveniente das atividades humanas (domiciliar, comercial, industrial, pública, de saúde etc.) ou gerado pela natureza (folhas, galhos, terra etc.).

Para efeito de classificação, o resíduo pode ser agrupado de acordo com: a sua natureza física (seco e molhado/úmido); a sua composição química (matéria orgânica e matéria inorgânica); pelos riscos potenciais ao meio ambiente (perigosos, não - inertes e inertes, em conformidade com a NBR-10004); e pela origem, conforme definido abaixo.

O *resíduo domiciliar*, gerado diariamente nas residências, é constituído de sobras de alimentos (resíduos orgânicos), jornais, revistas, plásticos, latas e mais uma extensa lista de outros itens que são descartados pelo homem.

O *resíduo comercial* é aquele gerado nos estabelecimentos comerciais e de serviços (lojas, supermercados, bares, hotéis, restaurantes etc.) e compõem-se principalmente de papel, papelão, restos de alimentos etc.

O *resíduo público*, originado da limpeza pública urbana (feiras livres; varrição de ruas e praças; conservação de núcleos comerciais), é constituído de papéis, restos de capinação, folhas e galhos; entulhos e materiais abandonados pela população.

Neste trabalho é considerado como resíduo sólido urbano, todo resíduo sólido, acima definido como *domiciliar, comercial e público*. Assim não se considera o resíduo *industrial* (todo e qualquer resíduo resultante de atividades industriais) e o de *saúde* (resíduos oriundos de hospitais, farmácias, laboratórios de análise, consultórios dentários, medicamentos

vencidos etc.), que requerem gerenciamento diferenciado no que diz respeito, por exemplo, ao acondicionamento, transporte e disposição final.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas editou as seguintes normas, objetivando a classificação dos resíduos:

- *NBR 10004 - Resíduos Sólidos..... Classificação*
- *NBR 10005 - Lixiviação de Resíduos..... Procedimento*
- *NBR 10006 - Solubilização de Resíduos..... Procedimento*
- *NBR 10007 - Amostragem de Resíduos..... Procedimento*

A Norma 10004 (setembro de 87) define o resíduo sólido, com base nos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, como sendo “resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Ainda de acordo com esta norma, os resíduos sólidos são classificados em:

- *Classe I - Perigosos* (apresentam periculosidade, não podendo ser dispostos no solo sem a utilização de medidas protetoras, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade não se enquadrem);
- *Classe II - Não - Inertes* (podem ser dispostos no solo, com cuidados adicionais, por não se enquadrarem como *Perigosos* ou *Inertes*, embora possuam propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água); e
- *Classe III - Inertes* (podem ser dispostos no solo, de forma adequada, se submetidos ao teste de Solubilização (NBR 10006), não tenham nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água - Listagem 8 - só se diferenciando desta quanto aos padrões de *aspecto, cor, turbidez e sabor*).

#### 4.7 - COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO URBANO

A análise dos resíduos urbanos é uma atividade essencial para a programação e execução dos serviços de limpeza de um município. Neste contexto devem ser consideradas as composições qualitativas e quantitativas dos mesmos. Em função da industrialização e melhoria das condições sociais e econômicas da população brasileira, estas composições estão se modificando substancialmente, o que deveria obrigar as administrações municipais, a atualizarem os dados disponíveis (se é que os tem).

A prova de que esta não é uma prática usual, nos municípios brasileiros, é o fato de não se obter tais dados atualizados, em artigos publicados e tampouco junto às prefeituras visitadas.

Um exemplo de mudança qualitativa e quantitativa dos resíduos urbanos está no crescimento da demanda de vidro e embalagens em geral (papel e papelão). Nos últimos 12 meses, o uso destes materiais teve um crescimento de 7 e 12 % respectivamente, que de certa forma retrata o momento econômico pelo qual o país atravessa. A aceleração do consumo de alimentos e bens duráveis, redundam no aumento e diversidade de resíduos gerados [95].

Inúmeros fatores atuam sobre a origem, formação e volume dos resíduos sólidos em um município. Abaixo estão listados, independentemente da sua magnitude, vários destes fatores [82 ; 96].

- Grau de desenvolvimento social e econômico; e de industrialização atingido;
- Número de habitantes; crescimento vegetativo; densidade demográfica; população urbana e rural; existência de correntes migratórias;
- Distribuição de renda e grau de informação da população;
- Grau de desenvolvimento cultural e educacional da sociedade - usos, hábitos e costumes;
- Existência e cumprimento de leis específicas;
- Grau de desenvolvimento comercial;
- Variações climáticas;
- Incidência do período de férias coletivas;

- Oscilações políticas e sociais comprometedoras das atividades econômicas e
- Tipos de serviços executados para a coleta de resíduos;
- Eficiência da coleta;
- Tempo de coleta;
- Disciplina e controle dos pontos produtores e
- Leis e regulamentações específicas.

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos, além de facilitar os serviços de coleta e transporte, apresenta também vantagens do ponto de vista sanitário e ambiental, face ao tratamento (triagem de materiais recicláveis; compostagem de matéria orgânica; incineração) e disposição final dispensados aos mesmos.

Quanto à questão de saúde pública, deve se ter em mente que o resíduo mal gerenciado, contribui para a transmissão de doenças (febre tifóide, salmoneloses, disenterias, malária, febre amarela, leptospirose, tifo murino, etc.) por meio de vetores como moscas e roedores, que encontram no mesmo, condições ideais para a sua proliferação. [97]

Como o “resíduo urbano” contém toda espécie de material descartado pela sociedade, a saúde pública e o meio ambiente, além do risco das doenças acima citadas, enfrentam também problemas devido à natureza química de alguns de seus componentes, que lhes confere características de potencialmente perigosos.

Os elementos e compostos químicos mais comuns, que estão presentes nos resíduos urbanos e que apresentam tais características, são os seguintes: P, Pb, Cu, Sn, Cr, PCF (Pentaclorofenol), CFC (Cloro-Flúor-Carbono), Mn, Hg, Cd, e Ni. A Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico - CETESB, em trabalho técnico, teceu comentários sobre as conseqüências à saúde pública e ao meio ambiente, da disposição final indiscriminada de resíduos que contém os elementos e compostos acima mencionados. As Tabelas 4.6 e 4.7 apresentam alguns dos referidos elementos químicos, sua origem e seus efeitos. [77 ; 98]

TABELA 4.6

## RESÍDUOS URBANOS POTENCIALMENTE PERIGOSOS

	PRODUTOS
Material para Pintura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tintas</li> <li>• Solventes</li> <li>• Pigmentos</li> <li>• Vernizes</li> </ul>
Produtos para Jardim e Animais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesticidas</li> <li>• Inseticidas</li> <li>• Repelentes</li> <li>• Herbicidas</li> <li>• Fungicidas</li> <li>• Fertilizantes</li> </ul>
Produtos para Motores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óleos Lubrificantes</li> <li>• Fluidos de Freio e Transmissão</li> <li>• Baterias</li> </ul>
Produtos de Limpeza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ceras e Polidores</li> <li>• Limpadores</li> <li>• Desinfetantes</li> <li>• Desodorizantes de Ar</li> </ul>
Farmacêuticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remédios e Restos Medicinais</li> <li>• Cosméticos</li> </ul>
Outros Itens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilhas e Baterias</li> <li>• Lâmpadas Fluorescentes</li> <li>• Frascos de Aerossóis</li> </ul>

Fonte: Cetesb [98]

TABELA 4.7

## EFEITOS CAUSADOS AO HOMEM POR METAIS SELECIONADOS

ELEMENTO	ONDE É ENCONTRADO	EFEITOS
Mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamentos e Aparelhos Elétricos de Medida</li> <li>• Produtos Farmacêuticos</li> <li>• Lâmpadas de Néon</li> <li>• Interruptores</li> <li>• Baterias, Pilhas</li> <li>• Tintas</li> <li>• Amaciantes</li> <li>• Anti-sépticos</li> <li>• Fungicidas</li> <li>• Termômetros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distúrbios Renais</li> <li>• Distúrbios Neurológicos</li> <li>• Efeitos Mutagênicos</li> <li>• Alterações no Metabolismo</li> <li>• Deficiências nos órgãos Sensoriais</li> </ul>
Cádmio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baterias, Pilhas</li> <li>• Plásticos</li> <li>• Ligas Metálicas</li> <li>• Pigmentos</li> <li>• Papéis</li> <li>• Resíduos de Galvanoplastia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dores Reumáticas e Miálgicas</li> <li>• Distúrbios Metabólicos levando à osteoporose</li> <li>• Disfunção Renal</li> </ul>
Chumbo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tintas, como as de Sinalização de Rua</li> <li>• Impermeabilizantes</li> <li>• Anticorrosivos</li> <li>• Cerâmica</li> <li>• Vidro</li> <li>• Plásticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de Memória</li> <li>• Dor de Cabeça</li> <li>• Irritabilidade</li> <li>• Tremores Musculares</li> <li>• Lentidão de raciocínio</li> <li>• Alucinação</li> <li>• Depressão</li> <li>• Anemia</li> <li>• Paralisia</li> </ul>

Fonte :IPT - CEMPRE [77]

#### 4.8 - DESTINAÇÃO FINAL DO LIXO URBANO

Nesta seção são apresentadas informações concernentes ao gerenciamento do lixo domiciliar urbano, em alguns municípios do estado de São Paulo, com destaque para a capital, pelo volume de rejeito gerado diariamente e pela magnitude dos problemas decorrentes.

Além da capital são apresentadas informações das cidades de Santos, Campinas, São José dos Campos, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto.

Para implementar as informações obtidas na literatura, foram feitos contatos com as prefeituras das referidas cidades ou eventualmente com o gerente regional da Cetesb, como foi o caso na cidade de Ribeirão Preto e de Santos.

Após os primeiros contatos telefônicos, foram enviadas mensagens telefax, onde listamos as informações procuradas, quando das visitas. De forma geral todas as mensagens àquelas cidades apresentaram a seguinte lista de pedido de informações:

- diretrizes para a destinação dos resíduos sólidos do município;
- volume de lixo gerado e recebido;
- volume de lixo enviado para os destinos;
- composição e destino do lixo;
- situação da coleta seletiva;
- dados sobre o centro de triagem/reciclagem;
- abrangência dos serviços e
- forma de coleta, tratamento e disposição final.

A obtenção destes dados, quando disponíveis, em adição às visitas aos locais de disposição e tratamento do lixo urbano, nas cidades mencionadas, foi encarada como sendo a melhor maneira de compreender o destino dos resíduos, julgar a solução adotada e avaliar o potencial energético que oferecem.

A Figura 4.2 apresenta as atividades da Limpeza Urbana, de acordo com a Limpurb, da Prefeitura de São Paulo. Estas atividades se fossem efetivamente realizadas, de modo a coletar todo o lixo produzido na cidade de São Paulo, certamente minimizaria os problemas de detritos nas vias públicas, rios e represas da cidade, bem como postergaria o encerramento de aterros.



FIGURA 4.2

ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA

FONTE: Limpurb [99]

#### 4.8.1 - O LIXO DOMICILIAR NA CIDADE DE SÃO PAULO

A cidade de São Paulo desempenha um papel de destaque no contexto político e econômico do país. Sua estrutura de comércio e indústria é bastante diversificada, atendendo o mercado consumidor local e nacional. O fato de ser um polo industrial, faz com que haja aumento populacional, maior consumo de produtos e conseqüentemente maior geração de lixo. Esta população que está nos dias de hoje na casa dos 10 milhões de habitantes (IBGE - 1996), ocupa uma área de 1.509 km<sup>2</sup> (Plano Diretor do Município, nov./88), dos quais 899 km<sup>2</sup> se constituem na área urbana.

Para a prefeitura do Município de São Paulo, os serviços de Limpeza Pública são atribuídos à Administração Municipal (Administrações Regionais e disciplinados pela Lei 10.315 de 30/04/87 c/c a Lei 10.746/89, envolvendo as seguintes atividade [100] :

- coleta e transporte para locais adequados, dos resíduos sólidos domiciliares; estabelecimentos públicos; de prestação de serviço; comerciais e industriais até o volume de 100 litros por estabelecimento;
- coleta, transporte e destinação especial dos resíduos hospitalares;
- remoção de entulho, restos de poda de jardim e sobras de materiais de construção;
- remoção de animais mortos de pequeno porte;
- varrição e lavagem de vias públicas, praças, parques e outros logradouros do município;
- limpeza e desobstrução de bueiros, galerias de águas pluviais, margens e leitos dos córregos não canalizados; e
- disposição final de todos os resíduos coletados, em aterros sanitários, incineradores ou usinas de compostagem.

Para obter informações sobre estas atividade foram enviados dois telefax para os diretores do Departamento de Limpeza Urbana do Município, Dr. Paulo Gomes Machado e Dr. Carlos Alberto Venturelli (atual) e agendadas as visitas às unidades de tratamento e disposição (usina de compostagem Vila Leopoldina; Incinerador da Ponte Pequena; Aterro Sanitário Bandeirantes) e ao Centro de Documentação da Limpurb e da Logos Engenharia.

Em adição a estas atividades foi realizada consulta na Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, no que tange aos incineradores que a prefeitura deseja instalar na cidade.

A Tabela 4.8 apresenta as instalações de tratamento e disposição do resíduo sólido urbano do município, enquanto que a tabela 4.9 fornece dados sobre a movimentação dos resíduos nestes locais.

**TABELA 4.8**  
**INSTALAÇÕES DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS**  
**SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

INSTALAÇÃO			
TIPO	DENOMINAÇÃO	ÁREA OCUPADA (m <sup>2</sup> )	INÍCIO
ATERRO SANITÁRIO	Bandeirantes	817.333	1979
	São João	750.000	1992
	Itatinga	304.627	1990
USINAS DE COMPOSTAGEM	Vila Leopoldina	55.400	1974
	São Matheus	56.000	1970
INCINERADORES	Ponte Pequena	20.000	1959
	Vergueiro	6.000	1968

Fonte: Limpurb [101]

Na Tabela 4.9, que indica o destino do lixo coletado, nota-se que a maior parcela tem como destino os aterros (Bandeirantes, São João e Itatinga) diretamente ou via Estações de Transbordo (Ponte Pequena, Vergueiro e Santo Amaro). Estas estações tem por finalidade transferir os resíduos coletados nas operações de limpeza e varrição, por veículos coletores compactadores, para carretas de maior porte (3 vezes), de forma a economizar tempo e combustível, no envio dos mesmos aos aterros da cidade.

TABELA 4.9  
MOVIMENTAÇÃO DE RESÍDUOS

MOVIMENTAÇÃO DE RESÍDUOS						
TIPO	INSTALAÇÃO	TIPO	ENTRADA (t/dia)	ENTRADA/ SAÍDA (t/dia)	SAÍDA (t/dia)	DESTINO
USINA DE COMPOSTAGEM	Vila Leopoldina	Domiciliar	1.000	-	-	-
		Composto	-	-	500	Mercado
		Recicláveis	-	-	150	Mercado
		Rejeito	-	-	350	Aterro Bandeirantes
	São Mateus	Domiciliar	700	-	-	-
		Composto	-	-	320	Mercado
		Recicláveis	-	-	105	Mercado
		Rejeito	-	-	275	Aterro São João
INCINERADOR	Vergueiro	RSS	20	-	-	-
		Urbano	120	-	-	-
		Rejeito	-	-	15	Aterro São João
	Ponte Pequena	Urbano	150	-	-	-
		Rejeito	-	-	15	Aterro São João
	Estação de Transbordo	Ponte Pequena	-	-	3.250	-
Vergueiro		-	-	700	-	Aterro São João
Santo Amaro		-	-	350	-	Aterro São João
Aterro Sanitário Ativo	Bandeirantes	-	-	5.250	-	-
	São João	-	-	4.650	-	-
Aterro Inertes	Itatinga	-	-	4.160	-	-

Fonte: Michelino [102]

#### 4.8.1.1 - COLETA DO LIXO

O gerenciamento dos serviços de limpeza pública é realizado pela Secretaria de Serviços e Obras - SSO e pela Secretaria das Administrações Regionais - SAR. Subordinada à SSO está a Limpurb e a Logos Engenharia (empresa contratada para controlar os dados sobre a coleta, transporte e disposição do lixo na cidade).

O serviço de coleta e varrição de lixo e entulho é executado por cinco empreiteiras (Cavo, CBPO, Pavter, Enterpa e Vega-Sopave) contratadas via concorrência pública realizada pela SSO. Cabe às administrações regionais (26) fiscalizar a qualidade e a extensão dos trabalhos executados.

Como o “gasto da prefeitura com a limpeza pública é definido pela quantidade de lixo coletado ou pela extensão de vias varridas ou lavadas”, a precisão destes dados é de grande importância, pelo montante financeiro que representa. Mais recentemente esta questão ganhou espaço nos meios de comunicação, quando se colocou em dúvida a veracidade dos números fornecidos e conseqüentemente da validade do pagamento por tais serviços. O atual diretor da Limpurb, Carlos Alberto Venturelli afirmou que são varridos diariamente em São Paulo, 13.140 km de ruas e logradouros, ao passo que a SSO, a quem a Limpurb está subordinada, afirma que seriam 6.700 quilômetros. [103 ; 104]

De acordo com a Logos Engenharia, os serviços de coleta, varrição e limpeza representam 79 % (1996) do dispêndio do sistema de limpeza urbana. A média mensal no ano de 1996, para estes serviços, foi da ordem de R\$ 24.000.000 . Este valor é aproximadamente 43 % superior ao de 1995, para os mesmos serviços.

A Tabela 4.10 fornece a média diária e o total anual dos resíduos sólidos coletados, conforme a sua origem. Destes dados pode-se concluir que o lixo domiciliar acrescido dos provenientes da varrição, é responsável por 62 % do total coletado, enquanto que o entulho participa com 31 %, e os de serviços de saúde, indústria e comércio, com o restante.

TABELA 4.10  
MÉDIA DIÁRIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS  
COLETADOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - 1995 (t/dia)

MÊS	DOMICILIAR OUTROS	SAÚDE	ENTULHO	INDUSTRIAL E COMERCIAL	TOTAL GERAL
JANEIRO	9.769	180	2.576	950	13.475
FEVEREIRO	9.425	186	4.091	906	14.608
MARÇO	9.936	181	5.035	911	16.063
ABRIL	8.396	160	5.709	814	15.079
MAIO	8.605	161	5.197	839	14.802
JULHO	8.437	155	4.773	752	14.117
JULHO	8.662	159	4.045	680	13.546
AGOSTO	9.298	187	4.834	726	15.045
SETEMBRO	9.246	148	4.997	708	15.099
OUTUBRO	9.171	152	4.754	745	14.822
NOVEMBRO	9.792	156	4.858	846	15.652
DEZEMBRO	9.602	161	5.195	870	15.828
Média. (t/dia)	9.195	166	4.672	812	14.845
Total Anual (t / ano)	3.356.145	60.408	1.705.280	296.471	5.418.303

Fonte : Limpurb [99]

#### 4.8.1.2 - INCINERAÇÃO

As Figuras 4.3 e 4.4 mostram o incinerador e a Estação de Transbordo da Ponte Pequena. As duas unidades estão localizadas lado a lado, sendo que a primeira recebe o lixo

proveniente dos serviços de saúde (hospitais, clínicas, farmácias etc.), animais de pequeno porte, drogas apreendidas, parte do lixo domiciliar da cidade de São Paulo, e também resíduos dos serviços de saúde de algumas outras cidades (15 municípios da área metropolitana, além de Santos e de Campinas). O incinerador da Ponte Pequena, inaugurado em 1959, juntamente com o da Vergueiro (1968) são responsáveis pelo tratamento de 2 % do resíduo sólido de São Paulo.

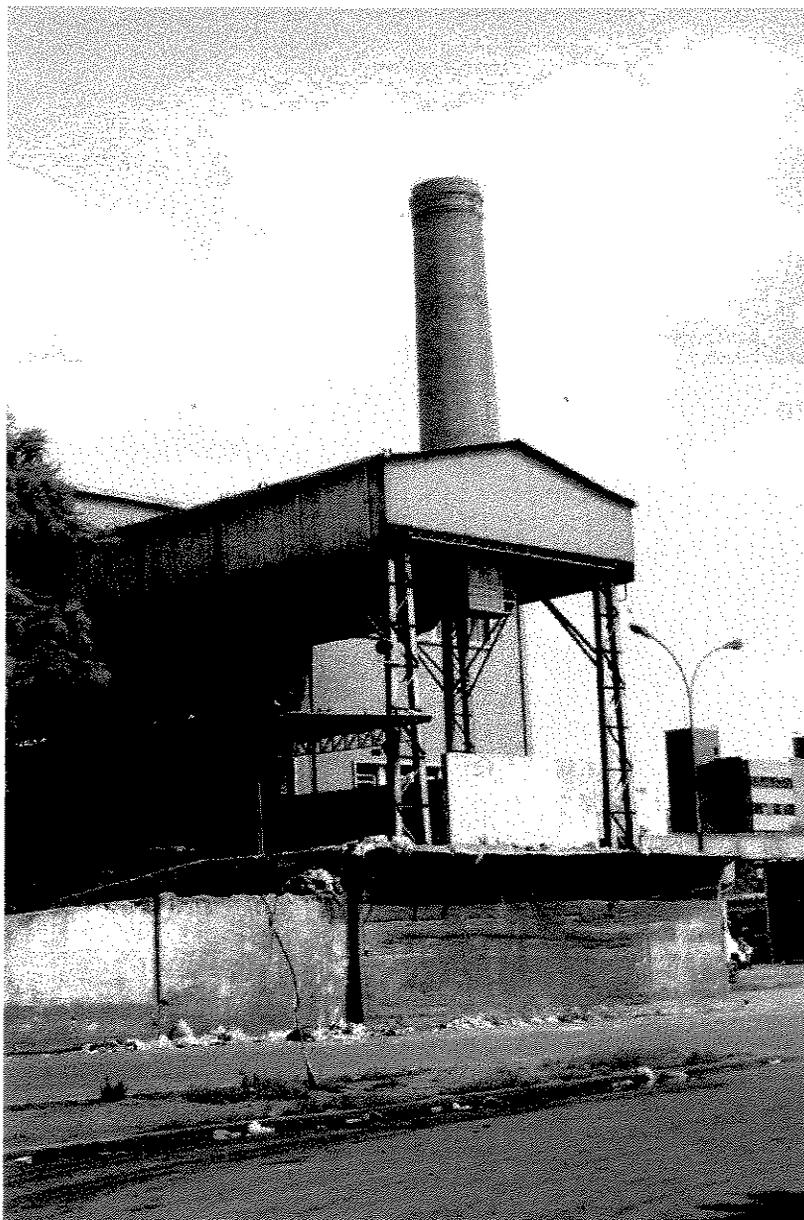


FIGURA 4.3  
INCINERADOR DE RESÍDUOS DA PONTE PEQUENA



FIGURA 4.4

#### LIXO ARMAZENADO AO LADO DO INCINERADOR DA PONTE PEQUENA

Em se tratando de unidades antigas, de capacidade limitada, localização e eficiência questionáveis, os incineradores da cidade, que não recuperam energia, também não possuem filtros e lavadores de gases, assim estão longe de serem, com as atuais características, uma solução para o destino do resíduo sólido urbano. Até mesmo a prefeitura já admitiu que o equipamento usado nas usinas de incineração é obsoleto, quem sabe justificando as reclamações de moradores que vivem em regiões próximas e apresentam problemas respiratórios. [105 ; 106]

#### 4.8.1.3 - COMPOSTAGEM

Como mais da metade do lixo gerado é constituído de matéria orgânica (vide Tabelas 4.1 e 4.3), as usinas de compostagem assumem uma importante função no tratamento do mesmo. De acordo com a Limpurb, as usinas de Vila Leopoldina e de São Matheus

processam respectivamente 1.200 toneladas/dia e 600 toneladas/dia de resíduos sólidos domiciliares. Deste total (1.800 t), 900 t/dia são transformados em composto e vendido a agricultores (como condicionador do solo); 180 t/dia são recicladas/comercializadas (vidros, papelão, plásticos e metais) e o restantes (720 t/dia) é transportado para aterros sanitários. [99]

Apesar de se constituir na maior parcela do lixo gerado, a matéria orgânica não tem instalações com capacidade o suficiente para ser tratada. Neste sentido observa-se que também há o problema de comercialização do composto, ou seja, se for providenciada instalações com capacidade para tratar boa parte ou toda a matéria orgânica, surge a questão do mercado e de venda do composto produzido. Afora a questão de comercialização, há o problema da obsolescência, e do incomodo (mau cheiro) à população, conforme atestado pelo Secretário Municipal do Verde e do Meio Ambiente, Engenheiro Zulauf [106]. A Figura 4.5 mostra o composto produzido na usina de compostagem da Vila Leopoldina.

Embora as usinas de compostagem (Vila Leopoldina e São Matheus) recebam apenas 12 % do resíduo sólido coletado na cidade, proporcionam a oportunidade de se reciclar parte do material reaproveitável que é jogado fora pela população.



FIGURA 4.5

COMPOSTO ORGÂNICO PRODUZIDO NA USINA DA VILA LEOPOLDINA

Quando da visita à unidade da Vila Leopoldina pôde-se observar a operação de triagem dos resíduos sendo realizada por presidiárias. Esta atividade tem dois aspectos que chamam a atenção, o social pelo emprego gerado (catadores) e o energético, ambiental e econômico devido à recuperação de materiais.

#### **4.8.1.4 - COLETA SELETIVA**

O material reciclado pela prefeitura de São Paulo basicamente tem origem na triagem que antecede as operações de incineração e de compostagem do resíduo sólido urbano. O Centro de Triagem/Reciclagem de Pinheiros, próximo da unidade de compostagem da Vila Leopoldina, estava desativado quando da visita a estas instalações, no ano de 1996.

A coleta seletiva implantada pela prefeitura, em caráter experimental em 1989 se valia de duas modalidades de coleta, a seletiva domiciliar, e a dos postos de entrega voluntária - PEVs (conjunto de quatro containers de cores diferentes, um para cada tipo de material, instalados em locais públicos e de fácil acesso).

Este programa que chegou a atender na coleta domiciliar, 37 circuitos, com aproximadamente 110.000 domicílios, e espalhar 37 conjuntos de PEVs pela cidade, por perder credibilidade junto às gestões subseqüentes ao da sua criação, está muito reduzido nas suas dimensões. [100 ; 101]

A prefeitura da cidade tentou acabar, em 1993, com a coleta seletiva do lixo, alegando que o custo do programa frente ao recebido com a venda do material recuperado, era muito elevada. Hoje, de forma diferente, defende o que denomina de macroreciclagem de lixo, que tem suas bases apoiadas nas diretrizes formalizadas pela prefeitura, em 1992. [106 ; 107 ; 108]

O “novo” plano, em linhas gerais, fundamenta-se no princípio da reciclagem que vai desde o reaproveitamento de materiais, até a geração de energia elétrica (incineração da fração seca do lixo) e a recuperação de gás bioquímico, bem como do composto orgânico.

Para reduzir o custo do transporte, previu-se o uso de um caminhão que segrega o lixo orgânico, do reciclável. [109]

Outros detalhes sobre a termoelétrica são dadas mais adiante.

#### **4.8.1.5 - ATERRO SANITÁRIO**

Quanto à disposição final, foi realizada uma visita técnica ao Aterro Sanitário Bandeirantes. Este local juntamente com o aterro sanitário São João e o aterro de Itatinga (inertes) se constituem nas opções de destino do lixo da cidade de São Paulo.

Além dos aterros mencionados, a cidade dispõe de cinco outros aterros sanitários desativados que estão em manutenção (Jacuí; São Matheus; Vila Albertina; Santo Amaro e Sapopemba).

As Figuras 4.6 ; 4.7 e 4.8 mostram a diversidade do lixo no Aterro Bandeirantes; os caminhões da COGEC que levam este lixo das Estações de Transbordo até o Aterro; e tratores fazendo o acerto do lixo para receber a cobertura de terra.

Como descrito anteriormente, a maior parte do lixo coletado na cidade, não recebe tratamento e é disposto nos aterros diretamente ou via estações de transbordo. Esta prática é realizada há mais de vinte anos, sem os devidos cuidados técnicos e ambientais. Por esta razão já se registrou um acidente de desabamento no Aterro Bandeirantes, com a morte de um operário. Além disto, o Engenheiro Zulauf afirma que as “emissões de gases e líquidos percolados (chorume) dos aterros constituem problemas graves, afetando a saúde das populações vizinhas”.

A conclusão que se tira após as visitas efetuadas às unidades de tratamento (incineração e compostagem) e ao aterro sanitário, é que as mesmas deixam muito a desejar no tocante a tecnologia adotada e às condições de operação. Como agravante acrescenta-se o fato dos incineradores terem baixa capacidade de processamento e os aterros sanitários terem poucos anos mais de vida útil.



FIGURA 4.6  
LIXO DISPOSTO NO ATERRO BANDEIRANTES



FIGURA 4.7  
CAMINHÃO DESCARREGANDO LIXO NO ATERRO BANDEIRANTES



FIGURA 4.8

TRATOR NIVELANDO ATERRO PARA RECEBIMENTO DE COBERTURA

#### **4.8.1.6 - PLANO DIRETOR PROPOSTO PARA O DESTINO DO LIXO DE SÃO PAULO**

Em face da situação caótica do sistema de limpeza urbana de São Paulo, foi alinhavado um plano diretor de destino final do lixo de São Paulo, onde se prevê a implantação de três locais de recepção e processamento (Santo Amaro, Sapopemba e Anhanguera). Neste caso, entende-se por processamento, a triagem de matéria orgânica (a ser enviada à usina de compostagem); triagem de materiais recicláveis; incineradores com geração de energia; e compostagem das frações orgânicas triadas. Como complemento a estas atividades, os aterros sanitários da Bandeirantes e São João seriam mantidos e ampliados.

Os três pólos previstos seriam capazes de receber e processar conjuntamente 7.500 t/dia dia das hoje 9.000 t/dia de lixo domiciliar coletados. O restante (1.500 t/dia) iria direto para o aterro, sem tratamento.

#### **4.8.1.7 - INCINERAÇÃO COM GERAÇÃO DE ELETRICIDADE**

Os dois incineradores previstos para a cidade de São Paulo fazem parte separadamente de dois complexos de processamento de resíduos sólidos domiciliares. Nestas instalações serão promovidas, numa primeira etapa, a triagem com a segregação dos materiais não ferrosos recicláveis. Os materiais metálicos ferrosos serão retirados por um separador eletromagnético, enquanto que a fração orgânica (50 % do lixo bruto) será separada por meio de um sistema de peneiramento.

Cada instalação destas receberá 2.500 t/dia de lixo bruto. Após sofrer a triagem acima descrita, sobrarão 1.200 t/dia de resíduo a ser incinerado. A incineração baseada no Sistema Martin leva em consideração que o poder calorífico do lixo municipal atinge de 25 até 40 % do valor correspondente ao carvão de boa qualidade. Nos dados de operação da usina considera-se PCI = 2.000 kcal/kg.

O consórcio vencedor da licitação para a construção e operação da unidade, formou a Companhia de Incineração e Energia Elétrica (CIEL). O consórcio concessionário é integrado pela Vega-Sopave (Brasil); Compagnie Générale de Chauffé (CGC - França) e da Martin GmbH (Alemanha).

Cada unidade de incineração e energia elétrica, poderá gerar 21,5 MW.

#### **4.8.1.8 - DADOS FINAIS SOBRE CUSTO E VOLUME DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

De acordo com a pesquisa realizada junto a Logos Engenharia, responsável pelos dados da limpeza urbana do município, as seguintes informações foram selecionadas:

- a quantidade de resíduos coletados em 96 está 26,37 % acima da média de 95;

- custo operacional dos aterros sanitários (08/96) : 13,46 R\$/t;
- custo operacional das estações de transbordo (08/96) : 28,56 R\$/t;
- custo operacional das usinas de compostagem (08/96) : 19,04 R\$/t;
- o dispêndio de limpeza urbana em 96 foi 42,68 % acima da média de 95 :  
31.230.396,80/mês (96), contra R\$ 21.888.368,28/mês (95);
- o dispêndio acumulado de 95 foi de: R\$ 262.660.419,45;
- índice de custo para os serviços de limpeza urbana (08/96): 75,23 R\$/t;
- índice de custo para os serviços de tratamento e destino final (08/96): 15,19 R\$/t

#### 4.8.2 - O LIXO DOMICILIAR NA CIDADE DE SANTOS

Como complemento à pesquisa na cidade de São Paulo, a respeito da coleta, tratamento e disposição do lixo domiciliar, foram realizadas visitas a algumas cidades do interior paulista visando a obtenção de dados para se avaliar e comparar o gerenciamento dos resíduos nestes locais.

Os primeiros contatos mantidos nesta cidade foram com o engenheiro Jorge Moya Diez, da Cetesb-Santos e a Sra. Elizabeth Aparecida Romano de Andrade, funcionária da Prodesan, a quem foram solicitadas as informações desejadas. As visitas às instalações de tratamento e disposição de lixo da cidade foram realizadas como parte do Seminário Internacional “Coleta Seletiva”, promovida pela prefeitura.

Santos possui uma população fixa de aproximadamente 450 mil habitantes, número este que cresce bastante com a visita de turistas às suas praias, nos feriados e períodos de férias. Este fato faz com que a geração de resíduos domiciliares varie ao longo do ano. A área total da cidade é de 474 km<sup>2</sup> (Ilha: 39,4 km<sup>2</sup>; Continente : 434,6 km<sup>2</sup>).

A média diária de lixo domiciliar produzido no ano de 1995 foi de 400 t/dia, ou seja, 1 kg.dia/hab...Nos períodos de férias a coleta chega a 700 toneladas/dia. E em adição ao lixo domiciliar, há o lixo recolhido na limpeza das vias públicas, canais, galerias, praias, feiras, podas e capinas, que redundam num total de aproximadamente 12.000 t/mês.

No quadro abaixo é apresentado o volume anual (1995) e a origem do resíduo domiciliar coletado, que abrange 97 % da cidade de Santos.

• coleta domiciliar .....	130.696,1 t
• morros e favelas .....	2.184,9 t
• área comercial .....	91,8 t
• área comercial (domingos e feriados) .....	390,3 t
• morros .....	3.123,5 t
• domiciliar + favelas .....	514,5 t

O lixo coletado na cidade de Santos, no ano de 1995, totalizou 137.000 toneladas.

Os serviços de limpeza urbana e destinação do lixo domiciliar, comercial e de serviços de saúde são de responsabilidade da Prodesan (Progresso e Desenvolvimento de Santos S.A.), empresa de economia mista criada em 1968.

Esta empresa realiza o que pode ser considerado um dos mais bem elaborados programas de coleta seletiva (porta a porta; PEVs) que se tem conhecimento. Tal programa se vale da utilização de coleta de lixo em containers (pioneira na América Latina) e dá emprego a deficientes no serviço de catação de materiais passíveis de reciclagem. A prefeitura em adição apoia a organização de associações de catadores (em Santos denominados “carrinheiros”). Estes trabalhadores são responsáveis pela coleta de 1.200 t/mês.

O aspecto negativo do gerenciamento do lixo da cidade fica por conta da disposição do mesmo. Todo o resíduo coletado, com exceção aos de saúde, é disposto no Lixão da Alemoa.

As Figuras 4.9 a 4.12 mostram a contradição do sistema de limpeza urbana na cidade de Santos, que vai da péssima forma de disposição, a um bom programa de coleta seletiva e serviço de catação.



FIGURA 4.9  
LIXÃO DA ALEMOA



FIGURA 4.10  
SERVIÇO DE CATAÇÃO NA UNIDADE DE TRIAGEM DE SANTOS



FIGURA 4.11  
CAMINHÃO DO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA DE SANTOS



FIGURA 4.12  
CATAÇÃO EXECUTADA POR DEFICIENTES EM SANTOS

#### 4.8.3 - O LIXO DOMICILIAR NA CIDADE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

A cidade de São José dos Campos tem uma população de aproximadamente 520.000 habitantes (todos atendidos pela coleta regular do lixo) e gera em torno de 300 t/dia de resíduo domiciliar. Desta população, 189.000 habitantes são atendidos pelo programa de coleta seletiva. As atividades de varrição, coleta, tratamento e disposição final de resíduos da cidade estão outorgados à Urban (Urbanizadora Municipal S.A.) pela Lei Municipal nº 3718/89.

O Diretor de Operações, desta empresa, o engenheiro Antonio Márcio de Moura Lindegger forneceu os dados solicitados e promoveu a visita às instalações de tratamento e disposição de resíduos da cidade.

São José dos Campos dispõe de um incinerador (fabricado por A. B. Gaecez) para resíduos de saúde; de um centro de triagem de resíduos recicláveis e de uma usina de compostagem (capacidade: 300 t/dia) da fração orgânica. As cinzas residuais do incinerador e o resíduo não tratado são destinadas ao aterro sanitário (278 mil m<sup>2</sup> e previsão de vida útil até 2002). O Centro de triagem de resíduos recicláveis tem uma produção média mensal de 150 toneladas. No ano de 1996 o programa de coleta seletiva recolheu 250 t por mês, provenientes de 102 bairros da cidade.

A usina de compostagem processa uma média de 100 t/dia de lixo orgânico (um terço do total de lixo domiciliar coletado). O composto orgânico chamado de “Adurban” teve a sua utilização na agricultura aprovada pela Cetesb, depois de testes de campo com o produto. O preço da tonelada do composto varia de R\$ 16/t do produto cru, a R\$ 34/t para o produto curado, seco e peneirado.

As Figuras 4.13 a 4.16 mostram as esteiras de catação do centro de triagem; os produtos obtidos e enfiados já prontos para a comercialização e o aterro sanitário, dando uma pequena visão do que é o bom sistema municipal de limpeza urbana que dispõe a cidade de São José dos Campos. Este fato demonstra que se for desejo de uma prefeitura, esta atividade pode ser conduzida a contento.



FIGURA 4.13  
ATERRO SANITÁRIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS



FIGURA 4.14  
CATAÇÃO NO CENTRO DE TRIAGEM DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS



FIGURA 4.15

AL Prensado no Centro de Triagem de São José dos Campos

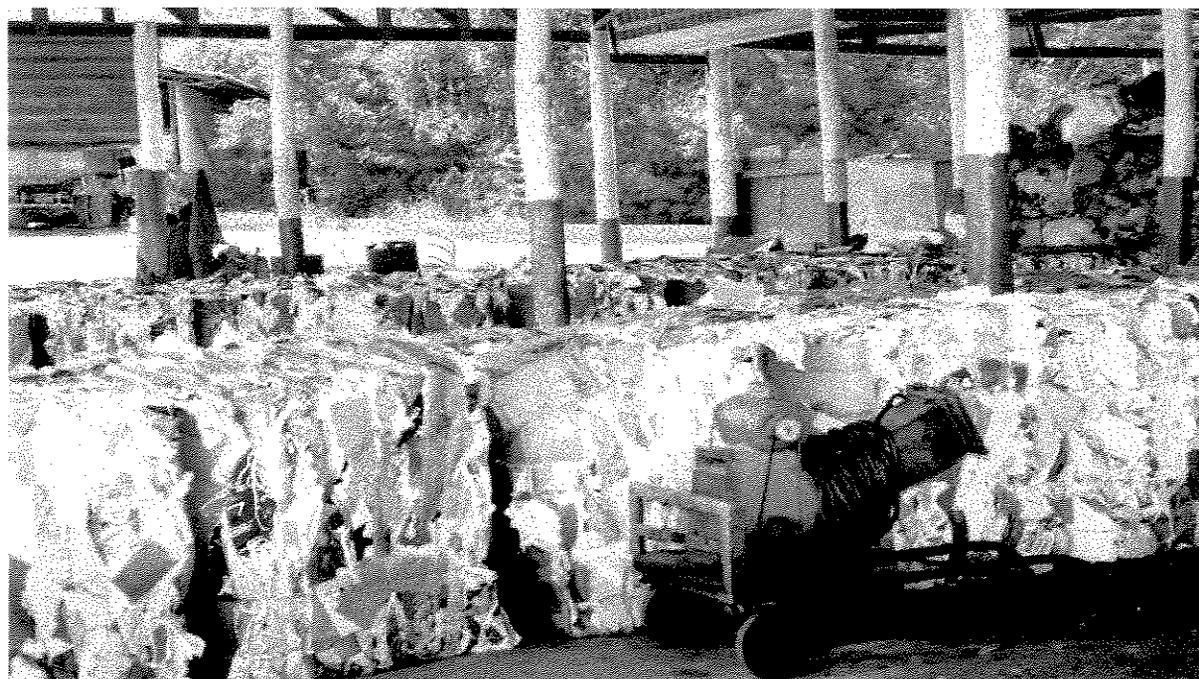


FIGURA 4.16

Fardos de papel reciclado no Centro de Triagem

#### 4.8.4 - O LIXO DOMICILIAR DA CIDADE DE CAMPINAS

A cidade de Campinas, segunda maior cidade na pesquisa efetuada, tem aproximadamente 910 mil habitantes e dispõe de dois aterros desativados (Santa Bárbara e Jardim Satélite Iris) e de acordo com as diretrizes básicas do Plano Diretor de Limpeza Urbana teve prevista a criação do Complexo Delta. Este sistema, situado na região sudoeste da cidade, deverá contar, quando completado o licenciamento ambiental, de uma usina de tratamento e destinação final (UITDF), que inclui um incinerador; Aterro Sanitário (AS); Central de Tratamento de Resíduos Industriais (CTRI); Sistema de triagem, Seleção, recuperação e Reciclagem (STSRR); E Central de Britagem de Entulho (CBE).

Para a obtenção de informações gerais sobre o sistema de limpeza urbana da cidade, foram contatados os engenheiros Ernesto Dimas Pauleda, da Secretaria de Serviços Públicos; e Alexandre Gonçalves, diretor de departamento daquela secretaria.

A concorrência para a construção da usina de incineração, no complexo delta, deixou a Secretaria de Serviços Públicos bastante agitada, fato este que inviabilizou a visita àquele local. Por esta razão os dados obtidos são fruto de cópias de trabalhos daquela secretaria, abaixo transcritos:

- Resíduos Domiciliares

Quantidade: 700 t/dia

Custo : R\$ 35,73/t

- Resíduos de Serviços de Saúde

Quantidade: 5 t/dia

Destinação: incinerador do Município de São Paulo

Custo da coleta hospitalar: R\$ 75,13/t

Custo da incineração: R\$ 147,76/t

- Resíduos do Serviço de Varrição

Quantidade: 4 t/dia

Custo: R\$ 49,17/km

O Programa de coleta seletiva domiciliar atende 229 bairros e recolhe 234,85 t/mês.

As empresas Voll-Roll (Suécia), Camargo Corrêa, Cavo e Enterpa (Brasil) se associaram e venceram a concorrência internacional aberta pela prefeitura da cidade para construir e administrar o Complexo de tratamento e reciclagem de resíduos Sólidos, que engloba instalações de compostagem, reciclagem do lixo, bem como a incineração de resíduos, com geração de eletricidade.

A cidade de Campinas, juntamente com a de São Paulo são as únicas que planejaram e estão efetivando a instalação deste tipo de unidade.

#### **4.8.5 - O LIXO DOMICILIAR NAS CIDADES DE RIBEIRÃO PRETO E SÃO JOSÉ DO RIO PRETO**

Estas cidades possuem formas distintas de gerenciamento do sistema de limpeza urbana. Ribeirão Preto se vale de diferentes empresas para administrar as atividades envolvidas. O incinerador de resíduos da saúde (7t/dia); a coleta seletiva (13 a 15 % da cidade); e a coleta especial estão a cargo da Menxon, enquanto que os serviços de coleta normal; o transporte e a disposição final, ficam por conta da Rek Construtora Ltda.

O que se observa em Ribeirão Preto é um pequeno programa de reciclagem seletiva que abrange menos de 2% (6t/dia) do total coletado na cidade (350 t/dia). De qualquer forma pode ser considerado um embrião de sistema integrado. Os aspectos negativos ficam por conta da não recuperação efetiva dos lixões usados até a entrada em operação do atual aterro, que por sinal tem curta vida útil. O aterro em questão está longe de ser considerado um aterro sanitário, com todo o seu rigor. A título de exemplo basta salientar que o chorume (não tratado) é simplesmente bombeado de volta para o aterro.

Em 1995 foram coletadas as seguintes quantidades de resíduos: 111.521,4 t (resíduo domiciliar); 1.118,8 t (resíduo de particulares) e 1.094,4 t (resíduos dos serviços de saúde).

São José do Rio Preto, por seu lado, concentra as atividades existentes no município (não possui incinerador e tampouco de um programa de coleta seletiva) em uma só empresa particular (Construfert).

O Diretor Comercial, o Sr. Aviemar Rodrigues Reis viabilizou a visita às instalações da empresa e forneceu as parcas informações sobre o resíduo domiciliar urbano daquela cidade. De acordo com a Construfert, são coletados 220 t/dia de resíduos, com a seguinte composição:

• papéis e papelão: .....	6,89 %
• plásticos: .....	2,35 %
• vidros: .....	0,48 %
• metais: .....	2,08 %
• matéria orgânica: .....	65,09 %
• resíduos diversos: .....	23,11 %

O resíduo coletado (sem segregação prévia) é disposto em local que a Cetesb classifica como sendo um lixão, apesar de possuir pontos de reciclagem e compostagem de materiais. O fato mais curioso nesta instalação diz respeito à existência de uma recuperadora de plásticos operada pela própria Construfert, em associação às atividades de reciclagem. Quando da visita verificou-se que havia grande quantidade de plástico recuperado, armazenado em galpão. Entretanto não foram esclarecidas as razões pelas quais tal produto não é bem comercializado. É de se supor que tal fato se deve às limitações quanto à pureza e grau de contaminação do mesmo, para efeito de uso geral.

## Capítulo 5

### Considerações Finais

*Neste capítulo, com base nas informações anteriores descritas, são feitas a análise e as considerações finais, destacando-se a situação do lixo no estado de São Paulo; o significado ambiental e energético do alumínio e do papel; o potencial de reciclagem destes produtos; a energia perdida com o descarte dos mesmos; e as questões pertinentes à incineração de parte do resíduo, com geração de eletricidade.*

A má gestão dos resíduos domiciliares urbanos, no estado de São Paulo, traz à tona diversas questões não resolvidas, com implicações danosas para a população e seu bem estar. Na prática, não há o engajamento da indústria; a efetiva participação do poder público e a conscientização da população, no sentido de reduzir a geração de lixo; segregar e reciclar materiais; definir e administrar adequadamente os serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos.

Neste contexto, a indústria brasileira não é responsável pelo produto pós-consumo, tampouco pelo uso de materiais reciclados. O poder público, por seu lado, embora seja responsável pela gestão dos serviços de limpeza urbana, se mostra em muitos casos, omissa na condução de suas obrigações. A sociedade que não conta com programas de educação ambiental, bem como de condições para a adoção de procedimentos mais saudáveis, contribui para o agravamento do já caótico problema da gestão do lixo, na grande maioria das cidades do estado.

A resultante da negligência, omissão e falta de conscientização dos integrantes da sociedade, aliada ao crescimento econômico, é a geração de volume crescente de lixo,

composto de muita matéria orgânica e produtos que poderiam ser reaproveitados, minimizando as questões pertinentes aos recursos naturais; à preservação do meio ambiente, e à energia gasta na sua produção.

Um exemplo deste quadro é a existência de pelo menos 433 pontos irregulares de “descarga de resíduos” na cidade de São Paulo. O volume de lixo acumulado nestes locais cadastrados, não entra na estatística do resíduo coletado, transportado e disposto em aterros, pela prefeitura do município.

De acordo com o diretor do Departamento de Limpeza Urbana (LIMPURB), Carlos Alberto Venturelli, a prefeitura não tem atribuição legal para ser responsabilizada pela existência de lixões clandestinos. O secretário estadual do Meio Ambiente, Fábio Feldmann, por seu lado, diz que há a necessidade de uma “parceria clara” para solucionar esta questão. [110 ; 111]

Na verdade, às diferenças político-ideológicas se somam a inércia da máquina administrativa, a muitos anos agravando o problema, que por si só é de difícil solução técnica, econômica e ambiental.

Como se vê, a cidade de São Paulo, com o seu peso, não se acerta com o estado quanto aos deveres e responsabilidades. Mas as divergências se espalham por outros municípios. Este é o caso das cidades de Jandira e Barueri, onde o desentendimento entre prefeitos, fez com que a primeira ficasse sem local para depositar 60 toneladas diárias de lixo.

Esta foi uma briga para Jandira dispor o seu resíduo sólido urbano, no lixão de Barueri. A prática de remeter o resíduo para lixões, lamentavelmente é o procedimento adotado por 537 municípios (80 %) do estado mais desenvolvido do país !

Pior que se valer de lixões, é adotar o hábito de descarregar o resíduo sólido da cidade, em terrenos baldios de outros municípios, de forma sorrateira, na calada da noite. Nos Estados Unidos se criou a síndrome NIMBY (“Not in My Back Yard” - não no meu quintal) tamanha era (ou ainda é) a corrida noturna de caminhões de lixo pelas estradas daquele país.

Se o estado de São Paulo ainda não apresenta sinais desta morbidez, também não tem como negar que alguns municípios adotaram esta prática, no mínimo ilegal. De acordo com o assessor de Engenharia da Cetesb, João Antônio Fuzaro, as cidades de Poá, Mauá, Embú e São Bernardo já “exportaram” seu lixo para as zonas leste e sul da capital. [112]

Constatada a prática de disposição do resíduo domiciliar, em lixões, na grande maioria dos municípios paulistas, pode-se imaginar os malefícios resultantes deste procedimento associado com o estabelecimento do “garimpo do lixo”.

O descarte sem controle e a falta de gerenciamento do lixo contribuem para a proliferação de vetores como moscas e roedores nos lixões e conseqüentemente para a transmissão de doenças. A presença de elementos e compostos químicos nos resíduos urbanos agrava o risco de se contrair doenças nos locais de disposição.

Das cidades visitadas coube a Campinas dar um mal exemplo de omissão no gerenciamento do “Aterro Sanitário” Delta 1, permitindo o trabalho ilegal de 67 crianças, em atividades de catação, naquele local. O fato deste episódio em Campinas ter se tornado público, não significa dizer que só ocorre naquela cidade. É de se supor que aquelas ou quaisquer outras crianças não sejam imunes aos riscos associados a tal atividade, esteja onde estiver o lixão. [113]

As estratégias e medidas descritas no Capítulo 21 (Manejo Ambientalmente Saudável dos Resíduos Sólidos) da Agenda 21 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento) estão muito longe de serem praticadas no estado de São Paulo.

### **5.1 - A indústria do alumínio e do papel**

Estes dois setores industriais receberam destaque por se tratarem de setores responsáveis pela fabricação de produtos com valor representativo de energia agregada. O aproveitamento destes produtos apresenta vantagens energéticas e ambientais. Quanto ao papel, salienta-se que nos casos onde a sua reciclagem é técnica ou economicamente inviável, há ainda a possibilidade de ganho energético com a incineração do mesmo, juntamente com os demais produtos combustíveis contidos no lixo domiciliar urbano.

O Brasil é o sexto produtor mundial de alumínio primário, precedido pelos Estados Unidos, Rússia, Canadá, China e Austrália. A participação na lista dos maiores produtores se deve ao fato do país dispor da 3ª reserva mundial de bauxita e grande potencial hidrelétrico. Além da farta disponibilidade de minério, as multinacionais que se instalaram na região norte do país, contaram com o incentivo do governo federal (Presidente Figueiredo) que lhes ofereceu energia elétrica subsidiada.

Assim quando se consulta qualquer fonte de informações que trate da questão das tarifas de eletricidade para o setor industrial, deve-se considerar a possibilidade da prática de valores inferiores àquelas listadas. Este é o caso da indústria do alumínio na região norte, e por vezes na região sudeste, onde a Alcan obtêm junto à Cemig, valores diferenciados (contratos específicos de fornecimento), assim como a CBA junto à Eletropaulo. Um dos aspectos negativos desta política tarifária, diz respeito à energia elétrica subsidiada e “exportada”, com o produto que deixa o país. Em 1996, o país exportou 806.000 t de alumínio (lingote; ligas; chapas; folhas, etc.).

Considerando-se um consumo de energia elétrica de 16,64 MWh/t para a produção de alumina e do alumínio primário (desprezando-se o gasto para a produção das chapas; folhas; etc.), o país “exportou” 13,41 TWh.

Das indústrias do alumínio instaladas no país, é a CBA aquela que mais investe na autogeração de eletricidade, estando hoje na casa dos 50 % do seu consumo. As indústrias instaladas na região norte se valem dos descontos tarifários e em função das regras do setor elétrico, quase nada fizeram quanto ao auto-suprimento de eletricidade. Com a privatização do sistema elétrico nacional e a mudança das regras do setor, algumas indústrias do alumínio estão se movimentando no sentido de terem participação nas geradoras de energia elétrica.

Se a eletricidade “exportada” não têm retorno direto, o mesmo não pode ser dito com relação à sucata de alumínio descartada em aterros. O Brasil é um grande reciclador de latas de alumínio, mas não têm este destaque na reciclagem de outros produtos que se valem deste metal, como será visto mais adiante.

O setor de celulose e papel do país, também se alinha entre os grandes produtores (7<sup>o</sup> e 12<sup>o</sup> respectivamente) e exportadores mundiais. Comparativamente à indústria do alumínio, estes setores exportam menor percentual de suas produções. Em 1996, o setor exportou 1,2 milhão de toneladas de papel (21%) e 2,2 milhões de toneladas de celulose (35%).

O aspecto que chama atenção neste setor (celulose/papel) eletrointensivo, é a sua capacidade de autogeração. Em 1992, o consumo total de energia elétrica foi de 7,9 TWh, com 44 % autogerada. Neste caso, também não se recupera a energia agregada ao papel e celulose exportados, mas há a possibilidade de se recuperar parte da energia contida no material descartado.

O alumínio pode ser mais facilmente reciclado (baixas perdas com a limpeza, refusão, etc.) que o papel. Este, quando não reciclado pode ainda ser aproveitado, na incineração com geração de energia elétrica.

No tocante ao impacto ambiental, tanto o setor do alumínio, quanto o do papel, têm questões não bem esclarecidas. Quanto ao primeiro, há de se considerar o impacto ocasionado pela mineração da bauxita; a emissão de efluentes líquidos e gasosos; e principalmente a geração de rejeitos sólidos perigosos (revestimentos gastos das cubas eletrolíticas - RGC). Em relação ao papel, os pontos que chamam atenção dizem respeito ao processo de branqueamento nas plantas industriais; a emissão de efluentes líquidos contendo substâncias perigosas, acima dos padrões de liberação; e a baixa participação de fibras recicladas (secundárias), que significa mais papel nos aterros.

## **5.2 - A situação atual do lixo domiciliar urbano, no estado de São Paulo**

São Paulo que conta com 645 municípios e aproximadamente 32 milhões de habitantes (97), é o estado mais populoso do país. A capital de mesmo nome, acolhe 10 milhões de habitantes e desta forma se encontra entre as mais populosas do mundo. A ufania de seus moradores por estarem presentes em uma cidade deste porte, foi trocada pela preocupação quanto à queda na qualidade de vida. O serviço de limpeza urbana, englobando a varrição, coleta, transporte, tratamento e disposição do lixo, aparece como um dos grandes problemas da cidade, pelo volume de resíduo a ser gerenciado. Esta cidade só têm menos

habitantes que os estados das Minas Gerais; Rio de Janeiro e Bahia, assim deduz-se que gere diariamente volume de lixo superior aos demais estados brasileiros isoladamente, ou ainda vários deles em conjunto.

Na elaboração deste trabalho foram feitas visitas e obtidos dados na capital e em alguns municípios do interior paulista. Pela facilidade e quantidade de informações obtidas, a cidade de São Paulo recebeu mais espaço na avaliação do gerenciamento do lixo no estado. As informações obtidas nas demais cidade, serviram para configurar este quadro no interior, como complemento.

De acordo com a Cetesb, em 1997, as cidades do estado de São Paulo geraram conjuntamente, 18.231 t/dia de resíduos sólidos domiciliares. A Tabela 5.1 apresenta o volume de resíduo gerado e o destino do mesmo. Desta tabela pode-se inferir as diferenças nas taxas de geração de lixo, que variam de região para região e certamente com o poder aquisitivo e a disponibilidade daqueles locais.

Nota-se nesta tabela que mais de 80 % das cidades paulistas descartam o resíduo sólido domiciliar urbano em lixões. Considerando-se o volume total de resíduos descartados no estado, o lixão tem destaque negativo, mas atenuado em face da disposição do lixo da cidade de São Paulo em aterros.

Esta classificação, se efetivamente fosse rigorosa quanto aos quesitos necessários para configurar um aterro sanitário, provavelmente não listaria nenhuma instalação no estado, com estas características. Informalmente, muitos técnicos do setor, inclusive da própria Cetesb, confirmam esta impressão.

Não é apenas a classificação do destino do lixo no estado que suscita dúvidas, o volume também é passível de “enganos”. Como em muitas cidades o serviço de coleta, transporte e disposição, é pago em função da quantidade de lixo gerenciada, algumas vezes estes números são contestados. Em locais de disposição que contam com balanças para verificação do peso do lixo que adentra a instalação, há a necessidade de se avaliar o resíduo entregue, de modo a evitar o recebimento de lixo “molhado” que têm assim o seu peso aumentado artificialmente.

verificação do peso do lixo que adentra a instalação, há a necessidade de se avaliar o resíduo entregue, de modo a evitar o recebimento de lixo “molhado” que têm assim o seu peso aumentado artificialmente.

TABELA 5.1  
VOLUME E DESTINO DO LIXO GERADO NO ESTADO DE SÃO PAULO

N.º	UGRHI	POPULAÇÃO URBANA								TOTAL	
		até 100 mil habitantes		100 a 500 mil habitantes		500 mil a 1 milhão hab.		mais 1 milhão habitantes			
		N.º MUN.	LIXO (t/dia)	N.º MUN.	LIXO (t/dia)	N.º MUN.	LIXO (t/dia)	N.º MUN.	LIXO (t/dia)	N.º MUN.	LIXO (t/dia)
1	Marbqueira	3	17,15							3	17,15
2	Paraitiba do Sul	30	213,19	4	515,35					34	728,54
3	Litoral Norte	4	69,56							4	69,56
4	Pardo	23	148,13	1	272,47					24	420,60
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	47	439,76	9	877,04	1	523,58			57	1.840,38
6	Alto Tietê	14	280,82	15	1.633,85	4	1.990,28	1	6.574,04	34	10.478,99
7	Baixada Sarbata	5	94,98	1	90,23	3	590,77			9	775,98
8	Sapucaí/Grande	21	107,08	1	156,80					22	263,88
9	Mogi-Guaçu	36	391,06	1	52,49					37	443,55
10	Sorocaba/Médio Tietê	31	258,82	2	312,89					33	571,71
11	Ribeira do Iguape/Litoral Sul	23	83,78							23	83,78
12	Baixo Pardo/Grande	10	64,89	1	38,28					11	103,17
13	Tietê/Jacare	32	213,71	3	333,76					35	547,47
14	Alto Paranapanema	34	186,07							34	186,07
15	Turvo/Grande	64	255,60	1	181,95					65	437,55
16	Tietê/Batalha	33	150,36							33	150,36
17	Médio Paranapanema	41	200,92							41	200,92
18	São José dos Dourados	25	68,96							25	68,96
19	Baixo Tietê	41	170,53	1	78,89					42	249,42
20	Aguaspeí	32	111,66							32	111,66
21	Peçoa	25	70,52	1	85,37					26	155,89
22	Pontal do Paranapanema	20	78,02	1	81,17					21	159,19
<b>TOTAL</b>		<b>594</b>	<b>3.675,57</b>	<b>42</b>	<b>4.710,54</b>	<b>8</b>	<b>3.104,63</b>	<b>1</b>	<b>6.574,04</b>	<b>645</b>	<b>18.064,78</b>

Obs.: Populações IBGE/98

A Tabela 5.2 resumidamente apresenta a destinação dos resíduos sólidos domiciliares, no estado, salientando-se que algumas cidades dispõem de aterros e lixões, como local de descarte.

Das cidades visitadas, Campinas, Ribeirão Preto, São José dos Campos e São Paulo possuem aterros para a disposição final do lixo, enquanto que Santos e São José do Rio Preto se valem de lixões para esta finalidade, de acordo com a classificação da Cetesb.

TABELA 5.2  
DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO

Tipo de Destinação	Nº de Municípios	População Atendida (habitantes)	Quantidade de Lixo (t/dia)
Aterro Sanitário	108	17.613.926	11.286,80
Usina de Compostagem	34	4.070.884	2.307,18
Lixão	537	10.084.409	4.470,80
Total		31.769.219	18.064,78

Fonte: Cetesb [114]

Na cidade de São Paulo, as diferenças entre a Cetesb e o Limpurb não se restringem ao licenciamento dos incineradores da Ponte Pequena, Vergueiro e os propostos. Os volumes de rejeitos também apresentam discrepância. Neste contexto não se pode esquecer que parte do serviço de limpeza urbana na cidade, é terceirizado, e estas companhias recebem da prefeitura, pelo lixo que é pesado e disposto nos aterros da cidade. Vale a pena lembrar que, ao longo de 1997 houve muita contestação quanto a estes números e conseqüentemente pelo valor pago.

A Tabela 5.3 apresenta a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados na cidade de São Paulo, em 1996, segundo o Departamento de Limpeza Urbana, da prefeitura. Nesta

tabela, os resíduos sólidos domiciliares estão agregados aos resíduos de varrição. Desta forma há de se fazer distinção, quando da comparação de dados.

A Figura 5.1 apresenta a destinação dos resíduos sólidos urbanos da cidade de São Paulo, em dezembro de 1996. O que impressiona nesta figura é a quantidade de resíduos domiciliares e de varrição (11.712 t/dia), ou seja mais do que 1 kg per capita. Quando se sabe que mais da metade do resíduo domiciliar é orgânico, conclui-se que a fração destinada às usinas de compostagem é muito pequena.

TABELA 5.3  
QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES  
NA CIDADE DE SÃO PAULO (DEZ./96)

RESÍDUOS  MESES	Domiciliar e Varrição		Entulhos		Hospitais		Farmácias e Clínicas		Industriais e Comerciais		TOTAL DO MÊS	
	1000 t/mês	média t/dia	1000 t/mês	média t/dia	t/mês	média t/dia	t/mês	média t/dia	t/mês	média t/dia	1000 t/mês	média t/dia
JANEIRO	310	10333	136	4533	4134	138	256	8,5	28981	966	479	15979
FEVEREIRO	288	9600	51	1700	3934	131	245	8,2	26613	887	370	12326
MARÇO	301	10033	123	4100	4318	144	274	9,1	28391	946	457	15233
ABRIL	293	9767	182	6067	4321	144	271	9,0	26435	881	506	16868
MAIO	293	9767	206	6867	4325	144	278	9,3	24023	801	528	17588
JUNHO	272	9067	165	5500	4007	133	260	8,7	22235	741	463	15450
JULHO	296	9867	151	5033	4471	149	279	9,3	25193	840	477	15898
AGOSTO	301	10033	158	5267	4411	147	280	9,3	25088	836	489	16293
SETEMBRO	295	9833	136	4533	4294	143	266	8,9	24923	831	460	15349
OUTUBRO	321	10700	149	4967	4536	151	289	9,6	27688	923	502	16750
NOVEMBRO	317	10567	146	4867	4381	146	273	9,1	26724	891	494	16479
DEZEMBRO	359	11967	111	3700	4434	147	267	8,9	29391	980	504	16803
TOTAL ANO	3646	9989	1714	4696	51566	141	3238	8,9	316	867	5729	15696

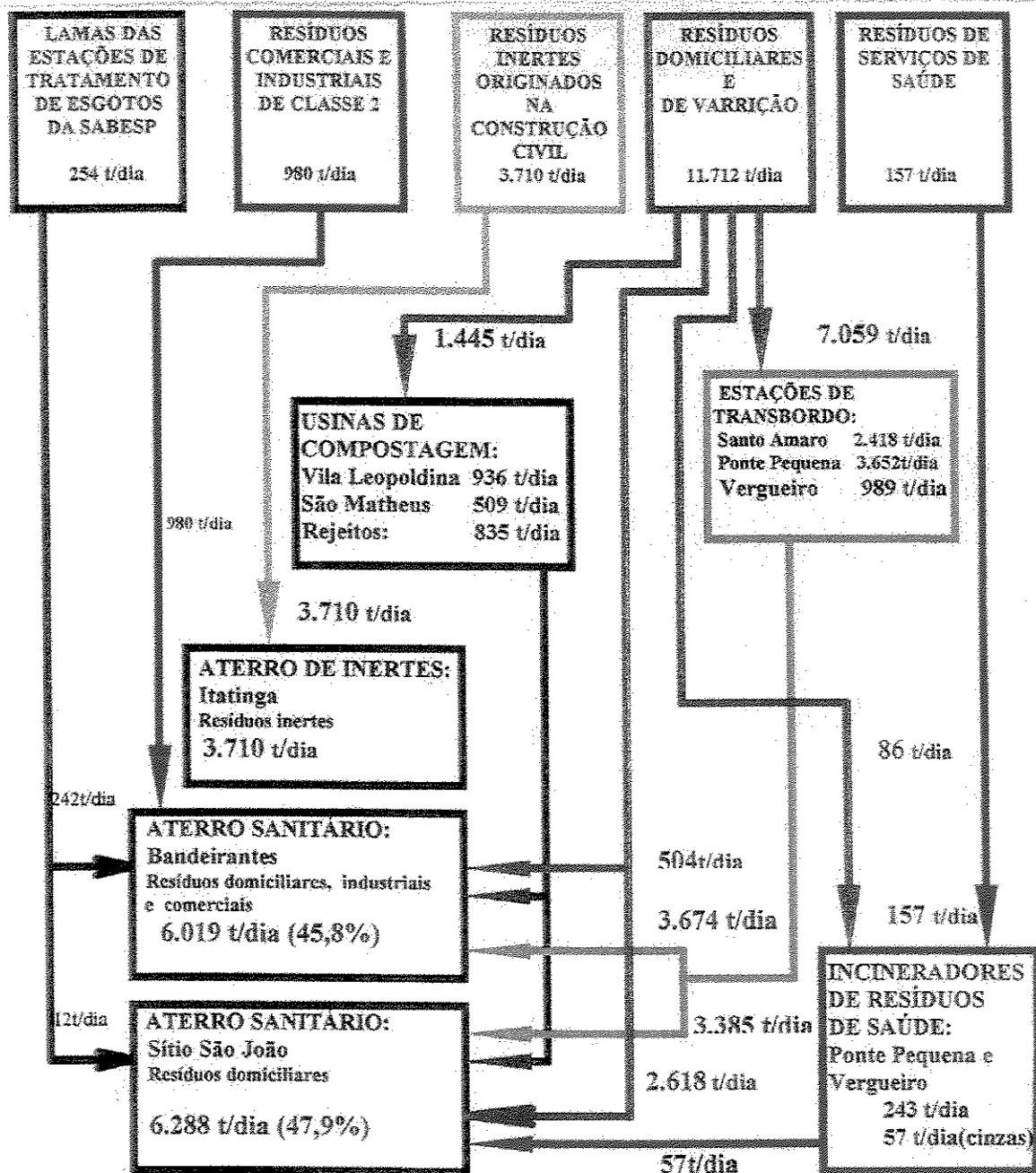


FIGURA 5.1

DESTINO DO RESÍDUO SÓLIDO DOMICILIAR NA CIDADE DE S. PAULO (DEZ./96)

Fonte: Limpurb [115]

Nas usinas de compostagem é feita uma pequena triagem do lixo que chega às instalações, assim se deduz que a parcela de lixo que é passível de reciclagem na cidade, também é muito baixa, mesmo porque o incipiente programa de coleta seletiva de anos atrás, foi abortado, restando pouco do mesmo.

Como não há redução no volume de resíduo que é enviado para os aterros e lixões do estado, fica fácil notar que as cidade se defrontam com seus problemas de destinação dos referidos resíduos. Os municípios que possuem espaço e condições para tal, têm teoricamente como solucionar ou ainda postergar o problema, via ampliação ou implantação de aterros.

Lamentavelmente não foi esta a impressão que se teve nos locais visitados. Assim confirmou-se o que vem sendo divulgado a tempos sobre a situação do lixo no estado, caos generalizado.

O lixão da Alemoa na cidade de Santos está “transbordando” e não há outra alternativa em vista, a curto prazo. A cidade de Campinas que teria (ou ainda terá) um complexo que inclui um incinerador, com geração de eletricidade, está caminhando lentamente neste sentido. O incinerador está no papel e o “aterro” Delta 1 é motivo de brigas pela sua forma de operação, com dezenas de crianças garimpando no lixo.

Na cidade de São José do Rio Preto, que tem o gerenciamento do lixo realizado por empresa particular (Construfert), não se fala em reciclagem, pois esta é uma atividade considerada deficitária em todos os seus aspectos (coleta separada, transporte, etc.). Apesar desta opinião, a Construfert se vale da compostagem e de uma certa forma da separação de plásticos no local de disposição do lixo.

Como Santos, São José dos Campos apresenta um programa mínimo de reciclagem de materiais. Mas possui vantagens adicionais com relação à primeira, visto que têm aterro, incinerador de resíduos de serviços de saúde e compostagem. Todos estes serviços são geridos pelo próprio município. Estas atividades de São José são dignas de nota, porém a perda de material passível de reciclagem ainda é grande, além do fato do aterro não ter muitos anos mais de vida útil.

Ribeirão Preto que também terceirizou a sua administração (Menxon) do incinerador de resíduos de saúde; da coleta especial; e coleta seletiva (13 a 15 % da cidade); bem como os serviços de coleta geral; transporte e aterro (a cargo da Rek); não está longe de ter problemas com o esgotamento do aterro (2000).

Outras cidades conhecidas geram um volume significativo de resíduos sólidos domiciliares e os descartam nos lixões de suas localidades:

•Carapicuíba (327.882 hab.) .....	196,73 t/dia;
•Bauru (287.530 hab.) .....	172,52 t/dia;
•Mogi das Cruzes (279.947 hab.) .....	167,97 t/dia;
•São Vicente (279.346 hab.) .....	167,61 t/dia;
•Embú (195.628 hab.) .....	97,81 t/dia;
•Barueri (177.256 hab.) .....	88,63 t/dia;
•Sumaré, com a fábrica Honda (166.909 hab.)	83,45 t/dia;
•Praia Grande (150.388 hab.) .....	75,19 t/dia;
•Cotia (126.956 hab.) .....	63,48 t/dia; e
•Indaiatuba, com a fábrica da Toyota (119.366 hab.)	59,67 t/dia.

Como se pode deduzir, o estado tem sérios problemas com o destino do resíduo sólido domiciliar, pela não adoção efetiva de procedimentos que tenham por objetivo a minimização do volume de rejeitos gerados, baseada na redução na fonte e na reciclagem de materiais. Como agravante não se adota largamente, uma forma ambientalmente segura, sem riscos à saúde da população vizinha ou próxima destes locais.

A Figura 5.2 mostra a proposta de gerenciamento do lixo da cidade de São Paulo, no ano 2001. Nota-se neste fluxograma, a implantação de um novo aterro sanitário (Sítio Floresta), uma nova unidade de compostagem (Anhangüera); e principalmente as duas usinas de processamento (triagem e incineração, com geração de energia). Estas usinas podem ser a grande diferença em relação a tudo o que vem sendo feito no país, até a presente data, visto que permite maior parcela de compostagem e reaproveitamento de materiais (triagem - reciclagem); além da redução do volume de lixo, pela incineração.

Esta proposta mesmo que aceita e implementada, considera a triagem e redução de apenas 40 % do total de resíduos domiciliares e de varrição. Assim, como pode ser observado no fluxograma, mais da metade deste volume de lixo vai diretamente, ou via estações de transbordo, para os aterros sanitários, sem reciclagem.

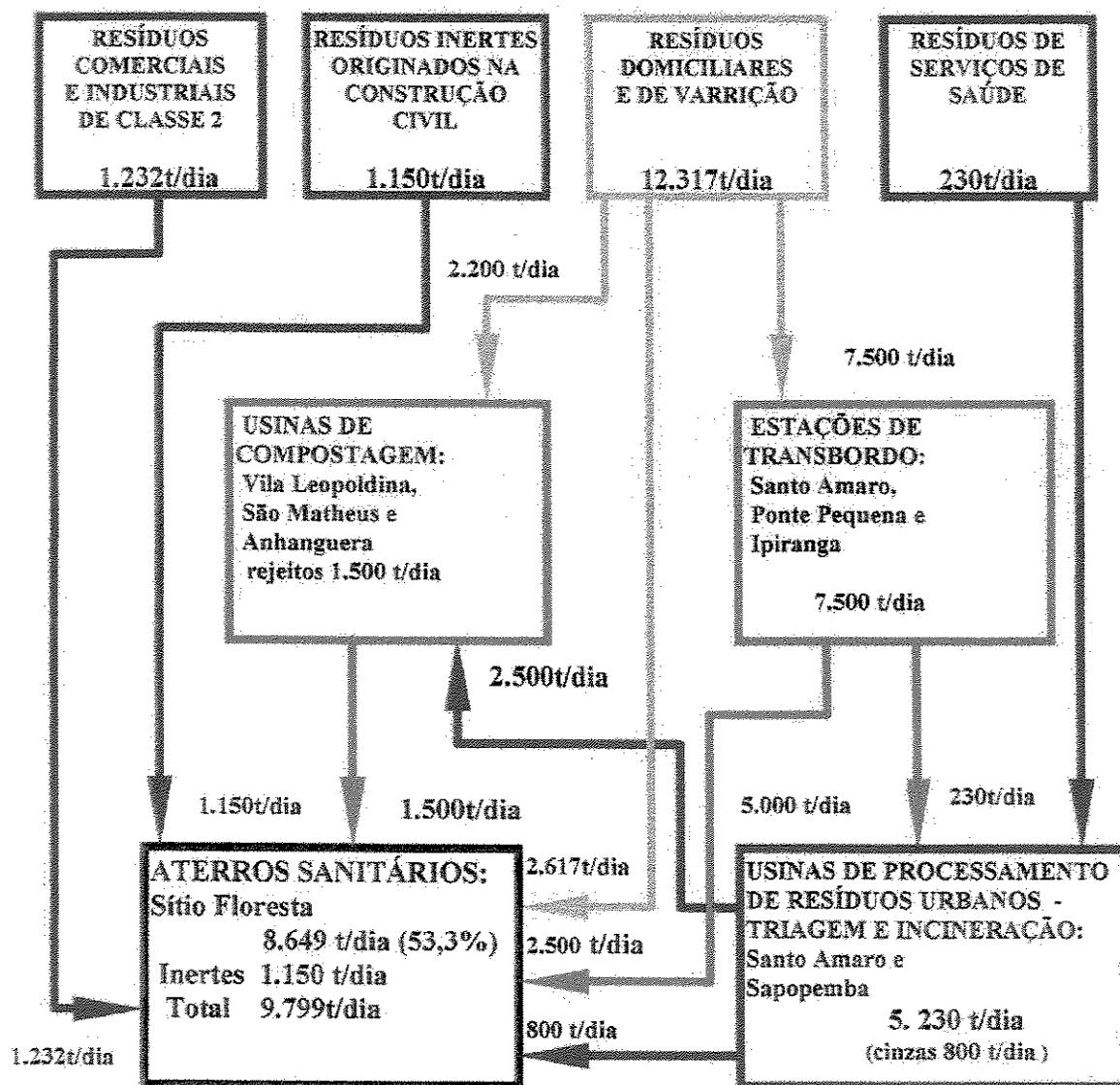


FIGURA 5.2

DESTINO DO LIXO NA CIDADE DE SÃO PAULO (ANO 2001)

Fonte: Limpurb [115]

Resta saber como será resolvida a questão: licenciamento feito pela prefeitura do município de São Paulo; ou de acordo com as regras estabelecidas pela Cetesb. De qualquer forma, não restam dúvidas que tais instalações, principalmente o incinerador, que não tem similar no país, merecem atenção redobrada no processo de licenciamento que deve incluir o EIA, RIMA , e ampla discussão pública.

### 5.3 - A Reciclagem de Materiais

A reciclagem não é um procedimento bem definido no estado de São Paulo e mesmo no restante do país, salvo raras exceções como nas cidades de Porto Alegre, Curitiba e Belo Horizonte. Segundo o diretor do CEMPRE, Christopher Wells, a média nacional é de 5 %, valor este baixo quando comparado com o de diversos países do mundo, mas significativo com relação ao percentual de lixo reaproveitado na cidade de São Paulo (inferior a 1 %). [116]

A tabela 5.4 apresenta índices de reciclagem em alguns países selecionados, com base nos quais pode-se constatar a magnitude do desprezo brasileiro, quanto a esta questão.

TABELA 5.4  
ÍNDICE DE RECICLAGEM DO LIXO, EM ALGUNS PAÍSES SELECIONADOS

PAÍS	%
Suíça	22
Dinamarca	19
Suécia	16
Alemanha	16
Holanda	15
Estados Unidos	15
França	9
Noruega	7

Fonte: O Estado de São Paulo [117]

Desta tabela pode-se inferir que a Suíça (7,2 milhões hab.), a Dinamarca (5,2 milhões de hab.) e a Suécia (8,8 milhões de hab.) possuem índices representativos de reciclagem do lixo gerado por populações menores que os da cidade de São Paulo. Num patamar superior, com população equivalente à metade do estado, encontra-se a Holanda (15,5 milhões de hab.). No caso da Alemanha (81,6 milhões de hab.), França (58 milhões de hab.) e principalmente dos Estados Unidos (264 milhões de hab.), com populações bem maiores que a do estado, os índices de reciclagem dos mesmos têm maior significado, visto que se referem a grandes volumes de resíduos domiciliares. Em todas as situações, com maior ou menor expressão, fica evidente o atraso brasileiro no que tange a programas de reciclagem.

A compostagem que também é uma forma de reciclagem, não está sendo considerada na tabela acima, já que a participação de matéria orgânica no lixo destes países é bem inferior àquele encontrado no lixo gerado no Brasil (~ 60 %). [118 ; 119]

O descarte direto do lixo em aterros e lixões, sem uma prévia triagem ou ainda segregação na fonte (domicílios) faz com que haja muita perda de material e energia, além do agravamento da situação dos locais de disposição, nos aspectos relativos à capacidade e principalmente no tocante às questões ambientais e de saúde pública.

O secretário do Verde e do Meio Ambiente, Werner Zulauf alega que a coleta seletiva é muito onerosa aos cofres públicos (despesa maior que a receita) e que por esta razão o programa não vingará na cidade de São Paulo. Ainda segundo o secretário, este quadro sofrerá mudanças com a implementação das unidades de processamento propostas pela prefeitura, para o município. Com a viabilização do projeto como um todo, seria promovida a triagem prévia do lixo; a compostagem em maior escala; a macroreciclagem na fonte; e a incineração.

A Figura 5.3 apresenta a participação e o desembolso quanto aos serviços de limpeza urbana (coleta, varrição, tratamento e destino final). Neste quadro pode-se constatar que as atividades de compostagem e da incineração do lixo na cidade de São Paulo significam pouco mais que 20 % das despesas do município, com a limpeza urbana. Há de se salientar que tais atividades são referentes a uma parcela do resíduo coletado na cidade, desta forma qualquer avaliação quanto aos gastos do município, devem considerar este fato, como ponto de partida. De qualquer maneira, nota-se que boa parte da despesa (80%) diz respeito à coleta de

resíduos domiciliares e à varrição. Em 1996, as despesas totais com o sistema de limpeza urbana do município chegaram a casa dos R\$ 400 milhões !

## SISTEMA DE LIMPEZA URBANA

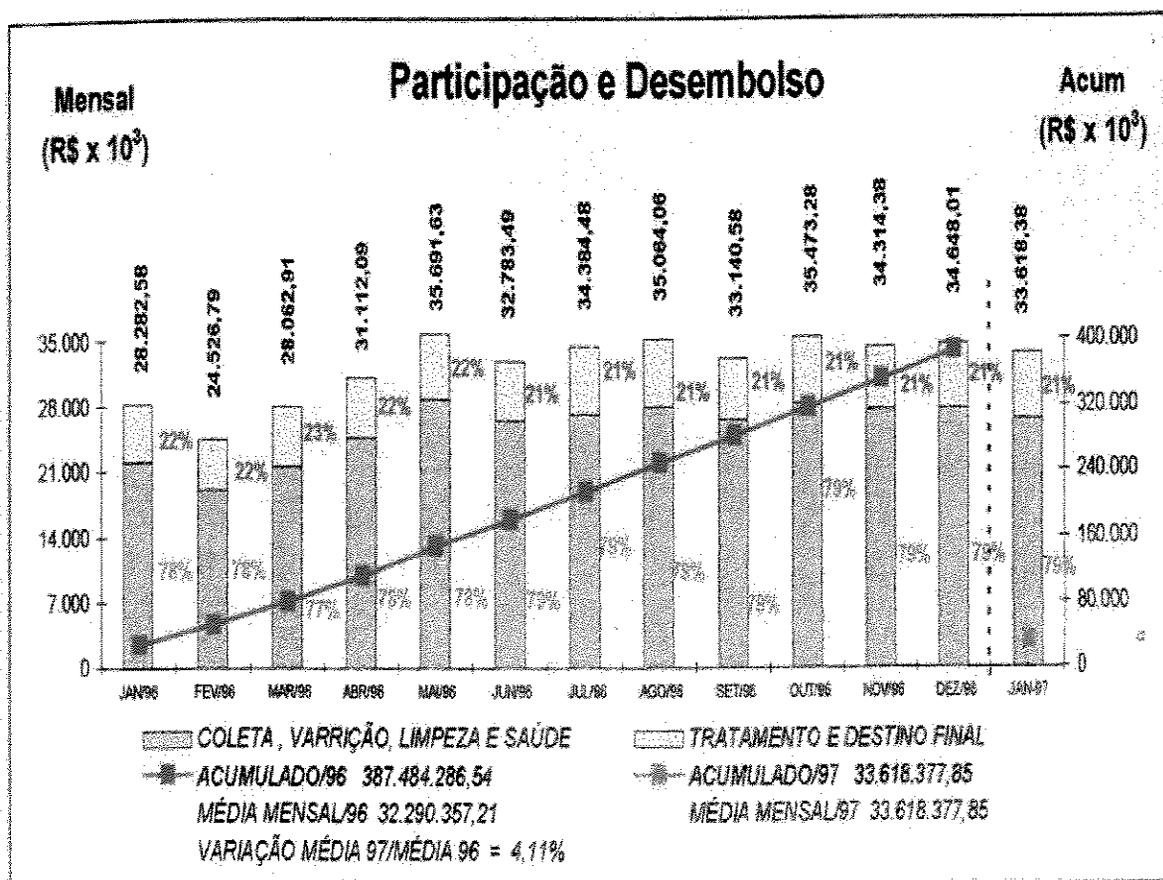


FIGURA 5.3

PARTICIPAÇÃO E DESEMBOLSO NO SIST. DE LIMP. URB. NA CIDADE DE S.P.

Fonte: Limpurb [120]

Com os dados apresentados, fica mais fácil deduzir que a segregação do lixo na fonte (residências) pode aumentar as despesas de coleta e transporte das parcelas, caso sejam necessários veículos (caminhões) diferenciados para estas atividades, além do acréscimo no efetivo da mão de obra, etc. Por outro lado, pode haver a redução nas atividades e despesas pertinentes à catação nas usinas de compostagem, agilizando a comercialização dos materiais passíveis de reciclagem.

Em 1993, São Paulo tinha 37 circuitos de coleta porta a porta, quando eram recolhidas 120 toneladas de recicláveis por dia. De acordo com a prefeitura, existem hoje dois sistemas de coleta:

- o Posto de Entrega Voluntária (PEV), que são contêineres coloridos colocados em alguns pontos da cidade; e
- a coleta porta a porta, em 22 circuitos.

Pela postura do atual secretário municipal, Werner Zulauf, pode-se entender a retração ocorrida no programa de reciclagem da cidade. Em outras palavras, valorizou-se apenas a questão econômica na decisão de recuperar materiais do lixo. Certamente este é um parâmetro de muita importância, mas que não significa dizer que o aspecto sócio-ambiental não deva ser relevado.

Embora tenha sido observada a adoção de pequenos programas de reciclagem em alguns municípios paulistas, não se pode afirmar que esta seja uma tendência firme ou bem consolidada no estado. As intenções ambientalistas dos secretários municipais são na grande maioria das vezes, contestadas ou minimizadas em função dos argumentos monetários usados. Não há ainda uma participação efetiva das autoridades públicas, no sentido de considerar os aspectos de saúde pública e de preservação ambiental. Uma prova desta afirmação é o fato de se ter legislação sobre o assunto e apesar disto, enviar o resíduo domiciliar para lixões, com todas as suas conseqüências.

A reciclagem de materiais em São Paulo também pode ser avaliada pela quantidade de alumínio e papelão que são segregados nas usinas de compostagem da cidade. A quantidade de materiais selecionados é função da eficiência e dimensões dos sistemas de separação, bem

como da composição do lixo gerado. Como visto nas tabelas 4.1 e 4.3, mais de 50 % do lixo no Brasil é composto de matéria orgânica, porcentagem esta quase duas vezes superior àquela verificada nos Estados Unidos e na Europa (27 % e 30 % respectivamente).

Com relação ao papel/papelão há inversão de posições, ou seja, o lixo naqueles locais contém porcentagem maior dos referidos produtos, tornando-o, em princípio, mais “rico e atraente” que o brasileiro.

Nos países europeus se verifica uma tendência de redução no volume de rejeitos gerados, em função de medidas que têm como objetivo a substituição de materiais e/ou embalagens descartáveis, por outras passíveis de reutilização, desta forma deduz-se que a segregação, naqueles locais, tornar-se-á menos rentável. Já no Brasil, como consequência da melhoria da qualidade de vida da população e da inexistência de programas efetivos de recuperação, poderá ocorrer o aumento do volume de embalagens no lixo gerado.

O alumínio e o papelão fazem parte da lista de materiais retirados do lixo e comercializados pela prefeitura, como resultante das atividades de triagem nas usinas de compostagem da Vila Leopoldina e de São Matheus. Na lista apresentada abaixo têm-se noção da representatividade destes materiais, no conjunto de produtos reciclados na cidade de São Paulo, em 1996.

- Latas: 4.429 t
- Papelão: 3.490 t
- Plásticos: 1.680 t
- Vidros: 1.008 t
- Ferro: 696 t
- Alumínio: 118 t

Dos números acima apresentados pode-se deduzir:

- a) o total de reciclados (11.421 t/ano) representa 2,4 % do total de lixo remetido para as usinas de compostagem (467.372 t/ano), não considerando o composto, neste cálculo;

- b) a quantidade e os tipos de materiais reciclados retratam as opções feitas pelo setor de embalagens, quanto ao insumo empregado e o interesse das fábricas, na reciclagem dos referidos materiais. As latas são bastante usadas (óleo; extratos; etc.) mas não têm a mesma procura que o papelão; os plásticos e o alumínio. Em resumo, certos materiais podem ser largamente usados pela indústria de embalagens, mas a sua recuperação depende da legislação vigente no país, e do interesse econômico das indústrias envolvidas;
- c) a quantidade de materiais acima listada, representa o valor obtido pela triagem de aproximadamente 12 % do lixo domiciliar e de varrição gerado na cidade de São Paulo, visto que somente esta porcentagem do total (3.646.000 t/ano) é tratada nas usinas de compostagem. Por esta razão, com base nesta amostragem, é de se supor que os “aterros sanitários” contenham pelo menos 7 vezes esta quantidade: 31.000 t (latas); 25.000 t (papelão); 12.000 t (plásticos); 7.100 t (vidros); 5.000 t (ferro); e 850 t (alumínio).

Os “aterros sanitários” e lixões recebem não somente o resíduo coletado regularmente pela prefeitura ou firma contratada, mas também o rejeito transportado por particulares. As cidades que não dispõem de aterro de inertes, também se valem dos aterros sanitários e dos lixões para a disposição de rejeitos originados na indústria e construção civil.

Assim na avaliação da quantidade de materiais que podem ser encontrados nos locais de disposição do lixo, há de se considerar as características acima citadas, com o conseqüente aumento do volume estimado.

De acordo com a Limpurb, São Paulo gera diariamente 9.989 t (47 %) de resíduos domiciliares e de varrição. Segundo a Cetesb, o volume gerado na cidade é da ordem de 6.800 t/dia (37 %) para um total de 18.232 t/dia produzidas no estado. Considerando-se o volume de resíduos gerados na cidade de São Paulo, pode-se inferir que a quantidade de material passível de reciclagem disposta nos aterros e lixões do estado, seja, no mínimo, duas vezes maior do que a estimada anteriormente para o município.

Assumindo as premissas acima expostas, ter-se-á a seguinte quantidade:

- Latas: 62.000 t

- Papelão: 50.000 t
- Plástico: 24.000 t
- Vidros: 14.200 t
- Ferro: 10.000 t
- Alumínio: 1.700 t

A Figura 5.4 mostra a quantidade de alumínio e papelão comercializados pela prefeitura de São Paulo, como resultado da triagem de 12 % do lixo gerado na cidade.

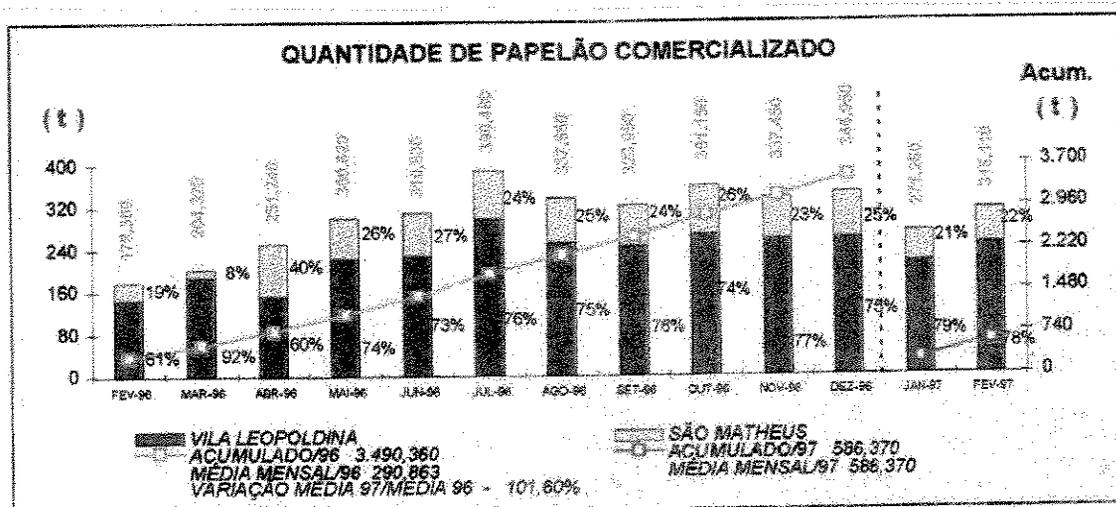
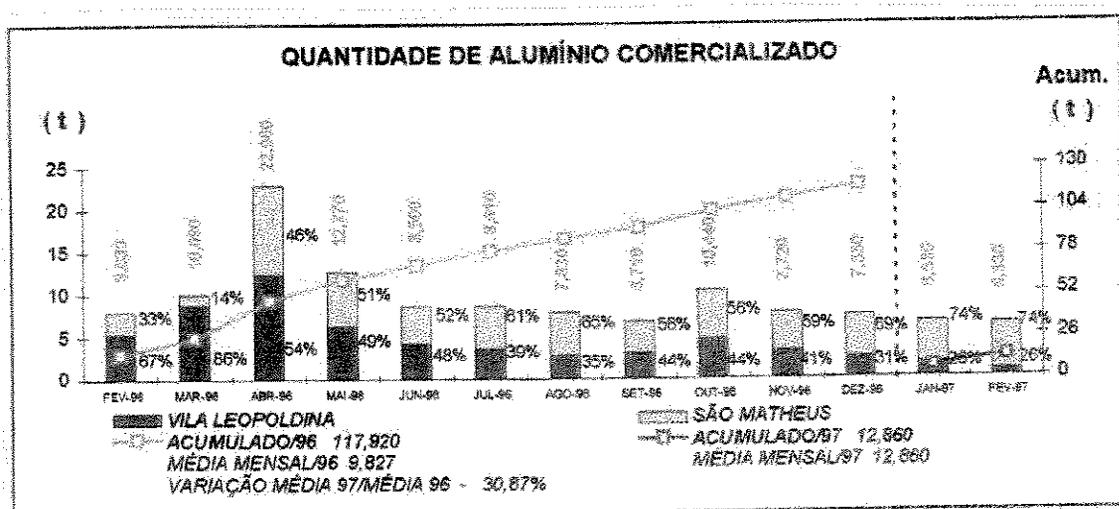


FIGURA 5.4

QUANTIDADE DE ALUMÍNIO E PAPELÃO COMERCIALIZADOS

FONTE: Limpurb [120]

Com base na estimativa da quantidade de alumínio (1.700 t/ano) e papel/papelão (50.000 t/ano) “perdidos” no lixo do estado de São Paulo, procura-se abaixo, avaliar o significado destes valores perante o volume de material reciclado pelas respectivas indústrias.

A Abal afirma que o mercado interno brasileiro absorveu 143.000 t (1996) de sucata recuperada nacional (obsolescência e industrial). Pelo tamanho do seu parque industrial e a sua população, o estado de São Paulo gerou 85,8 mil t de sucata de alumínio naquele ano (60 % do volume de resíduos gerados no país).

Como houve aumento substancial na produção de latinhas (1996), adota-se uma participação de 30 % das mesmas, no total de sucata de alumínio gerada (85.800 t), o que redonda em 25.740 t de latinhas recuperadas.

A partir do acima exposto, pode-se determinar os seguintes valores:

- 143.000 t : sucata total de alumínio recuperada no Brasil;
- 85.800 t : sucata total de alumínio recuperada em São Paulo (60 % do país);
- 25.740 t :  $1,61 \cdot 10^9$  latinhas recuperadas em São Paulo (30 % do total de sucata em SP);
- 42.900 t :  $2,68 \cdot 10^9$  latinhas consumidas em São Paulo;
- 17.160 t :  $1,07 \cdot 10^9$  latinhas perdidas em SP (40% do total consumido).

De acordo com a indústria do setor, o índice de reciclagem de latinhas (96) foi da ordem de 60 %, com 40 % de perda (lixo). O montante de latinhas perdidas no estado, conforme a estimativa apresentada, é da ordem de 17.160 t e desta forma a energia desperdiçada perfaz 285,5 GWh (16,64 MWh/t).

Na tabela 3.3 (Composição do Consumo Mundial de Al, em 1995) nota-se que o índice de reciclagem total de Al (sucata recuperada/consumo doméstico), no Brasil, foi de 23,2 %. Em 1996 este índice subiu para 25,7 % (143.000 t/556.000 t), mas ainda está longe dos índices obtidos em diversos países do mundo, como pode ser observado na referida tabela. Adotando-se a média dos valores dos principais recicladores (exceto a Holanda: 43,2 %), como referência, o Brasil deveria reciclar 35 %.

Para atingir este índice, o país deveria recuperar 194.600 t de Al, ao invés das 143.000 t obtidas. Desta diferença de 51.600 t de Al (858,6 GWh), 60 % estão perdidas em São Paulo (30.960 t; 515,2 GWh). Como se nota há a necessidade de esforço concentrado na recuperação de sucata de obsolescência e sucata industrial, visto que somente a reciclagem de latinhas não seria suficiente para o país chegar ao índice de 35 %.

Qual é a justificativa para a discrepância entre as estimativas de quantidades de sucatas baseadas em dados da prefeitura de São Paulo, e da indústria do setor ?

De início há de se considerar que os dados da prefeitura são relativos às latinhas encontradas no resíduo domiciliar coletado. Assim não são contabilizadas as sucatas industriais e de obsolescência descartadas, que têm outro destino; bem como as latinhas que vão para as centenas de lixões irregulares no estado. Em adição a estes fatores, pode-se ainda citar que o processo e a eficiência dos procedimentos de segregação adotados pela prefeitura são passíveis de discussão. As latinhas de Al não desaparecem por si só, ainda mais considerando-se o seu valor e as intensas campanhas realizadas pelo setor industrial interessado na sua recuperação. Desta forma aceita-se como plausível, as informações da Abal, que são mais completas porque englobam toda sorte de sucata de Al.

O papel/papelão é o componente de maior participação no lixo urbano coletado, depois do material orgânico (vide tabela 4.1). Em 1993 esta participação era da ordem de 14 % (30 % em 1990), com tendências de queda devido a atuação de catadores, sem contudo afetar negativamente a produção e venda de produtos que se valem desta matéria prima.

A Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA) classifica os papéis de acordo com sua finalidade, nas seguintes categorias:

- papéis para imprensa;
- papéis para imprimir;
- papéis para escrever;
- papéis para embalagem (kraft; ondulado; embalagem);
- papéis para fins sanitários;

- cartões e cartolinas;
- papéis para fins especiais.

Diferentemente do alumínio, os papéis não podem ser totalmente reaproveitados, visto que são putrescíveis, como a matéria orgânica, couro e madeira, além de poderem apresentar contaminação (papéis para fins sanitários), ou características que inviabilizam a reutilização industrial. Abaixo estão listados os papéis não recicláveis e as substâncias que prejudicam o aproveitamento dos demais papéis.

- papéis vegetais ou glassine;
- papel e papelão encerados, parafinados, betumados;
- papel carbono;
- papel e papelão revestidos ou impregnados com substâncias impermeáveis à umidade;
- papel e papelão laminados, tratados ou revestidos com plásticos, betume ou camada metálica;
- colas a base de resinas sintéticas;
- fitas adesivas sintéticas.

De acordo com a Bracelpa 11,6 % do conjunto de papéis consumidos no Brasil (96) possui uma das características acima mencionadas e portanto não é passível de reciclagem.

Para o cálculo preciso da disponibilidade de papéis recicláveis (aparas + papéis usados) há de se considerar não somente a parcela citada, mas também uma porcentagem referente aos papéis destinados à elaboração de livros didáticos, técnicos ou de lazer que permanecem com os usuários por tempo indeterminado, até que sejam descartados. Esta porcentagem é de difícil estimativa e não foi encontrada na literatura consultada.

Qual é então a quantidade de papel/papelão que pode ser encontrada no resíduo urbano descartado no estado de São Paulo ?

Para estimar esta quantidade considera-se inicialmente o consumo aparente de papel e cartão no Brasil, em 1996 (5.891.000 t), do qual se subtrai 11,6 % referentes aos não recicláveis, que redonda em aproximadamente 5.207.000 t. Assumindo-se que 10 % dos papéis para imprimir e escrever foram retidos pelos consumidores, têm-se 5.080.000 t de papéis recicláveis descartados no país.

O estado de São Paulo é o maior produtor de papel (43 %) e possuidor de empresas recicladoras (32) responsáveis pelo uso de 36 % das aparas coletadas no Brasil. Este quadro retrata a participação de São Paulo no setor, com base na sua população (33 milhões); na força da sua economia e parque industrial. Ainda em função destes dados, estima-se que o estado consuma 40 % do papel produzido no país e conseqüentemente gere a mesma porcentagem de aparas e papéis usados. Em 1994 a região sudeste recuperou 64 % dos papéis recicláveis descartados no país.

Como 43 % dos papéis consumidos no Brasil (96) fazem parte da categoria “embalagem”, justifica-se a presença majoritária (57,4 %) do “papelão ondulado” no total de papéis recuperados naquele ano (2.200.500 t). [121]

Com base nos dados e premissas acima descritas, têm-se:

• produção total de papel no Brasil (96): .....	6.199.000 t
• consumo aparente de papéis (excluídos os sanitários e os especiais)- Brasil: 5.207.000 t	
• consumo aparente de papéis (excluídos os sanitários e os especiais) S. Paulo: 2.082.000 t	
• disponibilidade de papéis recicláveis (Brasil): .....	5.080.000 t
• disponibilidade de papéis recicláveis (São Paulo): .....	2.032.000 t
• consumo aparente de papéis recicláveis (Brasil): .....	2.200.500 t
• consumo aparente de papéis recicláveis (São Paulo): .....	786.000 t
• perda de papéis recicláveis (Brasil): .....	2.880.000 t
• perda de papéis recicláveis (São Paulo): .....	1.246.000 t

Os papéis recicláveis são gerados nos convertedores (aparas); nas atividade comerciais (caixas de papelão e cartolina; papéis de embrulho); nos escritórios (formulários contínuos;

papéis em geral; jornais e revistas); e nas residências (caixas de papelão; papéis de embrulho; jornais e revistas). As atividades industriais e comerciais são as maiores fontes geradoras (86 %), enquanto que as residenciais respondem por 10 % do total descartado. [77 ; 121]

A estimativa da quantidade de papel/papelão feita com base na segregação deste material nas usinas de compostagem da cidade de São Paulo comprova novamente (já constatado com o alumínio) as deficiências e incertezas deste procedimento. Entretanto há de se salientar que os papéis, de modo geral, são facilmente contamináveis, fato este que dificulta sua separação e conseqüentemente inviabiliza o seu reaproveitamento. O lixo urbano coletado sem segregação anterior, e transportado para os aterros sanitários sem nenhum cuidado, propiciam condições favoráveis de contaminação e o aumento do teor de umidade dos papéis, tornando inviável a reciclagem.

Como a atividade de reciclagem de papel no Brasil, é basicamente uma atividade de natureza econômica (a questão ambiental ainda não têm valor), a heterogeneidade dos papéis (mistos) encontrados no lixo, associada às suas condições, desqualifica-os para efeito de reaproveitamento.

Segundo a Bracelpa, o setor de papel e celulose, incluindo-se aqui as unidades integradas e de pastas de alto rendimento (PAR), consumiu 9,0 TWh (1996), sendo 47,2 % gerada pelas próprias empresas e 52,8 % comprada das concessionárias. [122]

O consumo específico varia de acordo com o tipo de instalação. As fábricas de papel tem consumo específico médio de 0,813 MWh/t (sanitários: 1,065 MWh/t; demais 0,750 MWh/t); as integradas são mais “econômicas” (1,062 MWh/t); as de pastas, por seu lado são as que mais consomem (2,084 MWh/t); enquanto que as de celulose gastam 1,026 MWh/t.

Em função da soma do consumo específico médio para a fabricação do papel, com o consumo específico para a celulose, estima-se que 2,29 TWh tenham ido para o lixo, juntamente com o papel descartado no estado de São Paulo, em 1996.

#### 5.4 - A incineração com geração de energia elétrica

A incineração é uma tecnologia para tratamento de resíduos adotada em muitos países europeus, no Japão e nos Estados Unidos. Este procedimento apresenta como vantagens a redução de peso e volume, bem como a destoxificação do lixo, através da combustão controlada. Em contrapartida tem como desvantagens custo elevado (instalação ; operação); a necessidade de mão de obra bastante qualificada; e controle complexo sobre as emissões gasosas, bem como sobre as cinzas geradas.

É de se supor que muitos dos países que se valem desta tecnologia, o fazem principalmente por terem problemas de espaço para a instalação menos onerosa de aterros sanitários. As questões ambientais também são relevadas, mas fica a dúvida do que é mais complicado, gerenciar o incinerador (mais caro), ou o aterro sanitário.

No Brasil estão em operação alguns incineradores destinados ao tratamento de resíduos oriundos dos serviços de saúde pública. O país não dispõe presentemente de instalações para a incineração do lixo urbano. As cidades de Manaus (1896) e São Paulo (1913) já tiveram destas unidades a décadas atrás.

A tabela 5.5 apresenta a opção de tratamento dos resíduos urbanos em alguns países selecionados, com destaque para a capacidade de incineração. Na tabela se observa que o aterro sanitário é a opção preferida pela maioria dos países. O Japão e a Suíça são exceções, provavelmente devido à falta de espaço adequado.

A compostagem, por outro lado, não é prática significativa talvez pelo fato do lixo nestes países, não conter tanta matéria orgânica, como a existente no lixo gerado no Brasil.

Embora a disposição em aterros sanitários seja a forma mais usual de destino final para o lixo, fica claro que a incineração exerce importante papel no tratamento, apesar das desvantagens inerentes a esta opção (custo; emissão gasosa; etc.)

TABELA 5.5  
OPÇÕES DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS URBANOS EM PAÍSES SELECIONADOS

País	Aterro Sanitário (%)	Separação e Compostagem (%)	Incineração (%)	Capacidade de Incineração (t/dia)
Alemanha	72	3	25	19.715
Bélgica	62	9	29	4.633
Dinamarca	37	7	56	5.232
Espanha	76	16	8	1.494
França	50	20	30	18.435
Reino Unido	90	1	9	4.593
Holanda	50	20	30	4.884
Itália	56	10	34	12.693
Japão	24	4	72	51.795
Suécia	35	10	55	7.351
Suíça	6	6	88	8.687

Fonte: "Estado Tecnológico del Tratamiento y Eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos"; Tecnologías Urbanas Barcelona S.A. - 1994

A tabela 5.6 lista países selecionados que possuem incineradores com e sem recuperação de energia. Nesta tabela nota-se o interesse em se desfazer do lixo, mas também em obter a redução dos custos, com a geração de energia.

O professor do Departamento de Ciências Ambientais da Unesp, Alcides Leão, assim como outros pesquisadores, defende a incineração como a melhor alternativa para o tratamento do resíduo domiciliar da cidade de São Paulo, salientando a necessidade de consulta à comunidade no que diz respeito aos custos e riscos, principalmente no que tange a toxinas. [87]

TABELA 5.6  
INCINERADORES DE LIXO, EM PAÍSES SELECIONADOS

País	Número de Incineradores	
	Sem Recuperação de Energia	Com Recuperação de Energia
Alemanha	7	42
Bélgica	13	3
Dinamarca	-	19
Espanha	2	2
Estados Unidos	11	59
França	35	23
Holanda	5	3
Inglaterra	15	10
Itália	23	14
Japão	34	83
Suécia	4	12
Suíça	12	20

Fonte: Limpurb/Logos Engenharia [123]

O critério a ser usado para a escolha do método de tratamento e disposição do lixo gerado no estado e principalmente no município de São Paulo, por certo não será apenas o econômico. Segundo o secretário da SVMA, Werner Zulauf, o custo previsto para cada incinerador proposto para o município, é da ordem de R\$ 151 milhões (R\$ 126.000 por tonelada dia de capacidade !). Estas unidades devem incinerar individualmente, 430 mil toneladas/ano (1.200 t/dia), que de acordo com o referido secretário, custarão R\$ 113/t durante os primeiros cinco anos, caindo para R\$ 34/t ao longo dos quinze anos seguinte ! [124]. Supõe-se que os lucros a serem obtidos com a venda de materiais recicláveis e de eletricidade, não tenham sido subtraídos destes valores.

Para efeito de comparação, destaca-se que o custo da disposição final do lixo em São Paulo, era de R\$ 16,6/t (janeiro de 1997), ou seja, mesmo que suba nos próximos anos, não se crê que supere os custos da incineração.

Como não há dúvidas que a incineração é um tratamento de resíduos com custos (instalação ; operação) elevados, as atenções passam a ser dirigidas para os danos ambientais e conseqüências para a saúde da população.

Neste contexto é de se esperar que um “aterro sanitário” bem gerenciado não apresente problemas sanitários (vetores de doenças) e problemas ambientais (poluição do ar, das águas e do solo). Da mesma forma com o incinerador, cuja operação não redundaria na emissão fora dos padrões mais rigorosos e na perda de controle sobre as cinzas resultantes.

A realidade brasileira, lamentavelmente está longe do ideal. Como é de conhecimento público, boa parte do resíduo urbano têm como destino final os “lixões” cujo controle deixa a desejar. Os “aterros” encontram-se praticamente esgotados, com o lixo vazando pelo “ladrão”. E os incineradores ? O Brasil não dispõe de incineradores para o lixo domiciliar urbano (experiência zero). As instalações destinadas à queima dos resíduos do serviço de saúde, na cidade de São Paulo, são antigas e sucateadas (não possuem filtros, tampouco lavadores de gases da combustão), sendo por este motivo, alvo de recentes discussões entre a Cetesb e a SVMA.

O sistema de tratamento e destino do lixo de São Paulo está agonizando há vários anos, apesar da prefeitura ter formalizado as diretrizes para a destinação final dos resíduos sólidos do município de São Paulo [99]. No documento que aborda este assunto são consideradas diversas alternativas para a questão, inclusive prevendo a instalação de incineradores com recuperação de energia, apontados como a melhor opção para o município.

Por diversos motivos pouco foi feito pelas últimas administrações da cidade. Hoje, a prefeitura considerando 3 cenários para a destinação final do lixo, selecionou aquela que contempla a instalação de dois incineradores (Santo Amaro; Sapopemba). Neste contexto promoveu a licitação das usinas de processamento de resíduos sólidos (inclui os

incineradores) e no dia 24 de dezembro de 1997, concedeu a Licença Ambiental de Instalação - LAI, para os dois locais [125]. A licitação está sendo questionada judicialmente.

Uma das questões mais polêmicas sobre os incineradores, diz respeito às emissões atmosféricas da instalação. A Licença Ambiental de Instalação das usinas estabelece os seguintes padrões máximos de emissão (valores corrigidos à 7 % de O<sub>2</sub> - base seca):

• Material Particulado: .....	34 mg/Nm <sup>3</sup>
• Óxidos de Enxofre (expressos em SO <sub>2</sub> ): .....	85 mg/Nm <sup>3</sup>
• Óxidos de Nitrogênio (expressos em NO <sub>2</sub> ): .....	560 mg/Nm <sup>3</sup>
• Monóxido de Carbono: .....	125 mg/Nm <sup>3</sup>
• Ácido Clorídrico: .....	40 mg/Nm <sup>3</sup>
• Ácido Fluorídrico: .....	5 mg/Nm <sup>3</sup>
• Opacidade: .....	10 %

#### METAIS

• Classe 1 (Cd; Hg; Tl): .....	0,28 mg/Nm <sup>3</sup>
• Classe 2 (As; Co; Ni; Se; Te): .....	1,40 mg/Nm <sup>3</sup>
• Classe 3 (Sb; Pb; Cr; F; Cu; Mn; Pt; Pd; Rh; V; Sn): .....	7,00 mg/Nm <sup>3</sup>
• Dioxinas e Furanos Policlorados expressos em 2,3,7,8 TCDD: ....	0,14 ng/Nm <sup>3</sup>

Os valores expressos acima são consideráveis, mas não tão restritivos quanto os praticados na Alemanha (país de origem dos fabricantes dos incineradores de São Paulo), e principalmente na Holanda, que possui a legislação mais severa. [126]

O incinerador previsto para Sapopemba deverá ter as seguintes características:

#### Consórcio Concessionário

- Veja-Sopave - Brasil
- Compagnie Générale de Chauffe (CGC) - França
- Martin GmbH - Alemanha

### Grupo de Construtoras

- CBC Indústrias Pesadas S.A.
- ABB - Asea Brown Boveri Ltda.
- Martin GmbH
- Mecânica Pesada S.A.

### Operação e Manutenção

- Veja-Sopave
- Compagnie Générale de Chauffage (CGC)

### Triagem do Lixo

- separação grosseira dos resíduos grandes em 5 linhas de separação mecânica (40 t/h); com capacidade de 3.000 t/dia (15 horas/dia)
- separador eletromagnético para produtos metálicos
- catadores para retirarem não ferrosos e vidros
- separação da matéria orgânica e envio para a compostagem

### Capacidade da Usina

- 2.500 t/dia, com variação de  $\pm 5\%$
- matéria orgânica (53%): 1325 t/dia
- material reciclável (2 %): 50 t/dia
- rejeitos (45 %): 1.125 t/dia
- potência nominal de geração: 21,5 MW

### Tipo de Incinerador

- “Sistema Martin de incineração, baseada na concepção e implementação da Grelha de Atiçamento Inverso (grelha inclinada a partir da entrada do lixo para a descarga da escória,

que se compõe de degraus (faixas) de barras colocadas em forma de escada e alternadamente, estacionárias e móveis), desenvolvida para combustíveis com elevados teores de matéria inerte e umidade”. [127]

### Capacidade do Incinerador

- 3 módulos independentes de incineração (400 t/dia de resíduo)
- capacidade de incinerar 1.200 t/dia de resíduo com PCI de 2000 kcal/kg; umidade de 34 %
- regime de operação: 7 dias/semana; 24 horas/dia
- tempo de funcionamento contínuo de cada linha de incineração entre paradas para manutenção: 7.500 horas

Como pode ser constatado na figura 5.2 (Destino do Lixo na Cidade de São Paulo - ano 2.001), as duas usinas de processamento previstas pela prefeitura, poderão segregar e enviar para as usinas de compostagem, 2.500 t/dia de resíduos; e juntas incinerar aproximadamente 2.500 t/dia de lixo segregado (madeira; plásticos; papel/papelão; borracha; couro; e trapos).

As duas usinas de processamento (triagem + incineração) foram planejadas para receber 40 % do resíduo domiciliar e de varrição, a serem gerados no município (2.001). Uma parcela equivalente (41,5 %) deverá ser transportada para os aterros, sem qualquer forma de tratamento; e mais 18 % de lixo deverá ser enviado para a compostagem. Assim estas usinas deverão receber ao todo 38 % do lixo coletado na cidade, ou seja, muita matéria orgânica estará sendo transportada para os aterros, sem tratamento.

Com base neste cenário, infere-se que teoricamente haveria espaço para pelo menos dois outros incineradores do mesmo porte na cidade de São Paulo, visto que cada instalação é alimentada por 1.200 t/dia de lixo segregado.

- |   |              |
|---|--------------|
| • geração de lixo bruto: .....                  | 12.317 t/dia |
| • rejeito passível de incineração (45 %): ..... | 5.540 t/dia  |
| • consumo de resíduo/incinerador: .....         | 1.200 t/dia  |

- potência da instalação: .....21,5 MW
- número de instalações possíveis: .....4
- potência total das instalações: .....86 MW

Para o caso do estado de São Paulo, teoricamente ter-se-ia a seguinte situação:

- Geração de lixo bruto: ..... 18.100 t/dia
- Rejeito passível de incineração (45 %): ..... 8.145 t/dia
- Consumo de resíduo/incinerador (padrão São Paulo): ..... 1.200 t/dia
- Consumo de resíduo/incinerador (padrão europeu): ..... 200t/dia
- Número de incineradores (São Paulo): ..... 6
- Número de incineradores (europeus): ..... 40
- Potência total: ..... 129 a 145 MW

O quadro acima descrito é impossível de ser montado, por razões elementares como: o transporte de resíduo de todas as cidades para os incineradores; o custo para a queima de pequenos volumes, face à opção de envio para aterro sanitário, etc..

A incineração tem significado para grandes cidades ou ainda para centros regionais que englobem bom número de municípios geradores de lixo, em volume suficiente para justificar a instalação de um incinerador. Na Europa a grande maioria das instalações têm capacidade a partir de 200 t/dia de resíduos incineráveis, embora se diga que sejam economicamente viáveis à taxas mais elevadas. Deve-se ter em mente que a densidade populacional na Europa é em muitos casos maior; as distâncias relativamente menores; o controle ambiental muito mais eficiente; e a disponibilidade de áreas bem menor. Supõe-se que por este motivo a implantação de aterros seja questionada. Como alternativa surge a incineração (apesar de toda a polêmica) ou preferencialmente a adoção de medidas severas que têm por objetivo a redução do volume de lixo gerado; a reutilização e a reciclagem de materiais.

Na tabela 5.1 (Volume e Destino do Lixo gerado no estado de São Paulo), se observa que apenas 9 regiões (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI) geram

volume suficiente de resíduos para viabilizar a instalação de incineradores que consomem, no mínimo 200 t/dia. Desta forma seria teoricamente possível instalar cinco incineradores de grande porte, sendo quatro na região da grande São Paulo e um na região de Campinas. Além destes haveria espaço para sete outras unidades de pequeno porte, ao moldes dos menores incineradores europeus. Estas instalações seriam responsáveis pela incineração do lixo urbano gerado por 328 cidades paulistas, aproximadamente a metade do total do estado. Associadas aos incineradores, poderiam ser instaladas, unidades de triagem, compostagem e comercialização de materiais recicláveis.

## Capítulo 6

### Conclusões

Nos últimos anos a questão da coleta e destinação do resíduo domiciliar urbano, só ganha espaço nos meios de comunicação, quando da estação das chuvas, ou ainda quando vem à tona um dos vários escândalos nos contratos de prestação de serviços de limpeza pública. Muitas das inundações ocorridas recentemente (São Paulo ; Rio de Janeiro) foram justificadas com o entupimento de bueiros provocadas pela sujeira nas cidades e como decorrência, pelo lixo não coletado nas ruas.

Estes acontecimentos demonstram a insuficiência dos programas de educação ambiental; a deficiência dos serviços de limpeza urbana, agravada pela falta de infra estrutura dos municípios; e o pior, a quase que completa omissão das autoridades públicas no sentido de estabelecer e cumprir diretrizes para a destinação final dos resíduos sólidos.

Este quadro descrito não se deve à falta de legislação que identifique os responsáveis a nível dos municípios, estado e união; mas sim aos procedimentos letárgicos adotados em todas as esferas, talvez pelo fato de se tratar de atividades onerosas e que embora “simpáticas”, não trazem necessariamente dividendos políticos.

Este trabalho teve os seguintes objetivos:

- avaliar as atividades de gerenciamento do resíduo domiciliar urbano, no estado de São Paulo;
- estudar a viabilidade de se implementar a recuperação energética, pela reciclagem do alumínio e do papel contido no lixo; e
- estimar a capacidade de geração de eletricidade, pela incineração de parte do lixo urbano.

As conclusões obtidas ao longo deste trabalho, podem ser sumarizadas, como se segue.

#### A) O GERENCIAMENTO DO RESÍDUO DOMICILIAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

- Nenhuma das cidades visitadas (Santos; São José dos Campos; Campinas; São José do Rio Preto; Ribeirão Preto; e São Paulo) possui adequado programa de gerenciamento do lixo no município. Embora Santos e São José do Campos tenham programas promissores de coleta seletiva, deixam muito a desejar quanto ao destino final do lixo. Esta constatação, somada ao levantamento feito junto à Cetesb comprova que o destino do lixo domiciliar, no estado, está a beira do caótico: coleta desorganizada do resíduo domiciliar, que têm como destino, na grande maioria das vezes, o lixão (80 % dos municípios). O quadro descrito agride todas as recomendações para o bom gerenciamento do lixo municipal de forma integrada ( coleta; transporte; tratamento e disposição)
- O sistema de coleta e varrição é a atividade mais cara (80 % do custo do sistema de limpeza), dentre as existentes num programa de gerenciamento do lixo, conforme pode ser verificado na figura 5.3, para a cidade de São Paulo (R\$ 62,40/t, em janeiro de 1997);
- A coleta seletiva não é uma atividade (serviço e venda de materiais) economicamente rentável e custa de oito a dez vezes mais que a coleta regular. Para que esta forma de coleta possa se tornar viável, há a necessidade de se estabelecer o compromisso da indústria, com a utilização obrigatória de materiais reciclados. Em função deste compromisso, outras medidas podem ser tomadas, tais como política de incentivos fiscais às indústrias (redução de impostos/encargos; obtenção de financiamentos efetuados por bancos estatais, em condições favoráveis etc.);
- A participação da coleta seletiva não é uma atividade representativa em São Paulo, estando abaixo da média nacional, haja visto os índices de reciclagem, que se apoiam neste procedimento (São Paulo: < 1% ; Brasil: 5 %). O índice do país também não é alto, quando comparado com outros países (vide tabela 5.4). A não obrigatoriedade no uso de materiais reciclados pela indústria, de certa forma, explica estas baixas porcentagens;

- O material eletrointensivo recuperado do lixo se deve, em grande parte, à atividade dos catadores; ferro-velho e sucateiros, antes da coleta regular, e de modo complementar, devido ao “garimpo” (irregular) nos lixões e aterros. Estas pessoas se envolvem com a triagem do material, em resposta a pequenos incentivos monetários de indústrias como a do alumínio e do papel, interessadas economicamente no reaproveitamento de materiais;
- A inexistência de procedimentos de segregação, associada ao descarte sem controle, bem como a falta de gerenciamento do lixo, contribui para a proliferação de vetores como moscas e roedores nos lixões e conseqüentemente para a transmissão de doenças. Esta situação se agrava com a presença de elementos e compostos químicos. As conseqüências da má gestão sanitária do lixo não são avaliadas economicamente e desta forma deixam de ser consideradas nos cálculos de custos das opções de tratamento e disposição do resíduo domiciliar urbano;

#### B) A RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA, PELA RECICLAGEM DO ALUMÍNIO E DO PAPEL CONTIDO NO LIXO

- A recuperação de materiais do lixo é uma atividade estritamente econômica, incentivada pela indústria, objetivando a redução de custos na sua linha de produção. Esta atividade poderia ter um número bem maior de indústrias participando, se a legislação estabelecesse a obrigatoriedade do uso de materiais reciclados, mesmo que em pequenas porcentagens. As indústrias tendo a necessidade de usarem material reciclado, fariam com que outras empresas viessem a se interessar pela reciclagem destes materiais;
- Nas atividades de reciclagem, os aspectos ambientais e sanitários são simples alegorias perante ao critério econômico. Não se tem conhecimento de trabalhos que estimem o custo ambiental e sanitário decorrente do mal gerenciamento do lixo municipal;
- A conservação de energia é evidente na recuperação do alumínio e do papel. A justificativa para a reciclagem dos produtos está na forte participação da eletricidade nos custos dos mesmos. Menor investimento na recuperação, do que na fabricação do produto primário;

- O papel é um produto que têm participação destacada na composição do lixo domiciliar, mas sua recuperação fica comprometida pela não segregação anterior. Por ser putrescível e estar misturado à matéria orgânica úmida, praticamente inviabiliza a sua reciclagem;
- O alumínio como sucata industrial é reciclado diretamente pela indústria, ciente do seu valor econômico. As “latinhas” embora sejam bastante recicladas (taxa de reciclagem superior a 60 %), têm ainda um volume significativo destinado para o lixo. Este montante é da ordem de: 17.160 t ( $1,07 \cdot 10^9$  latinhas), ou 285,5 GWh (16,64 MWh/t);
- A taxa de reciclagem de alumínio no Brasil, em 1996, foi de 25,7 %, abaixo da média mundial (35 %). Para atingir esta taxa, o estado de São Paulo deveria reciclar 30.960 t de Al (515,2 GWh), que se encontram perdidas no lixo;
- A perda teórica de papéis no estado, é da ordem de 1.246.000 t, associada a 2,29 TWh de energia. Mesmo que parte deste papel não seja economicamente reciclável, haveria ainda a oportunidade de se recuperar energia, pela incineração do mesmo;
- O lixo descartado em São Paulo possui expressiva quantidade de material passível de reciclagem, e que pode contribuir para a conservação de energia no estado de São Paulo. A conservação de energia poderia ser implementada com o compromisso da indústria na utilização de materiais reciclados nas linhas de produção.

### C) A CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE, PELA INCINERAÇÃO DO LIXO

- A incineração é um processo bastante polêmico de redução de peso (até 85 %) e volume (até 95 %) do lixo domiciliar, em virtude das eventuais emissões não controladas de gases. Em compensação apresenta como vantagem adicional, a possibilidade de se gerar vapor e eletricidade, garantindo a recuperação parcial da energia embutida no lixo. O Brasil não se vale desta técnica de geração. Assim, não há uma usina de referência para efeito de estudos mais precisos que avaliem a sua operação comparativamente com outras formas de tratamento de resíduos. A inexistência desta usina não deve ser usada como fator impeditivo nos estudos sobre as opções de tratamento do lixo urbano;

- Trata-se de um meio de processamento caro e não obrigatório do lixo, por esta razão não é utilizado no Brasil, com exceção aos destinados à queima dos resíduos dos serviços de saúde. A incineração do lixo nas unidades propostas pela prefeitura de São Paulo, custará de 2 a 7 vezes mais (R\$ 34/t a R\$ 113/t) do que a disposição em aterro sanitário (R\$ 15/t). O custo desta disposição certamente não está considerando os valores gastos nos serviços de saúde pública, com o tratamento de doenças que tem como origem o mal gerenciamento do lixo;
- Apesar de se constituir numa tecnologia polêmica, é bastante utilizada na Europa, nos Estados Unidos e no Japão, como alternativa para o tratamento do lixo gerado em grandes cidades ou regiões. Muitos destes incineradores possibilitam a geração de vapor e de eletricidade, conforme pode ser constatado nas tabelas 5.5 e 5.6;
- O estado de São Paulo, em função do volume de resíduos domiciliares gerados diariamente, tem condições de instalar diversos incineradores, com a tecnologia europeia existente, desde que atendidas todas as exigências legais e ambientais (inclusive com rigorosos limites de liberação de efluentes gasosos) contidas nos processos de licenciamento;. Por se tratar de estado bastante populoso, a incineração poderia ser melhor considerada, não só como alternativa de geração de eletricidade, mas também como forma de redução dos problemas ambientais e sanitários oriundos das atividades de tratamento e disposição do lixo;
- Adotando-se o incinerador (Sistema Martin) proposto para a cidade de São Paulo, como referência, teoricamente seria viável segregar 5.000 t/dia de matéria orgânica; queimar 4.800 t/dia de lixo; e se obter potência total de 86 MW (quatro unidades de 21,5 MW). Para ser factível, haveria a necessidade de se implementar as usinas de compostagem e viabilizar o consumo do produto gerado. A proposta da prefeitura de São Paulo prevê, para o ano 2001 (figura 5.2) a metade do acima descrito, ou seja o processamento de 40 % do lixo da cidade naquele ano. A referida proposta não acaba com os “aterros sanitários”, apenas reduz o envio do lixo para estas instalações;

- Com base no volume de resíduos domiciliares gerado no estado de São Paulo, teoricamente poder-se-ia instalar seis incineradores do porte daquele previsto para a capital (1.200 t/dia de lixo segregado), ou ainda quarenta incineradores menores (200 t/dia de lixo segregado), que poderiam redundar em ganho de potência total de 129 a 145 MW. No caso da existência de um polo industrial nos arredores da usina, poder-se-ia também considerar a geração simultânea de vapor, para uso das indústrias, e de eletricidade;
- A instalação de incineradores implicaria na segregação de grande volume de matéria orgânica (principal componente do lixo domiciliar), que para ser processado exigiria a instalação de várias usinas de compostagem. Haveria também a necessidade de se avaliar o mercado para o composto produzido, bem como a consistência técnica e econômica desta associação de instalações. O volume de matéria orgânica jogada no lixo poderia ser reduzido com a melhoria nos procedimentos de armazenagem, transporte e uso dos alimentos no país;
- Como complemento a esta forma integrada de processamento do lixo domiciliar, poder-se-ia ainda promover a segregação de materiais recicláveis (vidro, metais, etc.). Como no caso anterior, há a necessidade de avaliar a existência/condições de mercado para os produtos reciclados, de modo a tornar o procedimento viável;
- Pelo acima exposto pode-se inferir que a incineração é uma alternativa cara de tratamento do lixo, que pode propiciar ganhos ambientais diretos (redução da quantidade de lixo nos aterros, etc.); e indiretos (reciclagem da matéria orgânica e de produtos industriais; bem como a geração de eletricidade e vapor). A justificativa para a utilização desta técnica, fica mais clara quando há problemas para a adoção das demais formas de tratamento, como acontece em países pequenos com populações consideráveis;
- Não há uma solução única e ótima para o gerenciamento do lixo municipal para todas as cidades do estado de São Paulo. Há a necessidade de se estudar cada caso isoladamente, ou ainda, na forma de “consórcios” de cidades. Diversas soluções técnicas, econômicas e ambientais podem ser encontradas, desde as que sugerem a adoção pura e simples de aterros sanitários, até aquelas que contemplam a associação de vários municípios no

gerenciamento integrado do lixo, considerando a segregação, comercialização e até mesmo a incineração dos resíduos. Esta forma de tratamento do lixo, respeitadas as condições técnicas, econômicas e ambientais impostas ao empreendimento, pode apresentar benefícios até hoje desprezados pelas autoridades competentes.

#### D) SUGESTÕES PARA O GERENCIAMENTO DO LIXO NO ESTADO DE SÃO PAULO

Neste trabalho fica patente que são diversos os problemas de gerenciamento do lixo no estado (coleta, tratamento e destino final deficientes). O meio ambiente e a saúde da população estão pagando a conta. Por este motivo são listadas abaixo sugestões para serem consideradas pelas autoridades públicas, bem como planejadores dos serviços de limpeza urbana:

- Disciplinar a segregação obrigatória dos resíduos nos domicílios e com isto viabilizar a coleta seletiva, como realizado na Europa, e em parte proposta para a capital;
- As prefeituras devem incentivar e apoiar os catadores, aos moldes do que é realizado na cidade de Santos e Belo Horizonte. O trabalho de triagem dos catadores redundaria na redução de custos para o município; o aumento no volume de material reciclado; a geração de empregos; e a viabilização de atividades paralelas decorrentes da recuperação de materiais;
- Obrigar as indústrias a utilizarem embalagens reutilizáveis ou então recicláveis (antigos frascos de leite e coca cola etc.). Na Dinamarca não é permitida a comercialização de cerveja em latas de alumínio! Na Alemanha as embalagens Tetra Pak pós consumo são bastante recicladas;
- Estabelecer metas para a reciclagem e utilização obrigatória de materiais pela indústria, como é feito na Europa e nos Estados Unidos, no que se refere, por exemplo, ao alumínio; ao vidro; e ao papel;

- Incentivar a manutenção de uma bolsa estável e forte de materiais reciclados. Esta bolsa sustentada na obrigatoriedade do uso de reciclados pela indústria, estimularia a reciclagem econômica e comercialmente. Assim as empresas que atuam na área teriam respaldo na mesma para conduzir suas atividades, não ficando à mercê de pequenos interesses;
- Intensificar e tornar obrigatório a adoção de programas educacionais voltados para o meio ambiente. Esta atividade contribuiria para a minimização dos problemas ambientais;
- Agilizar o estabelecimento e cumprimento das diretrizes para a destinação final do lixo;
- estudar a viabilidade de se instalar unidades integradas regionais de processamento do lixo. Como verificado neste trabalho, o estado de São Paulo gera um volume diário de resíduos domiciliares de tal monta, que permitiria teoricamente a implantação de unidades integradas contendo instalações de segregação do lixo bruto; compostagem da matéria orgânica; reciclagem de produtos industrializados; e a incineração ou disposição final da parcela restante de lixo. Esta forma abrangente de gerenciamento do lixo já foi proposta para a cidade de São Paulo, em menor escala, no início desta década, portanto trata-se de uma adaptação para o estado. As unidades integradas seriam instaladas nas regionais da Cetesb (Ribeirão Preto; Bauru; Marília; Campinas; Santos; São Paulo), onde o volume de resíduos justificasse o empreendimento, que teria total apoio dos governos municipais e do estado. Estas regionais englobam individualmente, dezenas de cidades, gerando quantidade variável de resíduos domiciliares. A viabilidade técnica e econômica destas unidades depende do estabelecimento de metas para a reciclagem e utilização de materiais por parte da indústria. Diversos aspectos devem ser considerados nos estudos de viabilidade das referidas unidades: a determinação de um local nas regionais, que considere os aspectos ambientais; de transporte (malha viária e distância entre os pontos); populacional; de infraestrutura econômica e industrial; a rede elétrica, caso se pretenda instalar um incinerador com geração de eletricidade; geológicos, prevendo-se a instalação de um aterro sanitário. A decisão sobre a implantação de incineradores ou envio do lixo para aterros, seria função dos aspectos técnicos, econômicos e ambientais de cada região.

- Considerando-se que a instalação de unidades integradas regionais de processamento do resíduo domiciliar envolvem diversos municípios, em todos os aspectos (geradores de lixo; rota de transporte; local das instalações; local que pode estar sujeito a impactos ambientais, etc.), não há como delegar a responsabilidade do projeto, bem como do seu licenciamento e operação, apenas à autoridade pública de uma cidade. Assim se faz necessário estabelecer o órgão estadual (Cetesb), como a autoridade competente no trato das questões pertinentes ao lixo no estado (licenciamento e fiscalização de instalações), de modo a evitar situações polêmicas como a do licenciamento dos incineradores da cidade de São Paulo. A escolha do órgão estadual se justifica pelo fato da operação regular ou em caso de acidentes das instalações, afetarem não somente os moradores do município onde se encontra a instalação, mas também, por vezes, os habitantes de outras localidades. Tome-se como exemplo o licenciamento e controle de instalações industriais e nucleares que se localizam na divisa de países, na Europa. É inconcebível implantar tais instalações, sem a participação das autoridades públicas vizinhas.

## Referências Bibliográficas

- [1] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Estudo mostra dívidas em excesso*. São Paulo, SP, 08 dezembro 1996.
- [2] GAZETA MERCANTIL. *Chuvas garantem o fornecimento de energia este ano*. São Paulo, SP. 13 janeiro 1997.
- [3] GAZETA MERCANTIL. *Licenciamento atrasa obras de licitação de usinas*. São Paulo, SP. 30 dezembro 1996.
- [4] MAMMANA, G. P.; JANNUZZI, G. M. *Legislação de Meio Ambiente no Setor Elétrico Brasileiro*. ANAIS DO II CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. p. 766-771. Unicamp, Campinas, 1995.
- [5] BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Balanço Energético Nacional*, Brasília, 1997, 153 pg. ilustradas
- [6] FOLHA DE SÃO PAULO. *Onde vão parar as garrafas*. São Paulo, SP. 17 maio 1996.
- [7] AMAZONAS, M.; WELLS, C. MOTTA, R. S. *A Economia da Reciclagem: Agenda para uma Política Nacional*. WORKSHOP CEMPRE/IPEA.
- [8] CORSON, W. H. *O que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. Manual Global de Ecologia, p. 269, ed. Augustus, São Paulo, 1993.

- [9] GAZETA MERCANTIL. *Resíduos podem ser fonte de negócios*. São Paulo, SP. 13 fevereiro 1996.
- [10] GAZETA MERCANTIL. *A Reciclagem atrai montadoras*. São Paulo, SP. 18 novembro 1996.
- [11] FOLHA DE SÃO PAULO. *Fábrica de US\$ 22 milhões reciclará latas*. São Paulo, SP. 22 abril 1996.
- [12] GAZETA MERCANTIL. *Bem ao gosto do brasileiro*. São Paulo, SP. 27 agosto 1996.
- [13] FOLHA DE SÃO PAULO. *Coleta Seletiva dará desconto no IPTU*. São Paulo, SP. 29 janeiro 1997.
- [14] O ESTADO DE SÃO PAULO. *O Sucesso da Revolução Mineira*. São Paulo, SP. 22 dezembro 1996.
- [15] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Desemprego alto empurra o Brasil para a reciclagem*. São Paulo, SP. 10 novembro 1996.
- [16] FOLHA DE SÃO PAULO. *A ameaça dos resíduos urbanos*. São Paulo, SP. 27 agosto/1996.
- [17] FOLHA DE SÃO PAULO. *Nova York quer exportar seu lixo*. São Paulo, SP. 09 junho 1996.
- [18] FOLHA DE SÃO PAULO. *Dos males, o incinerador é o maior*. São Paulo, SP. 13 janeiro 1997.
- [19] FOLHA DE SÃO PAULO. *Aterros da Prefeitura só têm capacidade para mais 3 anos*. São Paulo, SP. 10 setembro 1995.

- [20] GAZETA MERCANTIL. *Lixo também ameaça litoral paulista*. São Paulo, SP. 13 janeiro 1997.
- [21] ELETROBRÁS - GCPS, Rio de Janeiro. *Plano Decenal de Expansão 1997/2006*. Rio de Janeiro, dezembro/1996. 191p.
- [22] ELETROBRÁS, Rio de Janeiro. *Perspectivas do Mercado e da Conservação de Energia Elétrica*. Plano 2015 - Projeto 3. Rio de Janeiro, maio/1993. 71p.
- [23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo. *Anuário Estatístico Abal 1996*. São Paulo, SP. 29p.
- [24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo. *Anais do 1º Seminário Internacional de Reciclagem do Alumínio*. São Paulo, maio/1994.
- [25] BRASIL, MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira: Competitividade da Indústria do Alumínio*. Campinas, SP, 1993.
- [26] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo, SP. *A Indústria do Alumínio no Brasil*. São Paulo - SP. 39p.
- [27] MACHADO, R.M. *Apontamentos da História do Alumínio no Brasil*. Fundação Gorceix, Ouro Preto - MG, 1985. 610p.
- [28] BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Alumínio e Energia Elétrica no Brasil*. v.1, Brasília, maio/1986. 218p.
- [29] BERMAN, C. *Os Limites dos Aproveitamentos Energéticos para fins Elétricos: uma Análise Política da Questão Energética e de suas Repercussões sócio-Ambientais no Brasil*. Universidade Estadual de Campinas, novembro/1991. 296p. Tese (Doutorado).

- [30] INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, SP. *Conservação de Energia na Indústria Metalúrgica: Manual de Recomendações*. Publicação IPT número 1813, São Paulo, 1990, 467p.
- [31] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo, SP. *Alumínio: do Minério ao Lingote*. Boletim Técnico. São Paulo, julho/1983.
- [32] ALCOA. *Curso Básico de Aprendizado Programado sobre os Fundamentos do Alumínio*.
- [33] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo, SP. *Custo de Energia de Tucuruí*. Publicação interna. São Paulo, SP.
- [34] GAZETA MERCANTIL. *CBA fecha acordo com a Eletropaulo e reduz a tarifa média em cerca de 25 %*. São Paulo, 14/12/1993
- [35] GAZETA MERCANTIL. *Cemig e Alcan fecham contrato de fornecimento com tarifa 20 % menor*. São Paulo 23/11/1993.
- [36] FOLHA DE SÃO PAULO. *Albrás recebe subsídios*. São Paulo 23/04/1995
- [37] INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, SP. *Conservação de Energia na Indústria de Celulose e Papel: Manual de Recomendações*. v.1, São Paulo, 1985, 381p.
- [38] BRASIL, MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira: Competitividade da Indústria da Celulose*. Campinas, 1983.
- [39] PULP & PAPER INTERNATIONAL. *Annual Review*. July/1997.
- [40] MENDONÇA, J.M.O. *Emergência e Consolidação do Padrão Eucalipto na Indústria Brasileira de Celulose de Mercado*. Campinas. Instituto de

Economia - IE da Universidade Estadual de Campinas, 1992. Dissertação (Mestrado)

- [41] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE, São Paulo. *Relatório Estatístico: O Setor de Papel e Celulose - 1996*. Sumário Executivo. São Paulo, 1997. 13p.
- [42] INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, SP. *Celulose e Papel: Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica*. 2ª ed., v.1, São Paulo, 1988, 559p.
- [43] ONO, A.M. *Uma Análise do Futuro do Setor de Papel e Celulose - Sua Repercussão no Setor de Bens de Capital*. FEA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Trabalho de Graduação.
- [44] BRASIL, MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira: Competitividade da Indústria do Papel*. Campinas 1983.
- [45] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo. *Consumo de Energia Elétrica no Setor de Celulose e Papel*. São Paulo, agosto, 1993.
- [46] CANTO NETO, M. *Mercado de Sucata no Brasil*. 1º seminário INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO. São Paulo 25/ 26 de maio de 1994.
- [47] COUTO, W. S. *A Recuperação de Sucata: Mercado, Aplicação, Taxação e Perspectivas*. 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO. São Paulo 25/26 e maio de 1994.
- [48] ALCOA. *Revista Alcoa notícias*, ed. especial
- [49] ACERO, L. *O Caso da Indústria da Bauxita, da Alumina e do Alumínio no Brasil*.

Impactos Ambientais. Mineração; Metalurgia. MERN/SPRU; NAMA/USP; CETEM.

- [50] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo *Revista do Alumínio*. junho/1992.
- [51] RIBEIRO, I. *Alumínio: Momento difícil não impede investimento*. Rev. Brasil Mineral, nº 69, ago. 89, p32.
- [52] KRUGER, P. *Reciclagem de RGC - uma visão metalúrgica*.
- [53] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR-100004 - Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, set./1987. 63p.
- [54] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR-100005 - Lixiviação de Resíduos. Rio de Janeiro, set./1987. 10p.
- [55] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR-100006 - Solubilização de Resíduos. Rio de Janeiro, set./1987. 2p.
- [56] GAZETA MERCANTIL. *Alcan transfere para a Alcoa, tecnologia de reciclagem de resíduo de Alumínio*. São Paulo 19/11/1993.
- [57] SILVA, J. R. G. *Reciclagem e Substituição de Materiais*. Metalurgia & Materiais - ABM v.48, nº 407, julho, 1992.
- [58] KLOPFER, W.; RIPPEN, G. *Life cycle analysis and ecological balance: methodical approaches to assessment of environmental aspects of products*. Environmental International, v.18, p55-61, 1992
- [59] CURRAN, M. A. *Broad- Based Environmental Life Cycle Assessment*. Environmental Science Technology, v.27, nº 3, p.431-436, 1993

- [60] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo. *Cenário da Indústria do Alumínio, Reciclagem e Novas Ligas para Fundição*. Palestra Inaugural do Curso de Fundição. São Paulo 24/05/93.
- [61] GAZETA MERCANTIL. *Aumento de Consumo leva Fabricantes a importar 300 milhões de latas*. São Paulo 07/12/94.
- [62] GAZETA MERCANTIL. *Estudo da Politécnica analisa as técnicas de reciclagem de alumínio*. São Paulo, 26/03/95.
- [63] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, São Paulo. *Agenda - 322*. São Paulo 05 a 09/06/95.
- [64] VALIANTE, J. *Reciclagem de Alumínio - Panorama Brasileiro*. Palestra de abertura do IIIº SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA DO ALUMÍNIO. São Paulo 20, 21/08/91.
- [65] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE, São Paulo. *Estudo sobre a reciclagem no setor de celulose e papel*.
- [66] MANGOLINI, N. J. *Perspectivas para o uso de fibras secundárias no Brasil*. Comunicação Técnica, IPT, 1994
- [67] FOLHA DE SÃO PAULO. *São Paulo recicla só 10,7 % do lixo coletado*. São Paulo 25/01/95.
- [68] JAAKO POYRY. *Uso de Papel reciclado: mercado, tendências e forças motoras*. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM. São Paulo 13 e 14/09/94.
- [69] PROJETO RECICLAGEM. *O mercado de aparas e reciclagem de papéis*. Ano 1, nº 2, 1990.

- [70] CELULOSE E PAPEL. *Certificado de Qualidade é um desafio para as empresas*. Ano VII, nº 5, set./out. 1991, p 6 a 10.
- [71] CELULOSE E PAPEL. *Preocupações ecológicas ou barreiras comerciais ?* Ano IV, nº 92, 1993..
- [72] O PAPEL. *Como a Bahia Sul conseguiu o BS 7750*. março 1995, p24 e 25.
- [73] D'ALMEIDA, M. L. O.; CAHEN, R. *Reciclagem de Papel*. O PAPEL, nov. 1991, p.131-135.
- [74] AMAZONAS, M. *A Reciclagem de Papéis Usados*.
- [75] CELULOSE E PAPEL. *A Estréia do Destintamento Neutro*. Ano X, nº 44, 1993.
- [76] CELULOSE E PAPEL. *Celpav: flexibilidade de atendimento com escala de produção*; Ano IX, nº 43, 1993.
- [77] IPT-CEMPRE. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*; São Paulo/1995.
- [78] CHAIB, L.. *Desperdício acontece todo dia*. FOLHA DE SÃO PAULO; pg. 4 SP 07/02/97.
- [79] FOLHA DE SÃO PAULO. *Lixo muito gordo e muito sujo ?*. Follhinha, pg. 5; SP 07/02/97.
- [80] ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. *Resíduos Sólidos e Meio Ambiente no ESP*. Série Seminários e Debates; SP 10/93.
- [81] GRAF, R.. *Resíduos Sólidos ; Qualidade Ambiental e Desenvolvimento Regional nas Bacias dos rios Piracicaba e Capivari*.

- [82] LIMA, L. M. Q.. *Tratamento de Lixo*. 2ª Ed. Hemus Editora; São Paulo/1991.
- [83] MANSUR, G. L.. *O que é preciso saber sobre a Limpeza Urbana*; IBAM/SNS-MBES; Rio de Janeiro; IBAM/CPU, 1993.
- [84] CONSTITUIÇÃO FEDERAL. 1988; Brasília; s.d.
- [85] CEMPRE. *Cadernos de reciclagem - O Papel da prefeitura* RJ/93.
- [86] CETESB. *Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Domiciliares e de Serviços de Saúde - Pró-Lixo*; SP maio/92.
- [87] LEÃO, A. *Lixo, o alto preço cobrado pelo progresso*. O ESTADO DE SÃO PAULO pg. D4; São Paulo 01/09/96.
- [88] ZULAUF, W. E.. *Lixo, reciclar é preciso*. FOLHA DE SÃO PAULO, 12/04/96.
- [89] NOJERINO, S.P. *Dossiê sobre Usinas de Incineração de Resíduos*; São Paulo 08/95.
- [90] FOLHA DE SÃO PAULO. *Cidade sofre com falta de locais para colocar suas 17 mil t diárias de lixo*; São Paulo 30/10/96.
- [91] FOLHA DE SÃO PAULO. *Crianças burlam segurança e comem alimentos em lixão da zona Norte*; São Paulo 30/10/96.
- [92] FOLHA DE SÃO PAULO. *Prefeitura quer mendigos varrendo ruas*. São Paulo 01/02/97.
- [93] FUZARO, J.. *Aterro Sanitário*; Cetesb ; SP/95.
- [94] ALONSO, L. R.. *Gestão Ambiental em SP - A Questão dos Resíduos Sólidos*.

- [95] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Venda de embalagens cresce 7 %; Uso de vidro aumento 12 % este ano*; São Paulo 14/07/96.
- [96] GAIESKI, A. A. . *Curitiba: o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. Passado, Presente Perspectivas*. Dissertação de Mestrado; UFSC; dezembro/91.
- [97] CETESB. *Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e de Serviços de Saúde - Pró-Lixo*; São Paulo; maio/92.
- [98] CETESB. *Considerações sobre os componentes potencialmente perigosos do Resíduo Urbano*; São Paulo; outubro/95.
- [99] LIMPURB. *Aspectos Gerais de Limpeza Urbana em São Paulo. Caderno 1*. São Paulo - SP; 1996
- [100] DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO. *Diretrizes para a destinação dos resíduos no Município de São Paulo*. . DOM; nº 225; 03/12/92.
- [101] LIMPURB. *Coleta Seletiva - Município de São Paulo - SP*. Versão 2; fevereiro/93.
- [102] MICHELINO, G.. *Panorama Geral das Formas de Tratamento de Lixo na Região Metropolitana de São Paulo*.
- [103] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Dados sobre o Lixo custam R\$ 1,8 milhão por mês*. São Paulo, 05/03/97.
- [104] FOLHA DE SÃO PAULO. *Gasto com lixo em 97 deve ter rombo de 66 %*. São Paulo, 07/03/97.
- [105] FOLHA DE SÃO PAULO. *Vizinhos do incinerador dizem ter problemas respiratórios*. São Paulo, 30/01/96.

- [106] ZULAUF; W. E.. *Macroreciclagem de lixo em SP*. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente.
- [107] FOLHA DE SÃO PAULO. *São Paulo recicla só 10,7 5 do lixo coletado*. São Paulo 25/01/95.
- [108] FOLHA DE SÃO PAULO. *Coleta Seletiva é desestimulada*. São Paulo; 25/01/95.
- [109] FOLHA DE SÃO PAULO. *Veículo vai separar lixo orgânico do reciclável*. São Paulo; 06/10/95.
- [110] O ESTADO DE SÃO PAULO. *62 % das cidades não têm onde depositar lixo*. São Paulo, SP; 07/12/97.
- [111] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Problema divide Prefeitura e Estado*. São Paulo, SP; 07/12/97.
- [112] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Lixo torna-se o maior desafio de São Paulo*. São Paulo; 07/12/97.
- [113] FOLHA DE SÃO PAULO. *Campinas tolera trabalho infantil em lixão*. São Paulo, SP; 18/01/98.
- [114] CETESB. *Plano de ação para o controle das instalações de destino final de resíduos sólidos domiciliares*. São Paulo, SP; dezembro/97.
- [115] LIMPURB. *Prognóstico da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos e da Vida Útil dos Aterros Sanitários*
- [116] FOLHA DE SÃO PAULO. *Prefeitura recicla apenas 0,5 % do lixo de São Paulo*. São Paulo, SP 08/12/97.
- [117] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Reciclar o lixo é obrigatório em Nova York*. São

Paulo, SP 09/12/97.

- [118] MARK; F. E.. *The Role of Plastics in Municipal Solid Wastes Combustion*. A Technical paper from a series produced by European Centre for Plastics in the Environment.
- [119] CERVONE; B. *Status e Perspectivas da Reciclagem Energética no Brasil*. Association of Plastics Manufacturers in Europe.
- [120] LIMPURB. *Relatório Técnico nº 1*. São Paulo, SP; Janeiro/97.
- [121] BRACELPA. *A Atividade de Reciclagem de Papel no Brasil*. São Paulo, SP, outubro/97.
- [122] BRACELPA. *Consumo de Energia Elétrica no Setor de Papel e Celulose*. São Paulo, SP; 10/12/97.
- [123] LIMPURB/LOGOS ENGENHARIA. *Incineração do Lixo Urbano*. São Paulo, SP junho/96.
- [124] O ESTADO DE SÃO PAULO. *Prefeitura quer incinerador, mas há resistências*. São Paulo, SP; 07/12/97.
- [125] DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO. *Alvará de Licença Ambiental de Instalação Nº 20/DECONT - SVMA/97 e Nº 21/DECONT -SVMA/97*. DOM, 24/12/97.
- [126] EUROPEAN CENTRE FOR PLASTICS IN THE ENVIRONMENT (PWTMI). *Plastics in Municipal Incineration*. Bruxels, Bélgica.
- [127] PROEMA ENGENHARIA E SERVIÇOS Ltda. *Estudo de Impacto Ambiental - EIA - Usina de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares*.