

**SARA LEONOR CAMBESES POLANCO**

**A SITUAÇÃO DA DESTINAÇÃO PÓS-CONSUMO DE  
LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL**

**SÃO CAETANO DO SUL**

**2007**

**SARA LEONOR CAMBESES POLANCO**

**A SITUAÇÃO DA DESTINAÇÃO PÓS-CONSUMO DE  
LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos químicos e Bioquímicos.

Linha de Pesquisa: impacto ambiental de processos químicos.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antônio Licco.

**SÃO CAETANO DO SUL**

**2007**

Cambeses Polanco, Sara Leonor

A situação da destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil / Sara Leonor Cambeses Polanco.—São Caetano do Sul, SP : CEUN-EEM, 2007.

119 p.

Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação. Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos — Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2007.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antônio Licco

1. Mercúrio – Brasil 2. Lâmpadas – Reciclagem I. Licco, Eduardo Antonio. II. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia Mauá. III. Título.

## **DEDICATÓRIA**

À minha filha Vosnier, pelo amor, compreensão e entusiasmo com a realização deste projeto.

Ao meu pai José (*in memoriam*) e especialmente à minha mãe Anatulia, pelo empenho e incentivo em meus estudos.

À Esther, minha irmã, pelo carinho e companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Eduardo Antônio Licco, pela sábia orientação, amizade e confiança depositadas no desenvolvimento deste projeto, e pelo apoio sempre presente em cada passo do caminho.

Aos meus professores, pela inestimável contribuição de informações e de conhecimentos.

A todos os colegas de mestrado que compartilharam as salas de aula.

Aos profissionais responsáveis pelas áreas de Saúde, Segurança e Meio Ambiente das empresas Osram, Philips e Sylvania, fabricantes de lâmpadas de mercúrio em São Paulo, e às empresas de tratamento de lâmpadas de mercúrio: Apliquim, Brasol Recicle, Naturalis, Recitec, Sílex e Tramppo, pelo aporte com material de pesquisa ou por viabilizar o acesso para levantamento de dados primários, contribuindo para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Wagner Osada da Pertech, pela contribuição na pesquisa de custos de tratamento de lâmpadas de mercúrio no Brasil.

Ao Marcos Pacífico, pelos ensinamentos e ajuda no Excel.

Às funcionárias do CEUN, Maria Margareth Marques, secretária da Pós-Graduação, e Cleide M. M. Hirata, bibliotecária, pela colaboração e pronto atendimento às minhas solicitações.

## RESUMO

As lâmpadas fluorescentes e as de descarga à alta pressão são comumente utilizadas nos mais variados sistemas de iluminação elétrica, principalmente considerando sua alta eficiência, baixo consumo de energia e longa durabilidade. Entretanto, o componente mais importante para esse conceito de iluminação é o mercúrio, uma substância tóxica e potencialmente perigosa. Como o uso dessas lâmpadas no país vem aumentando anualmente, cresce também a possibilidade de contaminação ambiental causada pelo descarte inadequado do pós-consumo. O risco de contaminação ambiental pelo mercúrio é fortalecido pela ausência de uma legislação nacional específica que regulamente a disposição de lâmpadas usadas e de políticas públicas gerais para a destinação de resíduos desse tipo. Este estudo examina a destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil, buscando oferecer subsídios para a melhoria das atuais formas de descarte, tratamento e recuperação dos materiais dessas lâmpadas. Trata-se de pesquisa exploratória propositiva, baseada em dados da literatura e em levantamento de campo. As conclusões do trabalho mostram que a reciclagem de lâmpadas usadas com recuperação de mercúrio é uma alternativa técnica e economicamente viável, bem como ambientalmente sustentável, mas que a atividade ainda enfrenta dificuldades no que tange à legislação, tecnologia e custos.

Palavras-chave: Mercúrio. Lâmpadas fluorescentes. Reciclagem de lâmpadas.

## **ABSTRACT**

Fluorescent and high intensity discharge lamps are commonly used in several lighting systems considering their high efficiency, low energy consumption and the long life. Nevertheless, fluorescent lamps contain mercury, a toxic and hazardous substance but a vital ingredient in this lighting system. Year by year the use of mercury lamps has been increased and so the risk of environmental contamination due the inappropriate disposition of post consumption lamps. The risk of environmental contamination by mercury is strengthening by the lack of specific national legislation to dispose spent mercury lamps and by the absence of a general policy to hazardous waste. This study analyses the final disposition of spent mercury lamps in Brazil, looking forward to improve the present way of disposition, recovery and recycling of lamp components. It is an exploratory and proposal research based on literature and field research. The conclusions point out the recycling and recovery mercury of spent lamps is a feasible alternative, technical and economically speaking and environmentally sustainable, even though the activity faces difficulties concerning regulations, technology and costs.

Key-words: Mercury. Fluorescent lamps. Recycling lamps.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PRINCÍPIO DE GERAÇÃO DE LUZ EM UMA LÂMPADA FLUORESCENTE.....	19
FIGURA 2 – TUBOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES: CIRCULAR, TUBULAR E COMPACTA, RESPECTIVAMENTE.....	21
FIGURA 3 – O AUTOR APRESENTA A IMAGEM DA MONTAGEM INTERNA DA LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR .....	22
FIGURA 4 – LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO, LUZ MISTA, VAPOR DE SÓDIO E MULTIVAPOR METÁLICO, RESPECTIVAMENTE.....	23
FIGURA 5 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS DIFERENTES TIPOS DE LÂMPADAS ELÉTRICAS.....	28
FIGURA 6 – REDUÇÃO DO TEOR DE MERCÚRIO EM LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR DE 40 W, NO PERÍODO DE 1985 A 2001, NOS EUA .....	31
FIGURA 7 - DADOS MUNDIAIS DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA POR FONTE, EM 2002 .....	33
FIGURA 8 - DADOS NACIONAIS DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA POR FONTE, EM 2004 .....	33
FIGURA 9 – SISTEMA MÓVEL DA DEXTRITE MODELO RDA-55E, USADO NOS EUA PARA MOAGEM DE LÂMPADAS.....	42
FIGURA 10 – FRAGMENTADOR DE LÂMPADAS TUBULARES FLUORESCENTES.....	42
FIGURA 11 – FRAGMENTADOR DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO .....	43
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DO TRITURADOR E SEPARADOR COMPACTO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DA MRT SYSTEM .....	45
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO QUÍMICO “ECOLUX 2000” PARA RECICLAGEM DE LÂMPADAS FLUORESCENTES .....	46
FIGURA 14 – RECUPERAÇÃO DE MERCÚRIO POR LIXIVIAÇÃO ÁCIDA.....	47
FIGURA 15 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE RETORTAGEM SEM COLUNA DE LAVAGEM E SEM SUBSEQÜENTE DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS .....	48
FIGURA 16 – EQUIPAMENTO DE TRATAMENTO POR SOPRO PARA LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES UTILIZADO PELA WEREC WERTSTOFF-RECYCLING DA ALEMANHA.....	49
FIGURA 17 – PROCESSO DA APLIQUIM PARA DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO E RECUPERAÇÃO TÉRMICA DE MERCÚRIO.....	55
FIGURA 18 – EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA BRASIL RECYCLE .....	56



FIGURA 19 – EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA MEGA RECICLAGEM.....	58
FIGURA 20 – SISTEMA “BULB EATER” PARA MOAGEM DE LÂMPADAS DA NATURALIS BRASIL.....	59
FIGURA 21 – EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA RECITEC.	61
FIGURA 22 - EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA SÍLEX .....	63
FIGURA 23 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DA TRAMPPPO PARA DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES E RECUPERAÇÃO TÉRMICA DO MERCÚRIO.....	65

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPONENTES TÍPICOS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES.....	20
TABELA 2 – COMPONENTES TÍPICOS DE LÂMPADAS HID .....	25
TABELA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO DOS DIFERENTES TIPOS DE LÂMPADAS PARA ILUMINAÇÃO À BASE DE COMBUSTÍVEIS E À ENERGIA ELÉTRICA .....	27
TABELA 4 – TEOR DE MERCÚRIO NAS LÂMPADAS FLUORESCENTES E DE DESCARGA À ALTA PRESSÃO .....	29
TABELA 5 – ANÁLISE ELEMENTAR DO PÓ FLUORESCENTE EM LÂMPADAS FLUORESCENTE USADAS .....	30
TABELA 6 – MERCADO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS NO PAÍS, NO ANO DE 2004 <sup>(1)</sup> .....	35
TABELA 7 - EMISSÕES DE MERCÚRIO ORIGINADAS PELOS DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADE HUMANA, NOS EUA, EM 2002. ....	36
TABELA 8 – DADOS COMPARATIVOS DOS PROCESSOS E CUSTOS DE RECICLAGEM NO BRASIL .....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EPA – Environmental Protection Agency

EUA – Estados Unidos de América

HID – High Intensity Discharge

IAEEL – International Association for Energy-Efficient Lighting

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NEMA – National Electrical Manufacturers Association.

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health

NR – Norma Regulamentadora

OSHA – Occupational Safety and Health Administration

QUERCUS – Associação Nacional de Conservação da Natureza

TCLP – Toxicity Characteristic Leaching Procedure

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency

WHO – World Health Organization

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.2 ESTRUTURAÇÃO .....	17
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1 AS LÂMPADAS DE MERCÚRIO.....	18
2.1.1 Aspectos gerais.....	18
2.1.2 Lâmpadas fluorescentes.....	18
2.1.2.1 Princípio de funcionamento .....	19
2.1.2.2 Componentes .....	19
2.1.3 Lâmpadas de descarga à alta pressão .....	23
2.1.3.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio .....	23
2.1.3.2 Lâmpadas de luz mista.....	24
2.1.3.3 Lâmpadas de vapor de sódio .....	24
2.1.3.4 Lâmpadas de multivapor metálico .....	24
2.1.3.5 Principais componentes de lâmpadas de descarga à alta pressão .....	25
2.2 A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL .....	26
2.3 USOS DAS LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL .....	27
2.4 OS IMPACTOS POSITIVOS DO USO DAS LÂMPADAS DE MERCÚRIO.....	28
2.5 PERIGOS ASSOCIADOS AO USO DAS LÂMPADAS DE MERCÚRIO.....	29

Formatado: Português

Excluído: 16

Formatado: Português

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado: Português

2.6 PERIGOS ASSOCIADOS À GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	32
2.7 O GERENCIAMENTO DAS LÂMPADAS PÓS-CONSUMO .....	34
2.7.1 O gerenciamento de resíduos sólidos perigosos no Brasil .....	34
2.7.2 As lâmpadas de mercúrio como resíduo perigoso.....	36
2.7.2.1 Legislação ambiental para disposição de lâmpadas de mercúrio.....	37
2.7.3 Os sistemas de tratamento pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no mundo .....	39
2.7.3.1 Aterros de resíduos sólidos .....	39
2.7.3.2 Incineração de resíduos urbanos .....	40
2.7.3.3 Trituração e descarte sem separação de componentes.....	41
2.7.3.4 Encapsulamento.....	43
2.7.3.5 Processos de reciclagem de lâmpadas de mercúrio .....	44
2.7.3.5.1 Trituração e separação mecânica de materiais .....	44
2.7.3.5.2 Trituração úmida e separação de mercúrio por via química.....	45
2.7.3.5.3 Separação de mercúrio por lixiviação ácida.....	46
2.7.3.5.4 Recuperação de mercúrio por via térmica .....	47
2.7.3.5.5 Tratamento por sopro .....	48
<b>3 MÉTODO .....</b>	<b>50</b>
<b>4 A SITUAÇÃO DA DESTINAÇÃO DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL.....</b>	<b>52</b>

4.1 EMPRESAS E TECNOLOGIAS ATUAIS PARA TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL .....	53
4.1.1 Apliquim .....	54
4.1.2 Brasil Recycle .....	56
4.1.3 HG Descontaminação.....	57
4.1.4 Mega Reciclagem.....	58
4.1.5 Naturalis Brasil .....	59
4.1.6 Recitec.....	60
4.1.7 Sílex .....	62
4.1.8 Tramppo .....	63
4.2 CUSTOS DA RECICLAGEM DE LÂMPADAS NO BRASIL.....	65
4.3 IMPACTO DOS PROCESSOS DE DESTINAÇÃO DE LÂMPADAS NAS EMISSÕES ANTRÓPICAS DE MERCÚRIO .....	66
4.4 A RECICLAGEM FRENTE AO CONSUMO DE LÂMPADAS .....	67
4.5 AÇÃO DOS ÓRGÃOS DE FISCALIZAÇÃO .....	68
4.6 FALTA DE NOMENCLATURA NA CONCESSÃO DE LICENÇAS	69
4.7 AUSÊNCIA DE REGULAMENTAÇÃO ESPECÍFICA PARA A DESTINAÇÃO FINAL DE LÂMPADAS FLUORESCENTES.....	69
4.8 INADEQUAÇÕES NOS PROCESSOS DE RECICLAGEM DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO.....	70
4.8.1 Trituração sem separação de componentes.....	70

4.8.2 Trituração seca com recuperação de mercúrio via térmica .....	71
4.8.3 Processo químico.....	72
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE A – O MERCÚRIO .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO A – LEGISLAÇÃO .....</b>	<b>90</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A maioria das atividades desenvolvidas pelo homem moderno, seja para trabalho, estudo, lazer ou moradia, requer a utilização de iluminação artificial elétrica. Um ambiente bem iluminado proporciona maior conforto visual, melhor desempenho das atividades, menor incidência de erros, contribui na redução de ocorrência de problemas visuais e favorece o realce de cores, formas e texturas. Para atender a essa necessidade, existe no mercado uma diversidade de modelos e tipos de lâmpadas para consumo, entre elas as fluorescentes, as de descarga à alta pressão (vapor de mercúrio, vapor de sódio, multivapor metálico e luz mista) e as incandescentes.

De acordo com a Eletropaulo (2001), a iluminação elétrica é responsável por 24% do consumo de energia nos escritórios e 15% nas residências, em média.

Entre as várias possibilidades para reduzir o consumo de energia na iluminação, a que se mostrou mais interessante foi à substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes ou por lâmpadas de descarga à alta pressão.

Com o plano de racionamento energético que vigorou na maioria dos estados brasileiros no início desta década, aumentou sensivelmente a procura por lâmpadas fluorescentes, principalmente, pelo consumidor residencial que, seguindo a alternativa sugerida pelo governo, substituiu as lâmpadas incandescentes convencionais pelas fluorescentes compactas.

Contudo, se por um lado as lâmpadas fluorescentes geram uma considerável economia de energia, por outro podem poluir o meio ambiente em seu pós-uso devido à presença do mercúrio como um de seus componentes.

Considerando que no Brasil não existe uma legislação própria para regulamentar o descarte de lâmpadas fluorescentes e que a cada ano o consumo desse tipo de lâmpadas vem aumentando, o risco de contaminação do meio ambiente também tende a aumentar. Uma vez que a utilização dessas lâmpadas pode permanecer ainda por muitos anos, faz-se necessário estabelecer formas para sua destinação pós-consumo, que sejam ambientalmente seguras e sanitariamente adequadas.



## 1.1 OBJETIVOS

Neste contexto, este trabalho objetiva uma análise qualitativa da destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil, buscando:

- analisar os impactos positivos e negativos associados ao uso de lâmpadas de mercúrio, do ponto de vista ambiental e de consumo de energia, e
- estudar as diversas tecnologias para destinação de lâmpadas de mercúrio utilizadas dentro e fora do Brasil, focando as medidas de controle de poluição.

## 1.2 ESTRUTURAÇÃO

A revisão da bibliografia (capítulo 2) apresenta aspectos gerais da produção das lâmpadas fluorescentes, do gerenciamento pós-consumo das lâmpadas descrevendo os principais sistemas de tratamento e de reciclagem em uso no mundo, atualmente. O Capítulo 3 trata dos métodos utilizados nesta pesquisa. O capítulo 4, foco deste estudo, aborda a situação presente de destinação de lâmpadas de mercúrio no Brasil, descrevendo o quadro das tecnologias de tratamento e de recuperação aplicadas pelas empresas do ramo, dos custos envolvidos, das emissões, dos impactos da regulamentação vigente e da atual forma de gestão do resíduo. Por fim, os capítulos 5 e 6, concluem e recomendam.

O apêndice A contém dados sobre a toxicologia e a ecotoxicologia do mercúrio, relacionando limites de tolerância ocupacionais e ambientais para o metal.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 AS LÂMPADAS DE MERCÚRIO**

#### **2.1.1 Aspectos gerais**

A lâmpada de mercúrio utiliza uma descarga elétrica conduzida por uma substância volátil (mercúrio líquido ou um gás) para produzir luminosidade através da excitação de um composto de fósforo (fluorescência) ou de um gás (QUERCUS, 2001).

Existe no mercado uma variedade de lâmpadas de descarga com tecnologias de iluminação, tamanho, cor e poder luminoso diferentes, sendo as lâmpadas fluorescentes e as de descarga à alta pressão, os dois tipos mais comuns que utilizam mercúrio. As lâmpadas fluorescentes são mais utilizadas para iluminar escolas, escritórios, residências e lojas, e as lâmpadas à alta pressão, para iluminar vias públicas, indústrias, áreas de lazer e esporte.

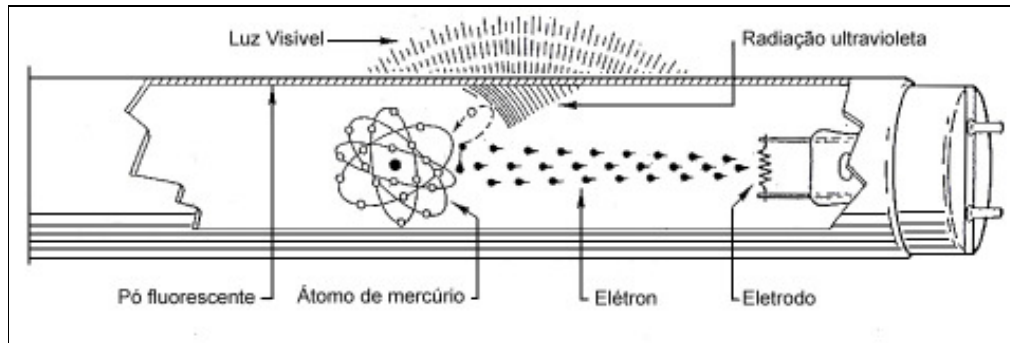
Há outros tipos de lâmpadas de mercúrio que são utilizadas para tratamento médico fototerápico dermatológico, tratamento odontológico de fotopolimerização, desinfecção e purificação de água, ar e superfícies hospitalares, e para diversas aplicações industriais, tais como: processos fotoquímicos, tecnologia avançada de oxidação, reprografia de filmes, microfilmes e chapas "off-set", microlitografia, curas de lacas, tintas e pinturas (PHILIPS, 2006; OSRAM, 2006).

#### **2.1.2 Lâmpadas fluorescentes**

A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de descarga elétrica à baixa pressão. Consiste em um tubo de vidro, revestido no seu interior com pó fluorescente, e preenchido com um gás nobre e vapor de mercúrio. Esse vapor gera radiação ultravioleta que, por sua vez, é absorvida pelo pó fluorescente do revestimento interno do bulbo, transformando-se em luz visível. As lâmpadas fluorescentes são produzidas de várias formas geométricas. A mais comumente utilizada é a lâmpada tubular reta.

### 2.1.2.1 Princípio de funcionamento

Na lâmpada fluorescente a luz é emitida pela passagem de corrente elétrica através de um gás de enchimento à baixa pressão (2,5 Torr) e vapor de mercúrio à baixa pressão parcial. Há um eletrodo em cada extremidade do tubo, com um filamento de tungstênio, revestido com pasta emissiva de elétrons. Ao ser aplicada uma corrente elétrica na lâmpada, os elétrons passam de um eletrodo para o outro, criando um fluxo de corrente elétrica, conforme pode ser visto na Figura 1.



FONTE: Philips, 2004b.

FIGURA 1 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PRINCÍPIO DE GERAÇÃO DE LUZ EM UMA LÂMPADA FLUORESCENTE

Os elétrons ao colidirem com os átomos de mercúrio, ionizam o metal, emitindo radiação ultravioleta. O composto de fósforo que reveste internamente o tubo de vidro absorve a radiação ultravioleta, transformando-a em radiação eletromagnética na região do espectro de luz visível. A cor da luz visível produzida depende da composição química do fósforo utilizado no revestimento interno do tubo de vidro.

### 2.1.2.2 Componentes

Uma típica lâmpada fluorescente tubular é composta por um tubo de vidro, um revestimento interno à base de compostos de fósforo, bases e gases de enchimento. Na tabela 1 constam os componentes típicos das lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas.

TABELA 1 – COMPONENTES TÍPICOS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES

Componentes	Lâmpada tubular	Lâmpada compacta
Base	Al, pino de latão, isolante (fenolite)	Al, latão, vidro (isolante), Ni
Cimento	CaO, MgO, SiO <sub>2</sub> , PbO, resina	CaCO <sub>3</sub> , MgCO <sub>3</sub> , resina
Eletrodo	Cu, Ni, Fe, B	Cu, Ni, Fe
Filamento	W	W
Enchimento	Ar, Hg	Ar, Ne, Hg
Revestimento Interno	Ca <sub>5</sub> (F,Cl)(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> :Sb:Mn e Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> :Sb Camada de preparação: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , HCl, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> e Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O	Y, Eu, Ba, Mg, Al, La, Ce, Tb, P (halofosfatos)
Emissor	Óxidos de Ba, Ca, Sr	Óxidos de Ba, Ca
Solda	Pb, Sn	Pb, Sn
Vidro	Óxidos de Si, Na, K, Mg, Sb, Ca, Pb	Óxidos de Si, Na, K, Ca, Ba, Pb
Revestimento Externo	Resina de silicone	-
Conectores	-	Cu, Sn
Invólucro do Reator	-	Plástico
Placa de Circuito Impresso	-	Fenolite, latão, componentes eletrônicos (transistores, diodos, capacitores, bobinas, resistores)
Placa de Contato	-	Latão
Fusível	-	Vidro, Fe, Cu, Monel

FONTES: ABILUX, 2001b.

#### a) *Tubo de vidro*

A maioria das lâmpadas fluorescentes é constituída por um tubo de vidro reto, mas podem ser em forma circular ou em U. Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria da Iluminação, esse vidro, conhecido como vidro alcalino, é à base de óxidos de silício, sódio, potássio, magnésio, antimônio, cálcio e bário (ABILUX, 2001b). Sua utilização deve-se à boa transmissibilidade de luz, custo, facilidade de trabalho e compatibilidade com o vidro da flange.

A forma e o tamanho do tubo de uma lâmpada fluorescente são expressos por código, consistindo de uma letra "T" para indicar que a lâmpada é tubular, seguida de um número que indica o diâmetro em oitavas de polegadas, como por exemplo, T-5, que indica uma lâmpada tubular de 5/8 de polegada de diâmetro. As lâmpadas fluorescentes compactas são identificadas pela potência, pela distância entre extremidades e pelo comprimento aproximado (distância da base à face externa no bulbo dobrado) e as circulares, pelo diâmetro externo em polegadas. Na Figura 2 encontram-se ilustrados três modelos de lâmpadas fluorescentes.



FONTE: Osram, 2006.

FIGURA 2 – TUBOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES: CIRCULAR, TUBULAR E COMPACTA, RESPECTIVAMENTE

*b) Revestimento Interno*

O tubo de vidro da lâmpada fluorescente é revestido internamente com uma mistura de compostos de fósforo (pó fluorescente). De acordo com a Philips (2004b), o revestimento interno do tubo mais comumente utilizado na lâmpada tubular é o halofosfato de cálcio  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F},\text{Cl})_2\text{Sb},\text{Mn}]$ . Na lâmpada fluorescente compacta o revestimento interno é à base de halofosfatos de ítrio, európio, bário, magnésio, alumínio, lantânio, cério e térbio (ABILUX, 2001b).

Os compostos de fósforo são substâncias químicas que emitem luz quando expostos à radiação ultravioleta de baixo nível energético. A combinação de diferentes tipos de fósforo em pó e em várias proporções propicia uma grande variedade de cores e de tons.

*c) Montagem Interna*

A montagem interna de uma lâmpada fluorescente tipicamente tubular é composta por: esteme, filamento, emissor (pasta emissiva de elétrons que reveste o filamento), anel anódico e eletrodos, conforme ilustrado na Figura 3.

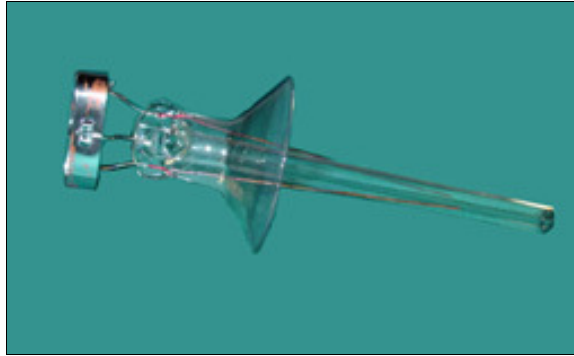


FIGURA 3 – O AUTOR APRESENTA A IMAGEM DA MONTAGEM INTERNA DA LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR

Este é o conjunto interno da lâmpada que tem a finalidade de suportar os eletrodos e conduzir a eletricidade até o interior da lâmpada. É composto por uma flange e um pequeno tubo de vidro, dois eletrodos e um pólo.

Os eletrodos conectam os pinos da base ao filamento. São de ferro niquelado com revestimento externo em cobre.

O filamento ou catodo é feito de tungstênio e revestido com pasta emissiva de elétrons (emissor). Segundo o fabricante Sylvania (1993), o filamento tem que ter capacidade para alcançar a temperatura correta em curto espaço de tempo e conter revestimento catódico suficiente para a lâmpada ter a vida mediana especificada.

#### *d) Bases*

As bases são usadas para conectar a lâmpada ao circuito elétrico de alimentação e para dar suporte mecânico. Na sua maioria, consistem de tampa fabricada em liga de alumínio, pinos de latão - liga de cobre e zinco - e isolador de resina de fenolite.

#### *e) Gases de Enchimento*

Para auxiliar a controlar a vida mediana da lâmpada tubular, geralmente é utilizado argônio como gás de enchimento e mercúrio na forma de vapor. Nas lâmpadas compactas, para reduzir o consumo de energia, é utilizada uma mistura de argônio e neônio e mercúrio na forma de vapor.

O mercúrio é o componente mais importante para este conceito de lâmpada, pois, sem ele, não seria possível esse tipo de iluminação. O vapor de mercúrio é responsável pela radiação ultravioleta que é absorvida pelo pó fluorescente e transformada em luz.

### 2.1.3 Lâmpadas de descarga à alta pressão

As lâmpadas de descarga à alta pressão (High Intensity Discharge – HID) consistem em um bulbo fechado, que contém gases inertes, vapores de metal e elementos de terras raras para produzir uma descarga em arco (QUERCUS, 2001).

No Brasil, os 4 tipos de lâmpadas de descarga à alta pressão (Figura 4) de maior interesse são: as de vapor de mercúrio, as de multivapor metálico, as de vapor de sódio à alta pressão e as de luz mista. Estas lâmpadas possuem no seu interior tubos de descarga de quartzo (lâmpadas de luz mista, de vapor de mercúrio e multivapor metálico) ou de óxido de alumínio (lâmpadas de vapor de sódio) contendo vapor de mercúrio ou mercúrio metálico em alta pressão. Possuem dois eletrodos no interior do bulbo, um tubular principal e um auxiliar, que ao receberem uma descarga elétrica excitam os vapores, produzindo a luz. Estas lâmpadas têm como principal característica a sua alta eficiência luminosa.



FONTE: Osram, 2006; Philips, 2004b

FIGURA 4 – LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO, LUZ MISTA, VAPOR DE SÓDIO E MULTIVAPOR METÁLICO, RESPECTIVAMENTE

#### 2.1.3.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio à alta pressão consistem em um bulbo ovóide de vidro revestido internamente com pó fluorescente e preenchido com uma mistura de argônio e

nitrogênio para manter a temperatura constante. Possuem um tubo de descarga de quartzo contendo vapor de mercúrio, uma base e um ou dois eletrodos e requerem reator para a operação. O teor de mercúrio no tubo de descarga varia entre 13 e 80 mg (ABILUX, 2001b). São utilizadas em áreas fabris e comerciais, ruas, jardins, praças, estacionamentos, estações de trem, escolas, lojas e postos de gasolina. A vida mediana das lâmpadas de 125 watts é aproximadamente 20.000 horas e, para as de 400 watts, 15.000 horas (PHILIPS, 2004).

#### 2.1.3.2 Lâmpadas de luz mista

Estas lâmpadas consistem em um bulbo ovóide revestido com um composto de fósforo e preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio. Contêm vapor de mercúrio à alta pressão no tubo de descarga de quartzo conectado em série com o filamento. O teor de mercúrio varia entre 11 e 45 mg (ABILUX, 2001b). Elas têm alto fluxo luminoso e boa reprodução de cor. São utilizadas para iluminar vias públicas, estacionamentos, jardins e praças. A vida mediana destas lâmpadas é aproximadamente 10.000 horas.

#### 2.1.3.3 Lâmpadas de vapor de sódio

As lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão consistem em um bulbo tubular de vidro transparente ou um bulbo ovóide revestido internamente com pó fluorescente e preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio para manter a temperatura constante. Possuem um tubo de descarga preenchido com um amálgama de sódio-mercúrio e xenônio, que é utilizado como gás de ignição. O teor de mercúrio no tubo de descarga varia entre 15 a 30 mg (ABILUX, 2001b). São utilizadas para iluminar plataformas, estacionamentos, ruas, praças, indústrias, áreas comerciais, instalações esportivas e iluminação externa decorativa. A vida mediana destas lâmpadas é longa, aproximadamente 30.000 horas.

#### 2.1.3.4 Lâmpadas de multivapor metálico

Estas lâmpadas consistem em um bulbo de vidro ovóide ou tubular preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio. Seu tubo de descarga contém mercúrio à alta pressão e uma mistura de haletos metálicos, ou elementos de terras raras, ou cério, tálio e estanho. Os elementos reagem dentro do arco de descarga e os metais são excitados para emitir luz. O teor de mercúrio varia entre 10 e 170 mg (ABILUX, 2001b; QUERCUS, 2001). São



utilizadas para iluminar áreas abertas, outdoors, monumentos, fachadas, destaque de vitrines e lojas, recintos esportivos e zonas industriais. Têm vida mediana de aproximadamente 10.000 horas.

### 2.1.3.5 Principais componentes de lâmpadas de descarga à alta pressão

A tabela 2 apresenta, de maneira resumida, os 4 tipos de lâmpadas de mercúrio à alta pressão, suas partes e componentes típicos.

TABELA 2 – COMPONENTES TÍPICOS DE LÂMPADAS HID

Componentes	Luz mista	Vapor de mercúrio	Vapor de sódio	Vapores metálicos
Base	Latão, vidro (isolante), Ni	Latão, vidro (isolante), Ni	Latão, vidro (isolante), Ni	Latão, vidro (isolante), Ni
Cimento	SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub>
Eletrodo	Fe, Ni, Cu, W	Fe, Ni, Cu, W	Fe, Ni, Cu, W	Fe, Ni, Cu, W
Suportes metálicos	Fe, Ni, Mo	Fe, Ni	Fe, Ni, Cr	Fe, Ni
Tubo de descarga				
▪ Eletrodos	W, Mo	W, Mo	W	W, Mo
▪ Emissor	Óxidos de: Ba, Ca, Y	Óxidos de: Ba, Ca, Y	Óxidos de: Ba, Ca, Y, W	Óxidos de: Ba, Ca, Y
▪ Terminais	Mo	Mo	Nb	Mo
▪ Enchimento	Ar, Hg	Ar, Hg	Xe, Na, Hg	Ar, Dy, Ho, Tm, Cs, Ti, Hg
▪ Tubo	Quartzo	Quartzo	Óxido de alumínio	de Quartzo
▪ Solda (eletrodo-tubo)	-	-	Ti	-
▪ Tubo de injeção	-	-	Nb	-
Getter	P <sub>3</sub> N <sub>5</sub> , Al, Zr	Óxido de Zr	Óxido de Zr	Óxidos de Zr, Al, Fe, Ni; aço inox
Revestimento interno	YVO <sub>4</sub> , Eu, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub>	YVO <sub>4</sub> , Eu, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub>	Ca <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub>	Ca <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e TiO <sub>2</sub>
Solda	Pb, Sb, Sn	Pb, Sb, Sn	Pb, S, Ag	Pb, Sn, Sb
Vidro	Óxidos de Sb, S, Pb, Si, Al, Na, K, Mg, Ca, B	Óxidos de Pb, Si, Al, Na, K, Mg, Ca, B.	Óxidos de Sb, S, Pb, Si, Al, Na, K, Mg, Ca, B.	Óxidos de Sb, S, Pb, Si, Al, Na, K, Mg, Ca, B.
Placa de contato	-	-	Ni	-

FONTE: ABILUX, 2001b.

## 2.2 A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A utilização de fontes de iluminação artificial pelo homem é muito antiga. Bem antes do uso de lâmpadas elétricas já existia a iluminação artificial à base de combustíveis, tais como velas, lampiões a querosene, gás, etc. O gás natural já era utilizado em sistemas de iluminação no século II a.C. (NOVA ENCICLOPÉDIA ILUSTRADA FOLHA, 1996).

As primeiras lâmpadas incandescentes surgiram no final do século XIX e desde essa época a tecnologia de fabricação de lâmpadas para iluminação artificial elétrica vem evoluindo gradativamente. Na década de 1930 foram introduzidas as lâmpadas fluorescentes, mas, no decorrer desse século, a tecnologia de fabricação de lâmpadas fluorescentes com uma tecnologia de fabricação que, no decorrer do século, evoluiu muito, tendo como principal característica a redução do tamanho do diâmetro do tubo - até sua miniaturização - e a melhoria da qualidade de luz, pelo desenvolvimento de lâmpadas com pó fluorescente que proporcionam uma melhor reprodução de cores e maior eficiência de energia-luz (OSRAM, 2006).

Segundo Mills (2002) do total de energia elétrica mundial destinada à iluminação, aproximadamente 28% é para o setor residencial, 48% para o setor de serviços, 16% para o setor industrial, e 8% para iluminação de ruas e de outros setores. Estimativas do Banco Mundial indicam que, 24% da população mundial urbana e 67% da população mundial rural dos países em desenvolvimento, não têm energia elétrica (BANCO MUNDIAL apud MILLS, 2002). Parte dessa população, cerca de dois bilhões de pessoas, utiliza lâmpadas à base de combustíveis. Esse tipo de iluminação tem baixa eficiência luminosa (Tabela 3) e é altamente poluidor para o meio ambiente. As emissões atmosféricas de gás carbônico, devido à utilização de iluminação à base de combustíveis resultam, por ano, em 244 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> no globo terrestre (MILLS, 2002).

TABELA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO DOS DIFERENTES TIPOS DE LÂMPADAS PARA ILUMINAÇÃO À BASE DE COMBUSTÍVEIS E À ENERGIA ELÉTRICA

Tipo de fonte de iluminação	Fonte de energia	Média de consumo	Energia total W	Fluxo luminoso lm	Eficiência luminosa Lm/W	Rendimento de cor	Nº. lâmpadas / 100 W <sup>(1)</sup>
Vela	Parafina	5,50 g/h	55	1	0,02	Bom	75
		7,20 g/h	72	16	0,22		
Lampião de querosene	Querosene	0,02 l/h	200	10	0,05	Bom	12
		0,05	488	100	0,21		
Lâmpada à pressão	Querosene	0,06 l/h	563	220	0,39	Fraca	1
		0,08 l/h	813	1300	1,60		
Noorie	Querosene	0,05 l/h	513	1250	2,44	Fraca	1
Lâmpada de carbureto	Carbureto	6,00 g/h	34	50	1,46	Bom	5
		23,00 g/h	132	250	1,90		
Lâmpada a gás	GLP	28,00 g/h	350	330	0,94	Fraca	1
		34,00 g/h	425	1000	2,35		
Lâmpada a biogás	Biogás	0,10 m <sup>3</sup> /h	693	330	0,48	Fraca	1
		0,20 m <sup>3</sup> /h	1385	1300	0,94		
Lâmpada incandescente	Elétrica	100W	100	1200	12	Bom	1
Lâmpada halogenada	Elétrica	25W	25	500	20	Bom	2
Lâmpada fluorescente	Elétrica	13W	13	585	45	Bom	2

FONTES: LOUINEAU et al. apud IAEEL, 1999.

NOTA:

<sup>(1)</sup> O número de lâmpadas / 100 W se refere ao número de lâmpadas requeridas para produzir o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente de 100 W (i.e 1200 lm).

Segundo Mills (2002) foi estimado que, no Brasil, a energia para iluminação à base de combustíveis, corresponde a 40% da energia para a iluminação elétrica no país.

### 2.3 USOS DAS LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL

Conforme dados da ABILUX (2001b), a utilização de lâmpadas de mercúrio no Brasil atinge 80 milhões de unidades, das quais as mais utilizadas são as fluorescentes tubulares, com 56 milhões de exemplares e, em menor escala, as fluorescentes compactas (14 milhões) e as de descarga à alta pressão (10 milhões). Juntos, o setor industrial e de serviços são responsáveis por 95% do consumo de lâmpadas fluorescentes tubulares, 99% de lâmpadas de descarga à alta pressão e 30% de lâmpadas fluorescentes compactas.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003), a produção de lâmpadas fluorescentes no país, em 2003, alcançou cerca de 72 milhões de unidades, sem considerar as importações. Como as indústrias fabricantes de lâmpadas não divulgam informações pertinentes à sua produção, pelas estimativas recentes da ABILUX, o

Brasil possui um consumo médio anual de quase 100 milhões de lâmpadas fluorescentes (CIETEC, 2005).

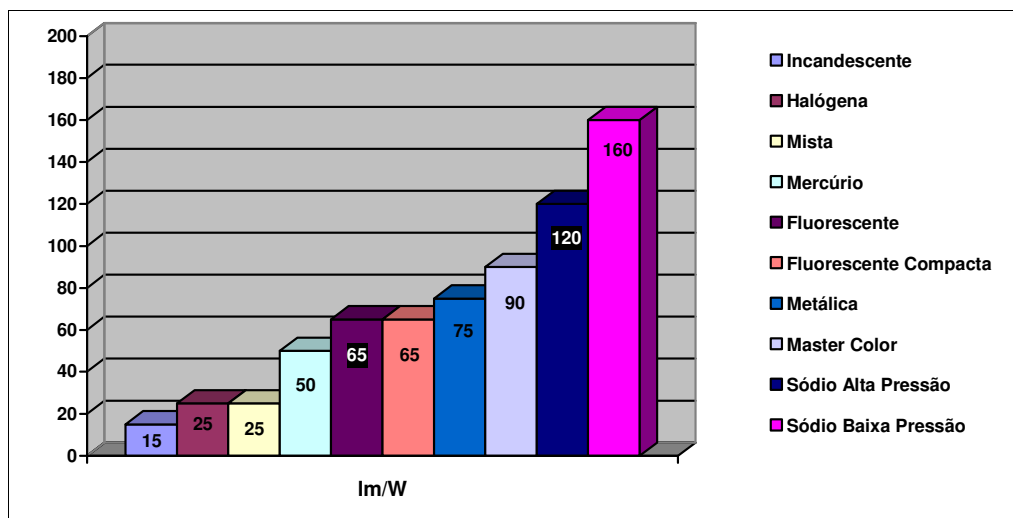
Segundo Cricci apud Matos (2006), o apagão ocorrido no país em 2001, criou um crescente mercado para as lâmpadas fluorescentes compactas, prevendo que as vendas dessas lâmpadas em 2006 atinjam 50 milhões de unidades.

## 2.4 OS IMPACTOS POSITIVOS DO USO DAS LÂMPADAS DE MERCÚRIO

As lâmpadas de descarga – fluorescentes e à alta pressão - que contêm mercúrio são consideradas uma forma clássica para iluminação econômica, caracterizadas por sua alta eficiência e longa durabilidade. Segundo a ABILUX (2001a), as vantagens das lâmpadas de mercúrio em relação às lâmpadas incandescentes são:

- o consumo de energia elétrica alcança uma redução de até 80%;
- têm uma vida útil entre 4 e 15 vezes mais longa, e
- a eficiência luminosa é de 3 a 6 vezes superior.

A figura 5 apresenta a eficiência energética dos diferentes tipos de lâmpadas elétricas.



FONTE: Philips Lighting, 2002.

FIGURA 5 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS DIFERENTES TIPOS DE LÂMPADAS ELÉTRICAS

Devido à longa durabilidade das lâmpadas fluorescentes compactas, a International Association for Energy-Efficient Lighting (IAEEL) estima que existam, no mínimo, aproximadamente 1300 milhões dessas lâmpadas em uso, consumindo 20.000 MW de eletricidade em contrapartida aos 80.000 MW que seriam necessários para o mesmo número de lâmpadas incandescentes. A economia de energia pode ser vista como uma forma de prevenir a poluição. Por exemplo, no início de 2000, na América do Norte, havia 275 milhões de lâmpadas em uso, que por sua vez preveniram naquele ano, emissões de 3,5 milhões de toneladas de carbono e 69.000 toneladas de enxofre (IAEEL, 2000).

Um estudo realizado na Califórnia, nos EUA, sobre o consumo de energia em edifícios comerciais recém construídos, constatou que o uso de iluminação fluorescente eficiente era responsável por aproximadamente 73% do total da energia economizada (NEMA, 2001; NEMA, 2005).

## 2.5 PERIGOS ASSOCIADOS AO USO DAS LÂMPADAS DE MERCÚRIO

As lâmpadas fluorescentes e de descarga à alta pressão, utilizam um elemento perigoso, o mercúrio, em proporções que variam de acordo com o tipo de lâmpada. Segundo dados técnicos da ABILUX (2001b), esta variação vai de 3 mg na lâmpada fluorescente compacta a 170 mg na lâmpada de multivapor metálico. Complementando, a Tabela 4 apresenta o teor de mercúrio, em miligramas, para cada tipo de lâmpada.

TABELA 4 – TEOR DE MERCÚRIO NAS LÂMPADAS FLUORESCENTES E DE DESCARGA À ALTA PRESSÃO

Tipo de lâmpada	Teor de mercúrio em mg		
	Média inferior	Média	Média superior
Fluorescente tubular (15 W a 110 W)	8	15	25
Fluorescente compacta (5 W a 42 W)	3	4	10
Luz mista (160 W a 500 W)	11	17	45
Vapor de mercúrio (80 W a 400 W)	13	32	80
Vapor de sódio (70 W a 1000 W)	15	19	30
Multivapor metálico (35 W a 200 W)	10	45	170

FONTE: ABILUX (2001b)

Segundo Quercus (2001), existem pelo menos doze elementos utilizados nas lâmpadas de descarga que podem causar impactos ambientais negativos. São eles: mercúrio, antimônio, bário, chumbo, cádmio, índio, sódio, estrôncio, tálio, vanádio, ítrio e elementos de terras raras. Entre eles, o mercúrio é considerado o elemento potencialmente mais perigoso

quando liberado para o meio ambiente, devido à sua forma volátil nas condições de temperatura e pressão em que se apresenta e à sua toxicidade.

Estudos realizados nos Estados Unidos de América (EUA) e, mais recentemente, no Brasil, para determinar os componentes do revestimento interno de lâmpadas fluorescentes usadas, indicaram uma ampla variedade de elementos, bem como a presença de vários metais pesados (USEPA, 1994; RAPOSO, 2001). Os resultados desses estudos estão contidos na Tabela 5.

TABELA 5 – ANÁLISE ELEMENTAR DO PÓ FLUORESCENTE EM LÂMPADAS FLUORESCENTE USADAS

Elemento	Concentração		
	EPA (mg elemento/kg pó fluorescente) <sup>(1)</sup>	RAPOSO	
		µg/g <sup>(1)</sup>	% em peso
Alumínio	3.000	580±30	
Antimônio	2.300		0,61±0,01
Bário	610	310±15	
Cádmio	1.000		0,18±0,01
Cálcio	170.000		37,91±0,11
Cério	N/D	12±1	
Chumbo	75	38±3	
Cloro	NA		0,72±0,04
Cobalto	2	4±1	
Cobre	70	N/D	
Cromo	9	10±1	
Disprósio	N/D	3±0,3	
Érbio	N/D	3±0,3	
Estrôncio	N/D	125±7	
Európio	N/D	<1	
Ferro	1.900	N/D	
Flúor	N/D		2,95±0,14
Fósforo	N/D		18,12±0,36
Hólmio	N/D	2±0,2	
Itérbio	N/D	<1	
Ítrio	N/D	<1	
Lantânio	N/D	35±4	
Magnésio	1.000	143±2	
Manganês	4.400		0,86±0,02
Mercúrio	4.700	4.210 <sup>(2)</sup>	
Neodímio	N/D	31±3	
Níquel	130	90±4	
Potássio	140	N/D	
Samário	N/D	6±1	
Sódio	1.700	N/D	
Vanádio	N/D	NA	
Zinco	48	7±1	

FONTE: Adaptado de USEPA, 1994;e RAPOSO, 2001.

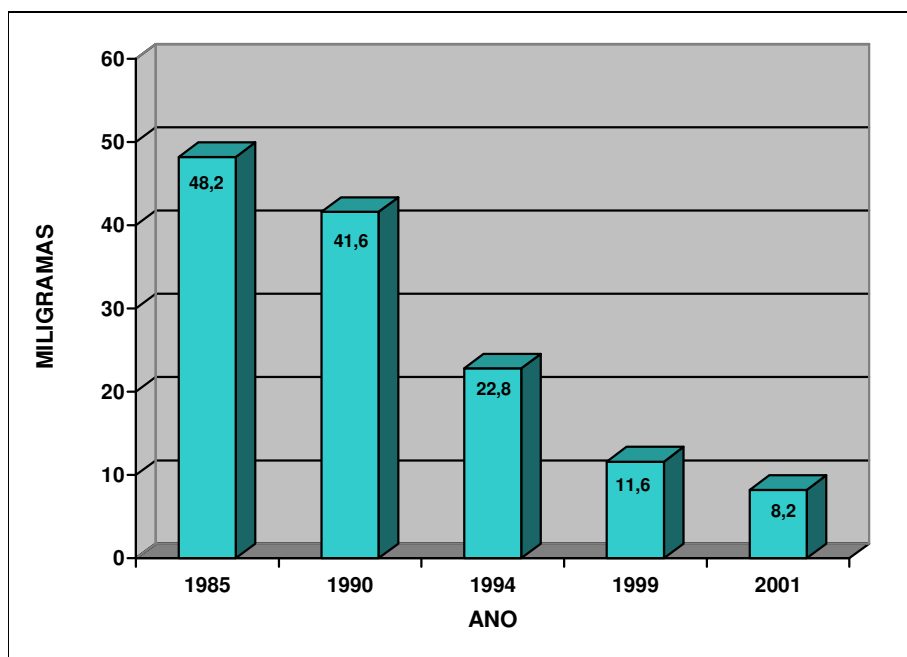
NOTA:

(1) 1ppm = 1µg/g = 1mg/kg (2) Valor médio NA – Não analisado.

N/D – Não disponível. A tabela foi elaborada baseada em USEPA, 1994 e RAPOSO, 2001 e nesses estudos não constava informação do elemento. O mais provável é que não tenha sido realizada análise do elemento indicado.

Dentre os elementos presentes destacam-se o antimônio, cádmio e o mercúrio tanto por concentração como por toxicidade. O manganês poderia ser outro elemento preocupante quando disponibilizado no meio ambiente.

Nas lâmpadas fluorescentes, a quantidade de mercúrio varia de acordo com a tecnologia de aplicação. Essa quantidade, felizmente vem sendo reduzida substancialmente desde 1985 devido aos investimentos dos fabricantes em novos equipamentos e processos de manufatura. A redução média do teor de mercúrio por lâmpada é de 75%. Um exemplo dessa redução é o teor médio de mercúrio contido em uma lâmpada fluorescente tubular típica de 40 W, que foi reduzido no período de 1985 a 2001, de 48,2 mg para 8,2 mg, como ilustra a Figura 6.



FONTE: NEMA, 2005.

FIGURA 6 – REDUÇÃO DO TEOR DE MERCÚRIO EM LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR DE 40 W, NO PERÍODO DE 1985 A 2001, NOS EUA

O Brasil vem acompanhando a tendência de reduzir a quantidade de mercúrio contido nas lâmpadas. Conforme ABILUX (2001b) o valor médio de mercúrio na lâmpada fluorescente tubular é 15 mg e na fluorescente compacta, 4 mg. No entanto, já existem fabricantes que trabalham com tecnologia de cápsulas de mercúrio, o que possibilita usar um teor ainda menor dessa substância (PHILIPS, 2004b).

A análise global do problema mostra, contudo, que as reduções de mercúrio por lâmpada têm sido compensadas pelo aumento na quantidade de lâmpadas em uso. Em 2003, a indústria de iluminação no EUA atingiu um patamar de vendas de 650.000.000 de lâmpadas de mercúrio (NEMA, 2005).

## 2.6 PERIGOS ASSOCIADOS À GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

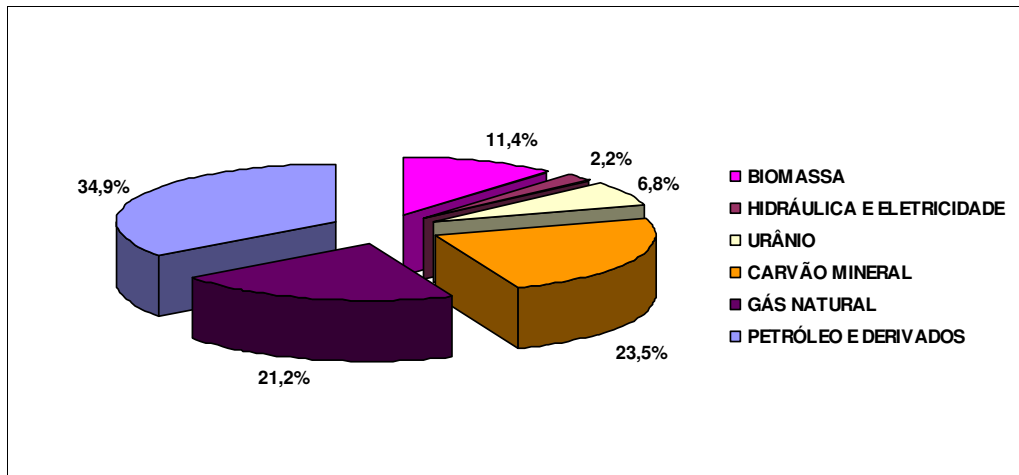
O uso de sistemas de iluminação requer eletricidade que, por sua vez, requer plantas de geração de energia. Segundo Begley e Linderson (1991) todos os métodos de geração de energia causam impactos ambientais negativos, mesmo quando se trata de fontes de energia renovável.

Para Leibold e Audin “a fonte relevante de poluição de um sistema de iluminação não é a lâmpada ou o reator, mas os resíduos sólidos, líquidos e gasosos produzidos nas plantas que geram energia elétrica para operar a lâmpada ou o sistema de funcionamento da lâmpada” (LEIBOLD e AUDIN apud BEGLEY e LINDERSON, 1991, p.399).

Os autores querem chamar a atenção para o fato de que, nas usinas de geração de energia que utilizam carvão, óleo ou gás como combustíveis, o mercúrio é um poluente comum, encontrado nas cinzas e nos materiais coletados nos equipamentos de controle de poluição. No entanto, o uso de iluminação energeticamente eficiente ao reduzir a quantidade de carvão, óleo e gases queimados nas plantas de geração de energia, reduz proporcionalmente as emissões de poluentes atmosféricos provenientes dessas plantas, incluindo o mercúrio (NEMA, 2001; NEMA, 2005).

A Figura 7 ilustra as várias fontes de energia no mundo e sua oferta interna. Juntos, o carvão mineral, petróleo e derivados e gás natural, somam 79,6% da oferta mundial.

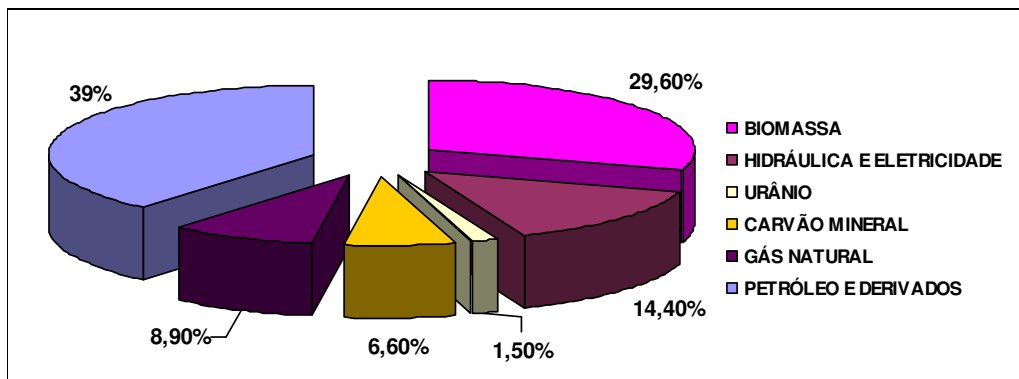




FORNTE: Agência Internacional de Energia apud Ministério de Minas e Energia, 2005

FIGURA 7 - DADOS MUNDIAIS DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA POR FONTE, EM 2002

No Brasil, como se pode ver na Figura 8, a energia hidráulica e a eletricidade, a biomassa e o petróleo e derivados, juntos, representam 83% da oferta interna no país. É preciso ressaltar que, na geração de energia hidráulica não há geração de poluentes como o mercúrio.



FORNTE: Ministério de Minas e Energia, 2005

FIGURA 8 - DADOS NACIONAIS DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA POR FONTE, EM 2004

Em países como os EUA, a utilização de lâmpadas fluorescentes para substituir lâmpadas incandescentes resulta em uma redução significativa nas emissões de mercúrio. A Environmental Protection Agency (EPA) estima que a implementação total do programa "Green Lights", nos EUA, poderá resultar numa redução de 10 toneladas de mercúrio por

ano do total emitido pelas plantas na geração de energia pela queima de combustível fóssil (NEMA, 2005).

Devido à implementação de sistemas de iluminação eficiente, tais como, lâmpadas fluorescentes tubulares com diâmetros pequenos (T8 e T5) e lâmpadas fluorescentes compactas, a indústria de iluminação estimou para o ano de 2003 uma redução importante nas emissões atmosféricas. A redução das emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) foi estimada em 165 milhões de toneladas; as de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e de óxido de nitrogênio, em 220 mil toneladas, e em milhares de toneladas as emissões de monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis e material particulado (NEMA, 2005).

## 2.7 O GERENCIAMENTO DAS LÂMPADAS PÓS-CONSUMO

### 2.7.1 O gerenciamento de resíduos sólidos perigosos no Brasil

Resíduo sólido não é sinônimo de lixo. Atualmente não se aplica a denominação de lixo para aquilo que sobra no processo de produção ou de consumo. Os resíduos sólidos são os materiais nos estados sólido ou semi-sólido, decorrentes da atividade humana de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição. Nesta categoria incluem-se os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como líquidos não passíveis de tratamento como efluentes, ou ainda os gases contidos (SÃO PAULO, 2006; PERNAMBUCO, 2006).

Os diversos resíduos sólidos quando misturados entre si, tornam-se lixo (material de difícil reaproveitamento), mas quando esses materiais são separados adequadamente, podem ser reaproveitados ou reciclados e retornar à cadeia produtiva. Em 2000, uma pesquisa sobre o saneamento básico no país, realizada pelo IBGE, indicou que o lixo produzido diariamente no Brasil alcançava a 125.281 toneladas. Desse total, 47,1% era destinado a aterros sanitários, 22,3 % a aterros controlados e 30,5 % a lixões (IBGE, 2002).

A maior parte dos resíduos sólidos industriais gerados no Brasil ainda tem disposição de forma incorreta, misturada com o lixo doméstico, em aterros municipais ou clandestinos. A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE) estima que mais de 70% do lixo industrial acabe em lugares inapropriados (FURTADO, 2006).

A Tabela 8 fornece informações sobre o mercado brasileiro de tratamento dos resíduos sólidos industriais, bem como as respectivas quantidades que foram tratadas pelas empresas associadas à ABETRE, em 2004.

TABELA 6 – MERCADO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS NO PAÍS, NO ANO DE 2004 <sup>(1)</sup>

Sistema de Tratamento	Quantidade (toneladas)	Porcentagem (%)
Aterros classe II-A e II-B <sup>(2)</sup>	1.414.000	83
Aterros classe I	110.000	6
Co-processamento	145.000	9
Incineração	11.000	1
Outros tratamentos	20.000	1
Total	1.700.000	100

(1) Os dados se referem aos associados da ABETRE, que representam 70% do setor.

(2) II-B é nova nomenclatura para resíduos classe III.

FONTE: Adaptado de ABETRE apud Furtado, 2006.

A ausência de uma política nacional que regule o gerenciamento integrado de resíduos sólidos contribui para a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos devido ao manejo inadequado desses resíduos. Nesse contexto, deixa-se de reutilizar ou reciclar materiais que são tratados como lixo e que poderiam ser utilizados como matéria-prima na cadeia produtiva, em contrapartida se investe cifras elevadas para aterrar ou enterrar resíduos sólidos. A magnitude do problema de disposição de resíduos sólidos, no país, requer uma Política Nacional de Resíduos Sólidos direcionada a um desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Enquanto no âmbito federal permanece em discussão o Projeto de Lei nº. 5.296/2005, que institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico, vários estados brasileiros, entre eles, Paraná, Ceará, Pernambuco, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Piauí e São Paulo estabeleceram legislação própria para o gerenciamento de resíduos sólidos. É preciso ressaltar que, em alguns estados, como por exemplo, São Paulo, os dispositivos da lei ainda não foram regulamentados por meio de um decreto. Em outros estados, tais como: Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a Política Estadual de Resíduos Sólidos está sendo formulada.

O Paraná foi o estado pioneiro em estabelecer uma política estadual de resíduos sólidos (Lei nº. 12493 de 22/01/1999 regulamentada pelo Decreto Estadual nº. 6674 de 03/12/2002), à qual foi seguida por diversos municípios do país. Os princípios da lei de resíduos sólidos do Paraná são:

- a não geração;
- minimização;
- reutilização;
- reciclagem, e
- tratamento e disposição final adequados.

## 2.7.2 As lâmpadas de mercúrio como resíduo perigoso

As propriedades do mercúrio permitem sua aplicação em diversos produtos e setores industriais. É uma substância que conduz a eletricidade, forma ligas metálicas e se expande com as variações de temperatura e pressão. Algumas das aplicações do mercúrio são: baterias, termostatos, amálgamas dentários, termômetros, lâmpadas fluorescente e de descarga à alta pressão, e um tipo de pingente mexicano que contém mercúrio no vidro (USEPA, 2006b).

Atualmente, nos EUA, há um esforço crescente para redução de mercúrio nos produtos de uso residencial e comercial, visando evitar que os resíduos desses produtos contaminem o meio ambiente. Vários estados daquele país têm regulamentação específica para o mercúrio e, inclusive, estabelecem metas para reduzir as emissões do metal para o ar, a água e o solo (USEPA, 2006a).

A tabela 9 apresenta dados sobre as emissões de mercúrio nos EUA, no ano de 2002, em toneladas, originadas por diferentes tipos de atividades.

TABELA 7 - EMISSÕES DE MERCÚRIO ORIGINADAS PELOS DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADE HUMANA, NOS EUA, EM 2002.

Atividade	Emissões de Mercúrio (toneladas)
Plantas de geração termelétricas a carvão	43
Incineração (combustores municipais e incineradores de resíduos médicos)	14
Veículos	7
Cloro	10
Outras (incluindo iluminação)	42
Disposição de lâmpadas	
▪ Esmagamento	0,16 -1,0
▪ Aterros	<0,1
▪ Reciclagem	<0,1
▪ Incineração	<0,3

FONTE: NEMA, 2002

Conforme mencionado anteriormente, as lâmpadas de descarga à alta pressão e as fluorescentes utilizam um processo de descarga de corrente elétrica, conduzida pela presença de mercúrio líquido ou vapor e um gás inerte. Com o tempo, e devido ao uso da lâmpada fluorescente, o mercúrio, transfere-se para o revestimento interno (pó fluorescente), para o vidro e para o eletrodo conectado às bases de alumínio. Essas lâmpadas de mercúrio são substituídas ao término da sua vida útil e descartadas, na maioria dos casos, conjuntamente com os resíduos sólidos domiciliares. A disposição dessas lâmpadas pode contaminar e degradar o meio ambiente.

Se, por um lado, o mercúrio é fundamental para a moderna iluminação, por outro lado, é considerado um elemento potencialmente perigoso com elevados riscos, quando liberado no meio ambiente. Os resíduos de uma única lâmpada fluorescente tubular podem contaminar até 30.000 litros de água (LAMPCARE, 2006).

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10004, as lâmpadas de vapor de mercúrio após o uso são consideradas como resíduo perigoso por conterem o metal (ABNT, 2004).

Os resíduos perigosos são aqueles resíduos que, em função de suas características, físicas, químicas ou biológicas, podem apresentar riscos à saúde pública ou causar impactos negativos à qualidade do meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

#### 2.7.2.1 Legislação ambiental para disposição de lâmpadas de mercúrio

Atualmente não existe legislação federal específica para o descarte e disposição de lâmpadas usadas contendo mercúrio. A Constituição Federal de 1988, no Capítulo VI ao tratar do Meio Ambiente, faz uma abordagem genérica e atribui ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras (BRASIL, 1988).

No Estado de São Paulo, a lei nº.10.888, de 2001 trata do descarte de produtos potencialmente perigosos junto ao resíduo urbano, tais como: pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e frascos de aerossóis em geral. Essa lei, no Artigo 2º, estabelece que cabe aos fabricantes, distribuidores, importadores, comerciantes ou revendedores, a responsabilidade pelo recolhimento, pela descontaminação e pela destinação final de resíduos contendo produtos potencialmente perigosos ao resíduo urbano (SÃO PAULO, 2001).

O município de Americana no estado de São Paulo, através da lei nº 3.578 de 2001, dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e dá outras providências. Essa lei atribui às empresas fabricantes, importadoras, distribuidoras ou revendedoras de pilhas, baterias e lâmpadas, com sede no Município de Americana, a responsabilidade pela destinação ambientalmente correta e dentro das normas e tecnologias atuais, a esses produtos e equipamentos, mediante procedimentos de coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, após seu esgotamento energético ou vida útil e a respectiva entrega pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada (AMERICANA, 2001).

Em Campinas, estado de São Paulo, a Lei nº. 11.294 de 2002 proíbe a disposição de lâmpadas fluorescentes, que utilizam mercúrio metálico, e similares em aterros sanitários (CAMPINAS, 2002).

O Rio Grande do Sul, pela Lei nº. 11.187 de 1998, estabelece normas para o descarte de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes que contenham mercúrio, proibindo a disposição em depósitos públicos de resíduos sólidos e a sua incineração (RIO GRANDE DO SUL, 1998).

Em Caxias do Sul, estado de Rio Grande do Sul, a Lei nº. 5.873 de 2002, disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias e lâmpadas usadas no Município. Essa lei atribui aos fabricantes e aos importadores a responsabilidade de promover a reutilização, a reciclagem, o tratamento ou a destinação final, ambientalmente adequada das pilhas, baterias e lâmpadas (CAXIAS DO SUL, 2002).

Em Minas Gerais, a lei nº. 13.766, de 2000, no seu artigo 4º, atribui ao Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) a competência de estabelecer normas para recolhimento, reutilização e reciclagem. O tratamento ou disposição final ambientalmente adequada de resíduo sólido - disquete de computador, lâmpada fluorescente, pilha e bateria - que, por sua composição físico-química, necessite de procedimentos especiais para descarte no meio ambiente (MINAS GERAIS, 2000).

O Estado de Santa Catarina, pela Lei nº. 11.347 de 2000, regulamenta sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos, tais como baterias, pilhas e lâmpadas de mercúrio e proíbe sua disposição em aterros sanitários (SANTA CATARINA, 2000).

### 2.7.3 Os sistemas de tratamento pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no mundo

As formas de destinação final comumente utilizadas para as lâmpadas fluorescentes e as de descarga à alta pressão usadas (inservíveis) são:

- Aterros de resíduos sólidos (descarte em aterros com ou sem pré-tratamento);
- incineração juntamente com os resíduos urbanos;
- trituração e descarte sem separação dos componentes;
- encapsulamento, e
- reciclagem e recuperação de mercúrio.

#### 2.7.3.1 Aterros de resíduos sólidos

Aterro sanitário de resíduos sólidos é uma técnica para disposição final de resíduos sólidos urbanos, onde são aplicados critérios de engenharia e normas operacionais especiais para confinar esses resíduos com segurança, do ponto de vista de controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública (SÃO PAULO, 2006).

O aterro sanitário visa à disposição adequada de resíduos sólidos domiciliares. Todavia, os resíduos sólidos perigosos, devido às suas características físico-químicas ou biológicas, requerem que os princípios específicos de engenharia aplicáveis assegurem seu confinamento, de forma a não causar danos ou riscos à saúde pública, evitar a contaminação dos recursos hídricos e minimizar os impactos ambientais.

Nos EUA, pesquisas realizadas durante uma década indicaram que a disposição adequada de lâmpadas em aterros, não apresenta risco à saúde humana e ao meio ambiente. Em 2004, um estudo naquele país concluiu que a quantidade de mercúrio liberado pela quebra de uma lâmpada durante a disposição nos aterros modernos é insignificante. As emissões provenientes da quebra de muitas lâmpadas durante o processo de aterramento, representam apenas um pequeno acréscimo nas emissões totais de mercúrio nos EUA (NEMA, 2005).

Atualmente, no Brasil, 94% das lâmpadas fluorescentes inservíveis têm como disposição final os aterros de resíduos urbanos, sem nenhum tipo de tratamento (ROMERO, 2006).

A questão de disposição de resíduos sólidos contendo mercúrio em aterros ainda constitui um assunto polêmico, mesmo nos aterros modernos e específicos para resíduos perigosos, pois ele é muito volátil e pode se difundir através do solo volatilizando para a atmosfera. Ademais, o mercúrio pode se transformar em compostos orgânicos pela ação de bactérias dando origem a formas mais tóxicas e mais facilmente absorvidas pelos organismos vivos.

### 2.7.3.2 Incineração de resíduos urbanos

A incineração consiste na oxidação de um determinado resíduo em altas temperaturas, em geral, acima de 900 °C. É um processo de combustão que objetiva transformar resíduos sólidos, líquidos e gases combustíveis, em dióxido de carbono e água, bem como reduzir significativamente o peso e volume iniciais. Os incineradores possuem no mínimo duas câmaras, uma de combustão e uma de pós-queima.

Queimar o lixo já foi considerado um método eficiente de eliminar o resíduo, seja ele de origem doméstica ou industrial. Atualmente, a eliminação do resíduo por meio da incineração é um processo complexo, de custo elevado e potencialmente poluidor. Durante a incineração são liberadas emissões tóxicas mesmo pelos incineradores mais modernos, tais como metais pesados, produtos de combustão incompleta e substâncias químicas formadas durante o processo de incineração.

A incineração de resíduos perigosos visa, primeiramente a destruição desses materiais, mas pode estar associado à recuperação energética ou material (USEPA, 2006c)

A incineração ou queima dos resíduos de lâmpadas em fornos de combustão não é recomendável por ter o grave inconveniente de ser altamente poluidora se não houver rígidas medidas de controle de poluição associadas ao equipamento. Durante a queima, 90% do mercúrio contido na lâmpada, ou mais, é liberado para a atmosfera. Equipamentos de controle de poluição podem remover alguns metais pesados das emissões, mas mesmo os mais modernos não eliminam com segurança todos eles. O mercúrio e outros metais pesados não desaparecem, são transferidos para as cinzas ou para os filtros, que acabam posteriormente sendo aterrados. Como os metais não são combustíveis, a incineração não é um processo efetivo para o tratamento de resíduos perigosos de metais (USEPA, 2006c; NEMA, 2005).

Os incineradores municipais têm histórico de não possuir controle especial de emissões de mercúrio. Nos EUA, a EPA determinou que os incineradores fossem equipados com um rígido controle de poluição. Essa medida, pelas estimativas da EPA, reduziu drasticamente



as emissões de mercúrio: de 42 toneladas em 1990, para 2 toneladas em 2001 (NEMA, 2005).

### 2.7.3.3 Trituração e descarte sem separação de componentes

Essa técnica tem sido usada nas instalações de indústrias para triturar em bruto suas lâmpadas fluorescentes, visando à redução de até 80% do volume de resíduos sólidos antes de sua disposição final em aterros. Nos EUA, as empresas que utilizam esta técnica devem obedecer aos padrões da OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (NEMA, 2001).

O sistema móvel ilustrado na Figura 9 é um modelo simples de moagem da Dextrite e consiste em uma única unidade operacional com o fragmentador montado sobre a parte superior de um tambor de 200 litros. O equipamento permite a moagem de lâmpadas fluorescentes e de descarga à alta pressão. As lâmpadas são alimentadas manualmente no sistema de ruptura, onde são fragmentadas. O vidro e alumínio caem no fundo do tambor (dentro de um saco de poliuretano) e a poeira fina e o vapor de mercúrio são retidos nos filtros de carvão ativado acoplados ao equipamento. O equipamento tem capacidade para 900 lâmpadas fluorescentes tubulares e possui sensor que indica quando o tambor está cheio, bloqueando a alimentação de lâmpadas no triturador.

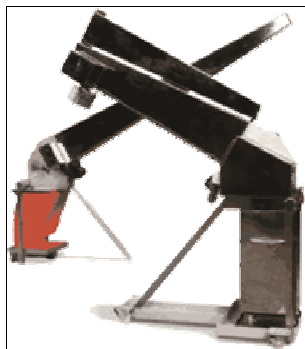


FONTE: EPAI-USA, 2006

FIGURA 9 – SISTEMA MÓVEL DA DEXTRITE MODELO RDA-55E, USADO NOS EUA PARA MOAGEM DE LÂMPADAS

Outro equipamento é o comercializado pela Balcan. Trata-se de um triturador fixo, de baixa capacidade de carga, operado a eletricidade. Consiste em uma única unidade operacional com a câmara de ruptura instalada inclinadamente e que permite o retro-escoamento. As lâmpadas fluorescentes tubulares são alimentadas manualmente de baixo para cima e sobem pela câmara de ruptura em posição inclinada. Ela contém internamente uma articulação tipo dobra na metade do comprimento que provoca a quebra das lâmpadas. Na altura da articulação, o triturador tem um exaustor com filtro de carvão ativado, para reter os vapores de mercúrio. O equipamento pulveriza água sob pressão nas lâmpadas fragmentadas, que caem dentro do saco plástico acoplado na parte inferior do triturador. O saco plástico contém gel absorvente para embeber os fragmentos e, por sua vez, está acondicionado dentro de um contêiner de plástico rígido. O contêiner tem capacidade para acondicionar de 25 a 30 kg de material fragmentado (BALCAN, 2002).

A Figura 10 ilustra o modelo da Balcan.



FONTE: Balcan, 2002

FIGURA 10 – FRAGMENTADOR DE LÂMPADAS TUBULARES FLUORESCENTES

O modelo mais recente da Balcan (Figura 11) é comercializado em duas opções: seca ou úmida. Quando é utilizado o sistema úmido, o resíduo não permite a reciclagem do material triturado (BALCAN, 2006).



FONTE: Balcan, 2006

FIGURA 11 – FRAGMENTADOR DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO

No Brasil existem empresas que utilizam essa técnica para triturar suas lâmpadas fluorescentes inservíveis, com subsequente disposição em aterros classe 1. As técnicas de trituração têm como aspecto negativo, que requerem tratamento de resíduo perigoso para a totalidade do material que processam.

Segundo a Quercus (2001), atualmente, no mercado europeu, a trituração em bruto não é bem vista no formato descrito, devido à ênfase dada para reduzir a quantidade de resíduos perigosos, para utilizar técnicas corretas de tratamento e para o reaproveitamento dos materiais para reciclagem.

#### 2.7.3.4 Encapsulamento

A tecnologia de encapsulamento tem sido usada como uma alternativa de tratamento para resíduos contendo poluentes iônicos como os metais pesados. O encapsulamento de resíduos é definido como uma tecnologia de tratamento de resíduos que utiliza processos de estabilização de contaminantes (PASSOS e NEDER, 2001).

Previamente à solidificação, as lâmpadas podem ser trituradas ou moídas por via seca ou úmida. Os materiais resultantes da moagem ou trituração são encapsulados em concreto e/ou ligantes orgânicos. A disposição final dos resíduos é em aterros (ZANICHELII, et al. 2004).

Como forma de gestão do lodo contaminado com mercúrio no tratamento de lâmpadas por processo químico, Lacerda recomenda o uso da tecnologia de solidificação / estabilização

em cimento Portland simples prévio à disposição final em aterro de resíduos sólidos, para melhorar o manuseio do resíduo, ter um produto com resistência estrutural e reduzir a mobilidade de seus componentes tóxicos para seu entorno (LACERDA, 2004).

Ressalta-se aqui, que a maioria dos componentes das lâmpadas pode ser reciclada e essa tecnologia apresenta o inconveniente de não considerar o reaproveitamento dos componentes das lâmpadas, descartando o resíduo em sua totalidade. Por outro lado, ainda não é possível saber se a tecnologia de encapsulamento em concreto pode conter o mercúrio de forma segura, pois o assunto não foi suficientemente estudado. Outro aspecto desinteressante da técnica é o aumento de volume e peso do resíduo a ser disposto.

#### 2.7.3.5 Processos de reciclagem de lâmpadas de mercúrio

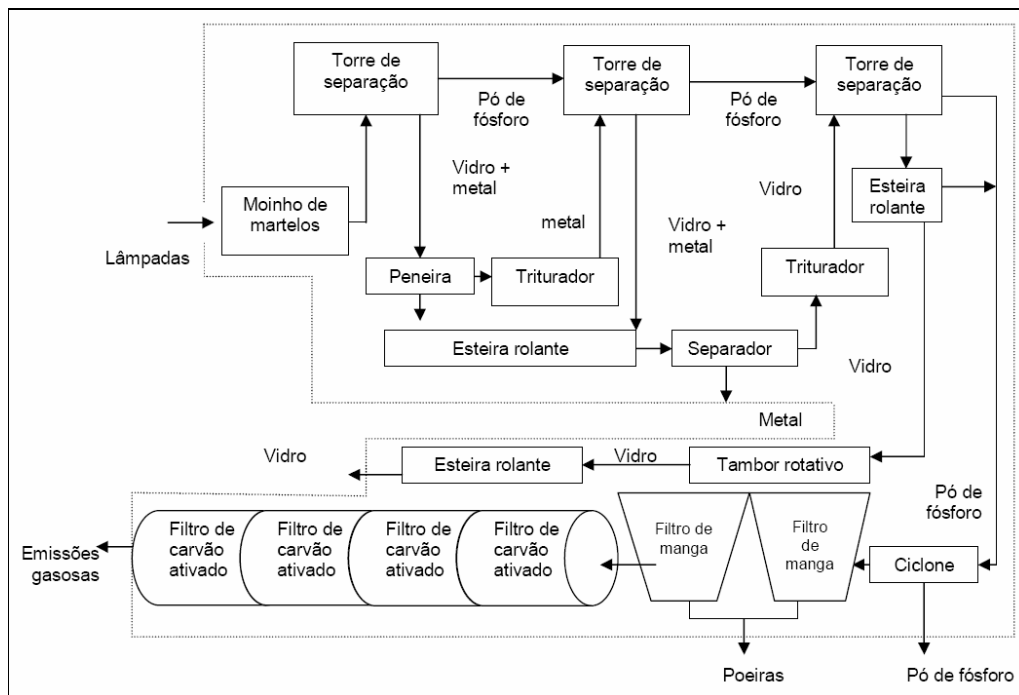
Reciclagem é o resultado de uma série de atividades, pela qual materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na fabricação de novos produtos. A reciclagem é uma atividade econômica que deve estar integrada a um conjunto de ações visando um melhor gerenciamento (VILHENA; D'ALMEIDA, 2000).

A reciclagem de lâmpadas de mercúrio refere-se à recuperação de alguns de seus materiais constituintes, introduzindo-os novamente na cadeia produtiva. A reciclagem de lâmpadas de mercúrio ocupa um lugar importante no gerenciamento sustentável de resíduos, uma vez que alguns dos materiais reciclados podem ser utilizados como matéria-prima para a fabricação de novas lâmpadas. No Brasil, em 2000, foram recicladas apenas 6,5 milhões (estimativa) dos 80 milhões de lâmpadas de mercúrio comercializadas no país (ABILUX, 2001b).

##### 2.7.3.5.1 Trituração e separação mecânica de materiais

Este modelo de tratamento consiste na trituração e separação mecânica dos componentes das lâmpadas, previamente ao processo de recuperação do mercúrio. O sistema descrito é o triturador e separador compacto fabricado pela Mercury Recovery Technology (MRT) System (Figura 12) e utilizado pela Ambicare em Portugal. O projeto é totalmente enclausurado, automático, opera seco, à pressão negativa apenas a alimentação é manual. São várias etapas de trituração e separação dos componentes. Toda a poeira à base de compostos de fósforo do revestimento das lâmpadas é separada dos subprodutos em

diferentes etapas e é aerotransportada por sucção para o sistema de armazenamento instalado sob o ciclone e os filtros de mangas. O mercúrio é recuperado posteriormente por via térmica (QUERCUS, 2001).



FORNTE: AMBICARE apud QUERCUS, 2001

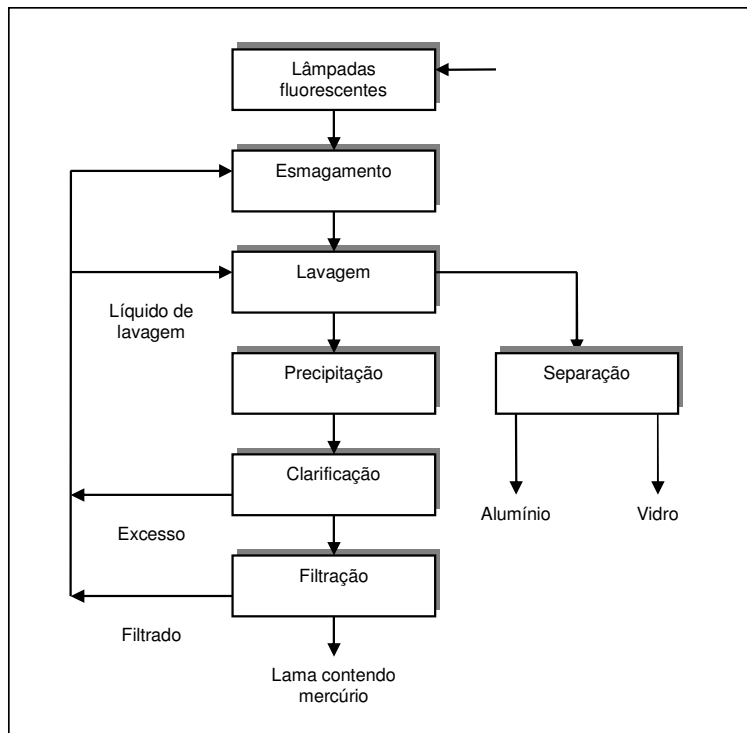
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DO TRITURADOR E SEPARADOR COMPACTO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DA MRT SYSTEM

#### 2.7.3.5.2 Trituração úmida e separação de mercúrio por via química

O processo químico da Ekoteho denominado Ecolux 2000 teve sua origem na Finlândia. Nessa técnica, todas as fases do processo ocorrem sob sistema de lavagem, totalmente fechado, para evitar que ocorra a liberação de vapor de mercúrio para a atmosfera. O processo é contínuo, com sistema de controle automático. O processo consiste em triturar as lâmpadas sob sistema de cortina d'água, com subsequente separação do vidro e do alumínio em uma peneira e remoção para reciclagem. O líquido de lavagem contendo o mercúrio e o pó de fósforo é precipitado pela adição de produtos químicos. O precipitado é retido em um clarificador e a seguir é filtrado. A lama resultante contém mercúrio na forma

considerada insolúvel e, assim, obtêm-se a disposição final mais segura. A água do processo é reutilizada (EKOTEHO, 2006; FERNANDEZ, 2001).

A Figura 13 apresenta de forma resumida, as etapas do processo químico da Ekoteho.



FONTE: Ekoteho, 2006

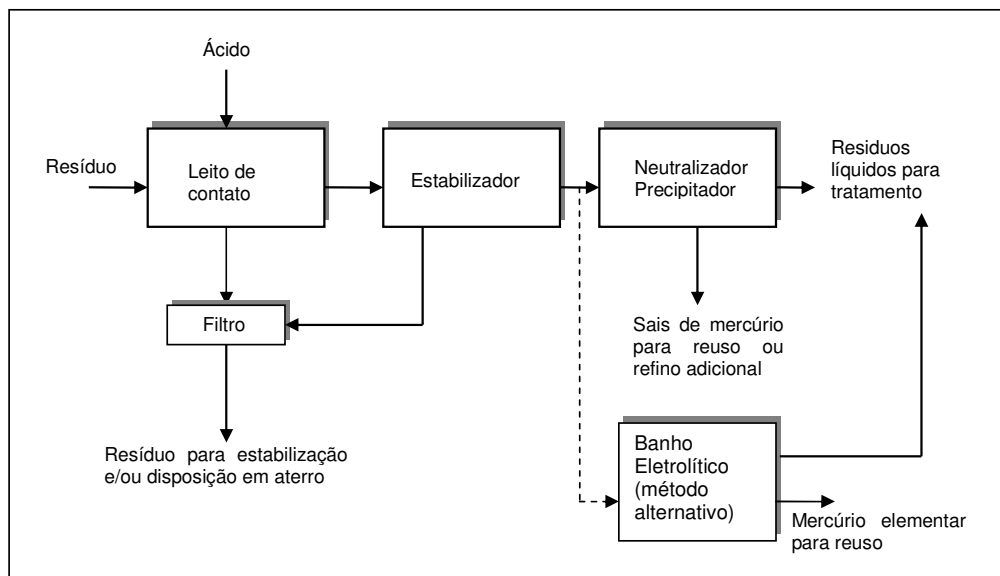
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO QUÍMICO “ECOLUX 2000” PARA RECICLAGEM DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

### 2.7.3.5.3 Separação de mercúrio por lixiviação ácida

A recuperação do mercúrio presente nas lâmpadas por processo químico consiste em dissolver em um ácido (clorídrico ou nítrico) os compostos sólidos contidos no resíduo, de modo a concentrar o mercúrio na solução ácida. A lixiviação ácida é apenas aplicável para as formas oxidadas de mercúrio, todavia, o mercúrio elementar pode ser transformado na forma solúvel de cloreto mercúrico por oxidação com hipoclorito de sódio. O mercúrio solúvel na forma de óxido de mercúrio ou de cloreto de mercúrio é retido na solução ácida com pH entre 1 e 4. Neste processo, os resíduos sólidos são removidos por filtração e o mercúrio é neutralizado e precipitado.

Após a lixiviação ácida, pode-se utilizar a precipitação química (precipitação com sulfetos) ou a oxidação, para converter os compostos solúveis de mercúrio em sais considerados insolúveis. Ambos os métodos geram lodo contendo compostos denominados sais insolúveis de mercúrio e, após a retirada da água do lodo, os sais podem ser tratados para recuperação do mercúrio elementar. Caso o destino do lodo, seja a disposição em aterro, deve ser realizada uma lavagem final com ácido para assegurar a remoção dos sais de metais solúveis.

O processo da Figura 14, usado para a lixiviação ácida, consiste em um leito de contato seguido de uma etapa de separação sólido-líquido e de neutralização ou de um banho eletrolítico.



FONTE: Truesdale, Beaulieu e Pierson, 1993

Formatado: Português

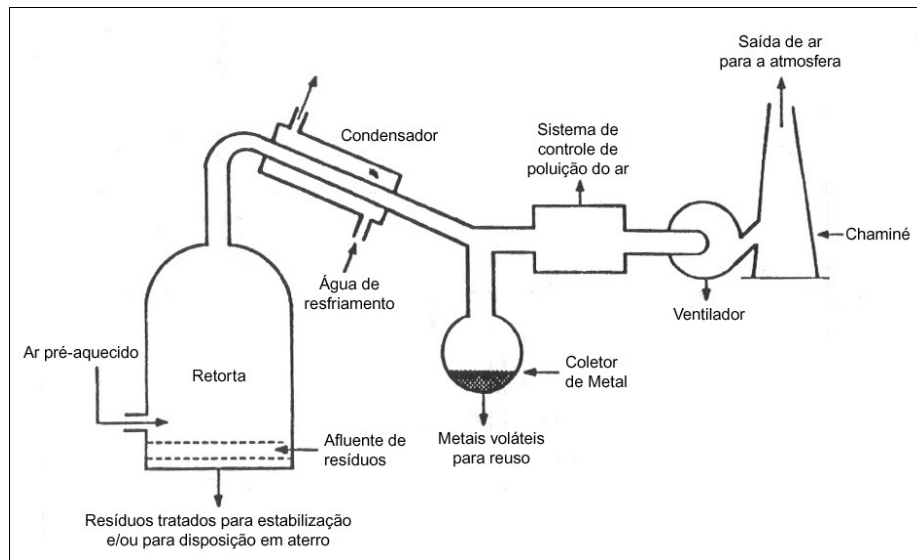
FIGURA 14 – RECUPERAÇÃO DE MERCÚRIO POR LIXIVIAÇÃO ÁCIDA

#### 2.7.3.5.4 Recuperação de mercúrio por via térmica

A recuperação de mercúrio por via térmica consiste na destilação dessa substância. O resíduo é aquecido para vaporizar o mercúrio, com subsequente resfriamento para condensar o vapor de mercúrio e coletá-lo como mercúrio líquido elementar.

Existem diferentes versões. Em todas as variações, porém, o material é aquecido para vaporizar o mercúrio e recuperá-lo como líquido (Figura 15). O aquecimento do material em

geral é realizado em uma retorta, mas pode ser utilizado um alto forno de frente aberta, ou um calcinador rotativo (ustulador). Para a recuperação do vapor de mercúrio podem ser utilizados condensadores e separadores ou purificador venturi e decantador, seguido por um sistema de controle de poluição do ar.



FONTE: Truesdale, Beaulieu e Pierson, 1993

Formatado: Português

FIGURA 15 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE RETORTAGEM SEM COLUNA DE LAVAGEM E SEM SUBSEQÜENTE DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Tanto o pó de fósforo quanto o mercúrio precipitado podem ser tratados por destilação, recuperando-se o mercúrio metálico. Os resíduos das lâmpadas são alimentados por batelada em uma retorta e aquecidos durante quatro a vinte horas a temperaturas superiores ao ponto de ebulição do mercúrio (357 °C), mas inferiores a 550 °C. O produto da vaporização é condensado em um purificador ou em um condensador, e a seguir, colhido em um decantador ou coletor. O mercúrio destilado pode requerer um tratamento adicional fazendo-o borbulhar em ácido nítrico para retirar as impurezas. Cuidados especiais são necessários para o controle das emissões atmosféricas do processo.

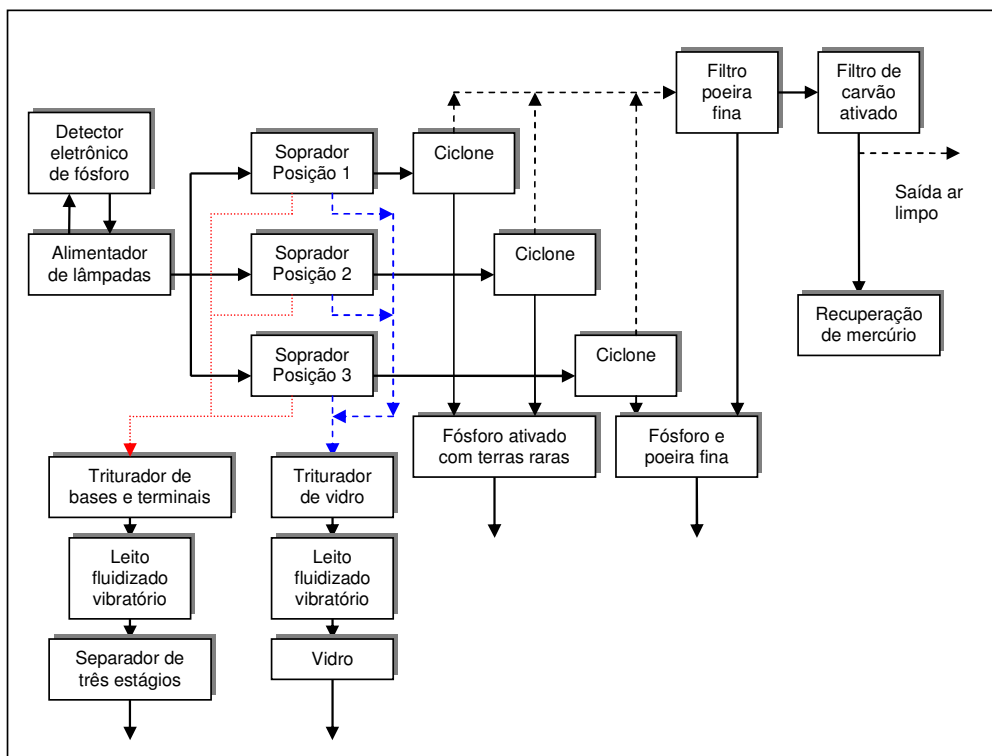
#### 2.7.3.5.5 Tratamento por sopro

O processo de tratamento por sopro é utilizado exclusivamente para lâmpadas fluorescentes tubulares, mantendo a integridade do tubo de vidro durante a separação dos componentes da lâmpada. De acordo com a MRT System AB (2006), o processo consiste em cortar as



duas extremidades contendo as bases de alumínio, que são separadas nesta fase do processo. O tubo de vidro, já sem os soquetes, recebe internamente, um sopro de ar que arrasta e retira de seu interior o pó de fósforo contendo mercúrio. O pó removido pelo sopro é coletado através de ciclones. A purificação da corrente de ar é feita por meio de filtros de poeira com sistema de autolimpeza e filtros de carvão ativado.

O equipamento comercializado pela MRT System processa até 5000 lâmpadas por hora, dependendo do comprimento e diâmetro da lâmpada. Tem flexibilidade para adaptar na saída das bases e terminais, separador de bases de alumínio, metais ferrosos e resíduos de vidro-chumbo. Também permite a separação das variedades de pó de fósforo pela colocação de uma câmera de leitura de cores. Após, o sopro os tubos de vidro são triturados. O processo de tratamento por sopro está ilustrado na Figura 16.



FONTE: Reimer, 1999

FIGURA 16 – EQUIPAMENTO DE TRATAMENTO POR SOPRO PARA LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES UTILIZADO PELA WEREC WERTSTOFF-RECYCLING DA ALEMANHA

### 3 MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa exploratória, de caráter qualitativo, suportada em três ações maiores:

- ação investigativa;
- ação analítica, e
- ação propositiva.

A ação investigativa foi baseada na obtenção de dados primários e secundários, realizada por meio de pesquisa na bibliografia especializada e na rede mundial em “sites” nacionais e internacionais de empresas que realizam a reciclagem e tratamento dos produtos pós-consumo das lâmpadas de mercúrio. Paralelamente à pesquisa bibliográfica, foram realizadas entrevistas não estruturadas e visitas de campo às indústrias fabricantes de lâmpadas e nas empresas localizadas no Estado de São Paulo que fazem a descontaminação dos componentes de lâmpadas de mercúrio pós-consumo.

Com a ação investigativa objetivou-se:

- o levantamento de dados sobre as características técnicas e de uso das lâmpadas de mercúrio (fluorescentes e de descarga à alta pressão);
- a identificação dos principais perigos associados com a composição das lâmpadas de mercúrio;
- as formas atuais de destinação das lâmpadas de mercúrio;
- o estudo das tecnologias existentes para tratamento e reciclagem de lâmpadas de mercúrio dentro e fora do Brasil, e
- o levantamento dos parâmetros legais de regulamentação.

A ação analítica foi direcionada para a análise e discussão dos dados obtidos. Foi realizada uma análise comparativa dos impactos (positivos e negativos) e das conseqüências associadas ao uso e descarte de lâmpadas de mercúrio, considerando:

- a eficiência luminosa, consumo de energia e riscos à saúde ambiental;

- as formas de tratamento e recuperação dos componentes das lâmpadas de mercúrio, seus custos e os riscos, e
- os impactos da ausência de uma legislação nacional regulamentadora para lâmpadas contendo materiais perigosos.

Finalmente, a ação propositiva focada nas principais conclusões do estudo, faz recomendações para o aprimoramento das atuais formas de tratamento dos componentes das lâmpadas de mercúrio.

## **4 A SITUAÇÃO DA DESTINAÇÃO DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL**

No país, uma pequena parcela de lâmpadas usadas nas empresas é reciclada e a outra parte vai para simples disposição final. As lâmpadas do consumidor residencial têm como destino final o sistema público de coleta e disposição de resíduos sólidos urbanos. Pelas estimativas da ABILUX, o Brasil possui, atualmente, um consumo médio anual de quase 100 milhões de lâmpadas fluorescentes. Desse total apenas 6% das lâmpadas descartadas passam por algum processo de reciclagem (TRAMPPO, 2006).

A reciclagem de lâmpadas fluorescentes consiste na separação física dos componentes, isto é, das partes metálicas, pó fluorescente, vidro limpo e mercúrio. O processo de reciclagem de lâmpadas é geralmente realizado em etapas: trituração e separação de materiais, e recuperação térmica ou química do mercúrio.

A descontaminação de lâmpadas se refere à retirada (extração) do mercúrio contido no resíduo, em outras palavras, é a recuperação do mercúrio por via térmica ou química.

É interessante ressaltar que, durante a realização das visitas e entrevistas que baseiam este trabalho, observou-se que as empresas que fazem a destinação das lâmpadas de mercúrio pós-consumo, no país, utilizam nomenclaturas diferentes em seu material de divulgação para descrever suas atividades. A saber: tratamento de lâmpadas contendo mercúrio, descontaminação de lâmpadas especiais, descontaminação química de lâmpadas, descontaminação de lâmpadas inservíveis, transformação de resíduo (de lâmpada) tipo 1 em resíduo tipo 2, descontaminação de lâmpadas queimadas e reciclagem de lâmpadas. Algo similar ocorre em relação ao teor das licenças emitidas pelos órgãos estaduais que usam nomenclaturas diferentes nesses documentos.

## 4.1 EMPRESAS E TECNOLOGIAS ATUAIS PARA TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO NO BRASIL

Atualmente, no Brasil, estão instaladas 8 empresas “recicladoras” que se concentram basicamente nos estados de São Paulo (3), Minas Gerais (2), Santa Catarina (2) e Paraná (1). Essas empresas são relacionadas a seguir:

Apliquim Equipamentos e Produtos Químicos Ltda.

Av. Irene Karcher, 1201 Betel - CEP 13140-000 - Paulínia - SP

Tel: (19) 3884-8140/8141 - [www.apliquim.com.br](http://www.apliquim.com.br)

Brasil Recycle Ltda.

Rua Brasília, 85 - Bairro Tapajós - CEP 89.130-000 - Indaial - SC

Tel: (47) 3333-5055 - [www.brasilrecycle.com.br](http://www.brasilrecycle.com.br)

HG Descontaminação Ltda.

Rua Projetada, 89B - Jardim Canadá - CEP 34.000-000 - Nova Lima - MG

Tel: (31) 3581-8725 - [www.hgmg.com.br](http://www.hgmg.com.br)

Mega Reciclagem de Materiais Ltda.

Rua Ilnah Pacheco Secundino de Oliveira, 261 - CIC - Curitiba - Paraná

Tel: (41) 3268-6030 - [www.megareciclagem.com.br](http://www.megareciclagem.com.br)

Naturalis Brasil Desenvolvimento de Negócios

Rua Manuel Lopes, 85 - Vila Municipal - CEP 13201 190 - Jundiaí - SP

Tel: (11) 4521 5645 - [www.naturalisbrasil.com.br](http://www.naturalisbrasil.com.br)

Recitec - Reciclagem Técnica do Brasil Ltda.

Rua Zico Barbosa, 426 - Distrito Industrial - CEP 33600-000 - Pedro Leopoldo - MG

Tel: (31) 3274.5614 - [www.recitecmg.com.br](http://www.recitecmg.com.br)

Sílex Indústria e Comércio de Produtos Químicos e Minerais Ltda.

Morro da Fumaça - SC

Tel: (51) 3421-3300 - [www.silex.com.br](http://www.silex.com.br)

Tramppo Comércio e Reciclagem de Produtos Industriais Ltda. - ME  
 Avenida Professor Lineu Prestes, 2242 – CIETEC – Cidade Universitária – Butantã -  
 CEP 05508-000 - São Paulo - SP.

Tel: (11) 3039-8382 - [www.tramppo.com.br/socios](http://www.tramppo.com.br/socios)

Um breve relato da operação de cada uma dessas empresas é feito a seguir:

**Formatado:** Alemão  
(Alemanha)

**Código de campo alterado**

**Formatado:** Alemão  
(Alemanha)

**Formatado:** Alemão  
(Alemanha)

#### 4.1.1 Apliquim

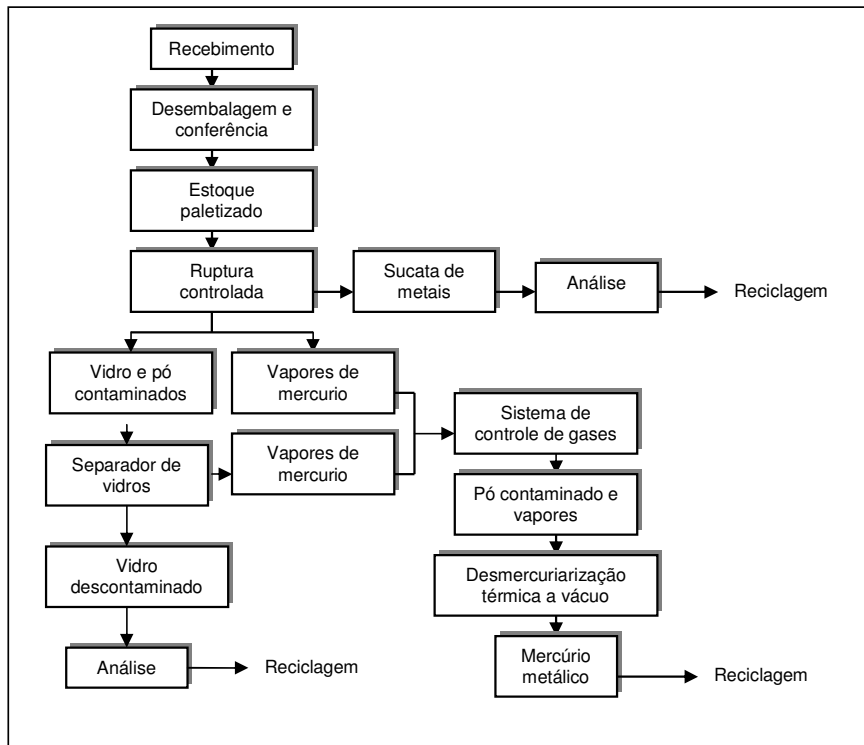
A Apliquim está localizada em Paulínia, interior de São Paulo, e possui instalações para tratamento de resíduos de mercúrio, entre eles, as lâmpadas de mercúrio. No período de 1993 ao final de 2001, a empresa mostra ter recuperado resíduos de mercúrio de 7.500.000 de lâmpadas de mercúrio, dos quais 95% são fluorescentes (APLIQUIM, 2002).

O processo utilizado pela Apliquim consiste em duas unidades independentes, uma de fragmentação (quebra) de lâmpadas e uma de recuperação térmica de mercúrio.

Na unidade de fragmentação as lâmpadas são abastecidas manualmente no alimentador da câmara de ruptura. A lâmpada é esmagada por uma prensa pneumática com lâminas dentadas, e as bases (soquetes metálicos) são separadas durante a quebra e encaminhadas para a área de sucata de metais. Na fase seguinte, os fragmentos de vidro e pó contaminados com mercúrio são separados, e o vidro é recolhido em contêineres (bombonas) de 200 litros. O processo possui sistema de exaustão acoplado a filtros de cartucho para reter o material particulado e a filtros de carvão ativado para controle da emissão de mercúrio. O vidro e o pó contaminados com mercúrio são transferidos para a unidade de recuperação do metal (APLIQUIM, 2002; APLIQUIM, 2006a).

A recuperação de mercúrio contido na poeira de fósforo é por via térmica. Consiste em uma retorta a vácuo, elétrica, que aquece o material durante três ou quatro horas, a temperaturas superiores ao ponto de ebulição do mercúrio (357 °C), mas inferiores a 500 °C. O mercúrio evaporado passa pelo condensador e é coletado em um tanque horizontal. Após o resfriamento da retorta (35 °C), abre-se o equipamento e retira-se o pó descontaminado. O sistema de alimentação da retorta é por meio de grua elétrica. A retorta tem capacidade para recuperar 4200 lâmpadas fragmentadas, em média, por partida.

A Figura 17 ilustra e complementa as descrições do processo utilizado pela Apliquim para tratamento de lâmpadas de mercúrio.



FONTE: Apliquim, 2006a.

FIGURA 17 – PROCESSO DA APLIQUIM PARA DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO E RECUPERAÇÃO TÉRMICA DE MERCÚRIO

Atualmente a empresa conta com um cadastro de mais de 1500 clientes em todo o país e recupera, em média, 150.000 lâmpadas de mercúrio por mês (APLIQUIM, 2006b). A destinação das lâmpadas de mercúrio pós-consumo é paga pelo consumidor final à razão de R\$ 0,70 por lâmpada com taxa decrescente à medida que aumenta a quantidade de lâmpadas. Para quantidades superiores a 15.000 lâmpadas, o valor cai para R\$ 0,50 por lâmpada (ATIYEL, 2001).

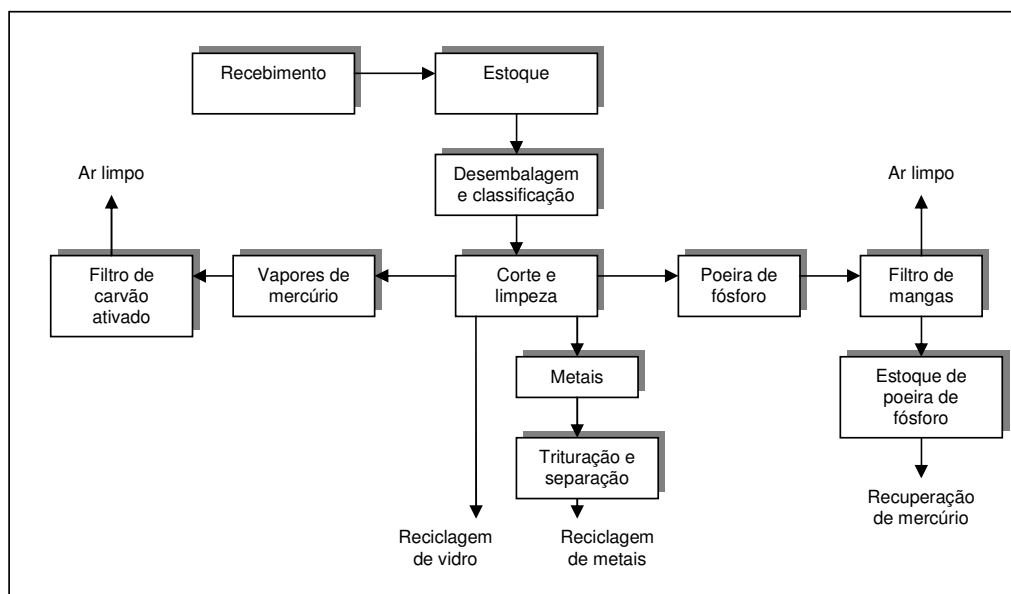
Após a descontaminação dos componentes das lâmpadas, o vidro pode ser utilizado na fabricação de novas lâmpadas ou na produção de esmalte para vitrificação de lajotas cerâmicas; o alumínio pode ser refundido como metal secundário, e o mercúrio recuperado, reutilizado por fabricantes de lâmpadas e outras indústrias (APLIQUIM, 2006a).

Conforme consta em sua “home page” e verificado “in loco” a empresa possui documentação regularizada junto aos órgãos municipais, estaduais e federais, tais como: licença de funcionamento para tratamento de lâmpadas, emitido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) do Estado de São Paulo, licença do

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) órgão do Ministério do Meio Ambiente, Cadastro Técnico Federal de Atividades potencialmente poluidoras e certificação em Sistema de Gestão Ambiental pela norma NBR ISO 14001, entre outros (APLIQUIM, 2006a).

#### 4.1.2 Brasil Recycle

A empresa iniciou suas atividades em 2000 e está localizada no município de Indaial - Santa Catarina. A capacidade atual de suas instalações é de 160.000 lâmpadas fluorescentes por mês. O processo utilizado por ela consiste no corte dos terminais e limpeza interna do tubo de vidro com escova giratória. Durante o corte é aplicado um jato de ar em uma extremidade do tubo e exaustão no lado oposto. Nessa fase, os terminais metálicos são separados do processo e armazenados em bombonas para posterior trituração e separação. Os tubos de vidro após o corte e limpeza, são armazenados ou triturados. As poeiras finas são retidas nos filtros manga e o vapor de mercúrio é adsorvido nos filtros à base de carvão ativado, como pode ser visto na Figura 18. O processo permite a recuperação de vidro e sucata metálica. A poeira de fósforo é armazenada para posterior recuperação do metal. A empresa está na fase final de montagem da unidade de recuperação térmica de mercúrio metálico, com previsão para entrar em operação em 2007 (BRASIL RECICLE, 2007).



FONTE: Brasil Recycle, 2007; Fontana, 2007.

FIGURA 18 – EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA BRASIL RECICLE



O custo unitário para destinação das lâmpadas é de R\$ 0,45 para quantidades mínimas de mil lâmpadas (FONTANA, 2007).

Conforme consta em sua “home page” (arquivos disponíveis) a empresa possui licenças estaduais e federais, tais como: licença de funcionamento para descontaminação de lâmpadas especiais, emitido pela Fundação do Meio Ambiente (FATMA) do Estado de Santa Catarina e Cadastro Técnico Federal de Atividades potencialmente poluidoras, entre outros.

#### **4.1.3 HG Descontaminação**

O Processo para destinação de lâmpadas de mercúrio pós-consumo, utilizado pela HG é químico. A empresa está instalada no município de Nova Lima - Minas Gerais e, de acordo com a HG, o processo permite a reciclagem posterior de seus componentes.

Na “home page” da HG não consta se a mesma possui ou não licença junto aos órgãos municipais, estaduais e federais para a atividade desenvolvida. Através de contato por telefone e por correio eletrônico, foram feitas tentativas de obter informações adicionais, mas não houve retorno.

O valor cobrado pela HG para destinação de cada lâmpada é de R\$ 0,50 (OSADA, 2006).

Segundo Lacerda (2004), em Minas Gerais existem pelo menos outras duas empresas que oferecem serviços de reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio. Uma dessas empresas utiliza o Processo Via Seca (RECITEC – Reciclagem Técnica do Brasil Ltda.) e, a outra, o Processo Via Úmida (HG – Descontaminação de lâmpadas Industriais).

O estudo de Lacerda teve como foco um processo de reciclagem de lâmpadas fluorescentes tubulares utilizando o método Via Úmida, cujas atividades de pesquisa de campo foram desenvolvidas em uma planta desse tipo, localizada no Estado de Minas Gerais. O processo de reciclagem Via Úmida, consiste na moagem inicial das lâmpadas, seguida de peneiramento e lavagem dos fragmentos. Este processo gera lodo contaminado com mercúrio que é disposto em aterro classe 1. A água residual do processo de lavagem é tratada em operações subseqüentes com sulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), bissulfito de sódio ( $\text{NaHSO}_3$ ) ou produtos equivalentes, filtrada e retorna ao processo (LACERDA, 2004).

O tratamento químico com sulfitos visa oxidar o mercúrio e transformá-lo em sulfeto de mercúrio que é considerado insolúvel em água (RAPOSO, 2001 apud LACERDA, 2004).

#### 4.1.4 Mega Reciclagem

A Mega Reciclagem situada em Curitiba – Paraná iniciou suas atividades de descontaminação de lâmpadas de mercúrio em 1998. A empresa faz a descontaminação de lâmpadas fluorescentes, de vapor de Mercúrio, de vapor de sódio e de luz mista, separando os subprodutos para serem reutilizados em processos de manufatura industrial (MEGA RECICLAGEM, 2006).

Na “home page” da Mega Reciclagem não consta se a mesma possui licença (arquivo não disponível) junto aos órgãos municipais, estaduais e federais para a atividade desenvolvida. Através de contato por telefone e por correio eletrônico, foram feitas tentativas de conseguir dados adicionais, mas a empresa alega que as informações são sigilosas e que o material para pesquisa está disponível na internet. Cabe frisar, que o referido material praticamente não tem significado para fins de pesquisa.

A empresa recicla cerca de 120.000 lâmpadas fluorescentes por mês. O custo por lâmpada reciclada oscila entre R\$ 0,45 e R\$ 0,58 (ATIYEL, 2001; OSADA, 2006).

As lâmpadas são quebradas em meio líquido e os materiais contendo mercúrio são separados do vidro e dos metais com a adição de reagentes químicos. O processo é denominado via úmida e os subprodutos gerados por ele são encaminhados para empresas de reciclagem (ZANICHELI et al., 2004). A figura 19 é uma imagem do equipamento de descontaminação de lâmpadas.



FONTE: Zanicheli et al., 2004.

FIGURA 19 – EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA MEGA RECICLAGEM

#### 4.1.5 Naturalis Brasil

A Naturalis Brasil localizada em Jundiaí – São Paulo utiliza o sistema “*Bulb eater*”, ou máquina Papa-lâmpadas. O equipamento é uma unidade móvel, com um triturador montado sobre um tambor metálico de 200 litros. Tem capacidade para fragmentar aproximadamente 900 lâmpadas tubulares e possui três sistemas de filtragem: um para a poeira de fósforo, um para as micro partículas de vidro e outro para a retenção do mercúrio. A lâmpada fluorescente é introduzida em um tubo alimentador e quebrada pela hélice posicionada sob a base (tampa do tambor) do equipamento. Os fragmentos de vidro e metais caem no fundo do tambor e as poeiras finas (fósforo e micro-partículas de vidro) e o vapor de mercúrio, são direcionadas por um sistema de insuflação /exaustão de ar para dois filtros de celulose. As poeiras são retidas nesses filtros e o vapor de mercúrio é adsorvido nos filtros à base de carvão ativado. O filtro de celulose primário é substituído juntamente com o tambor cheio e o secundário, a cada dez tambores cheios. O filtro de carvão ativado é trocado a cada 500.000 lâmpadas ou a cada dois anos, o que ocorrer primeiro (NATURALIS BRASIL, 2006).

O equipamento denominado “operação papa-lâmpadas” da Naturalis Brasil pode ser visto na Figura 20.



FONTE: Air Cycle, 2006

FIGURA 20 – SISTEMA “BULB EATER” PARA MOAGEM DE LÂMPADAS DA NATURALIS BRASIL

As lâmpadas são tratadas na própria empresa geradora do resíduo (consumidor final) a um custo de R\$ 0,60 por lâmpada. Os resíduos são transportados para a Naturalis Brasil, onde são separados (vidro e alumínio) e comercializados para empresas que reciclam esses

materiais. Os filtros de carvão ativado contendo mercúrio são destinados para aterro de resíduos perigosos no município de Tremembé – São Paulo. Atualmente, a empresa faz a destinação de aproximadamente 38.000 lâmpadas fluorescentes por mês (NATURALIS BRASIL, 2006).

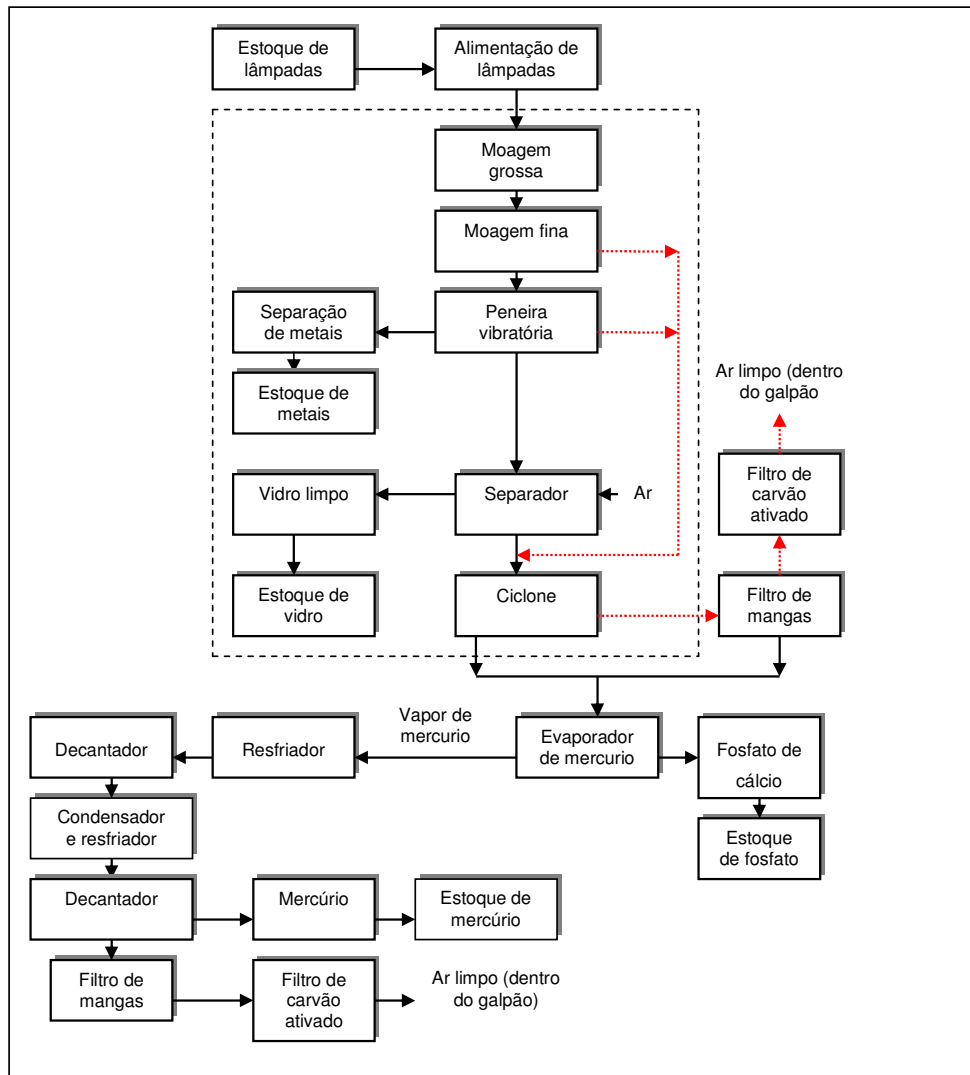
Na “home page” da Naturalis Brasil consta que a CETESB concedeu-lhe dispensa de licença (arquivo disponível por solicitação) para manuseio e descarte "in company" de lâmpadas e transporte dos resíduos gerados (NATURALIS BRASIL, 2006a).

#### **4.1.6 Recitec**

A Recitec iniciou suas atividades em 2002, está instalada no município de Pedro Leopoldo - Minas Gerais, a 40 km de Belo Horizonte, e tem capacidade para reciclar 200.000 lâmpadas por mês a um custo unitário de R\$ 0,75. A empresa não exige uma quantidade mínima de lâmpadas para reciclar e conta com sistema de transporte próprio, com capacidade para coletar 17.000 lâmpadas, específico para este tipo de resíduo (RECITEC, 2006a).

De acordo com a Recitec (2006a), o processo de reciclagem utilizado pela empresa é por via seca, fechado e opera à pressão negativa. As lâmpadas são alimentadas na correia transportadora que abastece o moinho onde são quebradas. O material passa pelo moinho de rolo para redução do tamanho dos fragmentos de vidro, que por sua vez caem em uma peneira vibratória para a separação de componentes metálicos. O vidro moído e a poeira de fósforo contendo mercúrio seguem pela esteira transportadora até um separador, que é formado por um tubo rotativo inclinado, com várias aletas que fazem o material girar no sentido de baixo para cima, soltando-o na parte de cima e deixando-o cair. Uma corrente de ar no contra fluxo do vidro moído, retira o pó fluorescente do separador e o direciona para o aero-ciclone. O pó fluorescente contendo mercúrio é recolhido no ciclone e o ar que sai, passa por filtros de mangas e filtros de carvão ativado (RECITEC, 2006a).

A Figura 21 complementa a descrição do processo e apresenta, de forma ilustrativa, as etapas de fragmentação e recuperação de mercúrio.



FONTE: Recitec, 2006a.

FIGURA 21 – EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA RECITEC

O pó fluorescente contendo mercúrio recolhido no ciclone e nos filtros é alimentado no forno a uma temperatura de 520 °C, sob vácuo, para recuperação do mercúrio. No forno o mercúrio é evaporado e, por sistema a vácuo, é transferido para o resfriador, onde é condensado e decantado. O mercúrio recuperado é armazenado em tambores revestidos internamente com vidro e comercializado.

Os produtos resultantes do tratamento de mercúrio são comercializados para a reciclagem e aplicações em indústrias. O vidro é reciclado na indústria de vidro plano; o alumínio é utilizado na fabricação de cabeçotes de motores; os metais ferrosos são fundidos como

sucata ferrosa; o mercúrio é utilizado na fabricação de novas lâmpadas ou de termômetros e a poeira residual na forma de fosfato de cálcio é utilizada como neutralizador de substâncias ácidas em aterros controlados (RECITEC, 2006a).

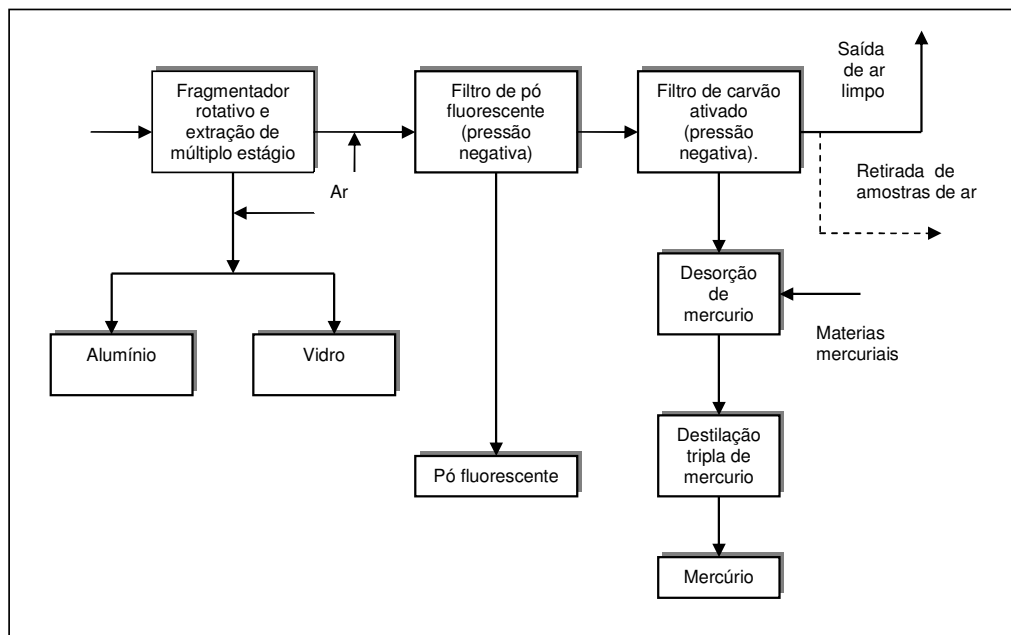
Na “home page” da Recitec consta que a empresa tem licença (arquivo não disponível) da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) para reciclagem de lâmpadas (RECITEC, 2006).

#### **4.1.7 Sílex**

A Sílex opera em Santa Catarina, com sede no município Morro da Fumaça. Seus equipamentos foram dimensionados para reciclar lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas, lâmpadas a vapor de mercúrio e/ou de sódio e lâmpadas incandescentes tradicionais. A capacidade operacional do equipamento foi estimada para 720 lâmpadas fluorescentes de média potência (40W) por hora ou 144.000 lâmpadas / mês, considerando a produção efetiva de seus equipamentos. Para lâmpadas tipo HO e de descarga HID, a capacidade produtiva média é reduzida entre 30 e 50% (SÍLEX, 2006).

A empresa opera com sistema integrado de transporte, reciclagem e processamento, isto é, um equipamento móvel e compacto que ocupa área aproximada de 10 m<sup>2</sup>, o que permite sua instalação em um contêiner de 4,5 m de comprimento por 2,1 m de largura. O equipamento móvel fragmenta as lâmpadas, separa seus componentes e recupera o mercúrio por destilação. Na fragmentação, as lâmpadas são colocadas no alimentador do fragmentador que opera à pressão negativa, onde são rompidas. Nessa fase, o vidro e o alumínio são pré-moídos, separados dos demais componentes e descarregados em “big bag”. O sistema é operado à pressão negativa e faz a sucção do pó fluorescente e do mercúrio para as próximas fases do processo. O fragmentador opera por ciclo reverso controlado por tempo de inicialização e após o término da fragmentação e separação de componentes, retorna automaticamente à posição reversa. Quando se trata de lâmpada fluorescente compacta, o reator é removido previamente à alimentação no fragmentador. O filtro para separação do pó fluorescente opera com pressão negativa controlada, e o sistema de limpeza do pó é automático. Após a separação, o sistema de sucção faz com que o mercúrio passe por filtros de carvão ativado onde é adsorvido. O mercúrio é extraído das matrizes dos filtros por aquecimento em um reator elétrico de desorção seguido de destilação tripla. O custo da reciclagem oscila entre R\$ 0,55 e R\$ 0,60 por lâmpada (SÍLEX, 2006).

Como pode ser visto a Figura 22 ilustra o processo compacto, móvel, utilizado pela Sílex.



FONTES: Sílex, 2006.

FIGURA 22 - EQUIPAMENTO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS DA SÍLEX

Na “home page” da Sílex não consta se a empresa tem licença (arquivo não disponível) junto aos órgãos municipais, estaduais e federais para a reciclagem de lâmpadas, tais como a Fundação do Meio Ambiente do Estadual de Santa Catarina (FATMA) para reciclagem de lâmpadas.

A empresa comercializa todos os materiais que resultam da reciclagem: vidro, alumínio, pó fluorescente, mercúrio metálico e plástico (em raros casos).

#### 4.1.8 Tramppo

A Tramppo é uma empresa que em 2003 incubou-se no Centro Incubador de Empresas Tecnológicas (CIETEC) da Universidade de São Paulo (USP), obtendo financiamento em 2004 pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) para desenvolver o equipamento de reciclagem de lâmpadas e, em 2005, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), desenvolveu um sistema que recupera os componentes das lâmpadas fluorescentes tubulares. O equipamento possui

tecnologia similar à existente na Suécia, conhecida como tratamento por sopro, mas foi desenvolvido integralmente pela própria empresa e patentado em 2005 (TRAMPPPO, 2006).

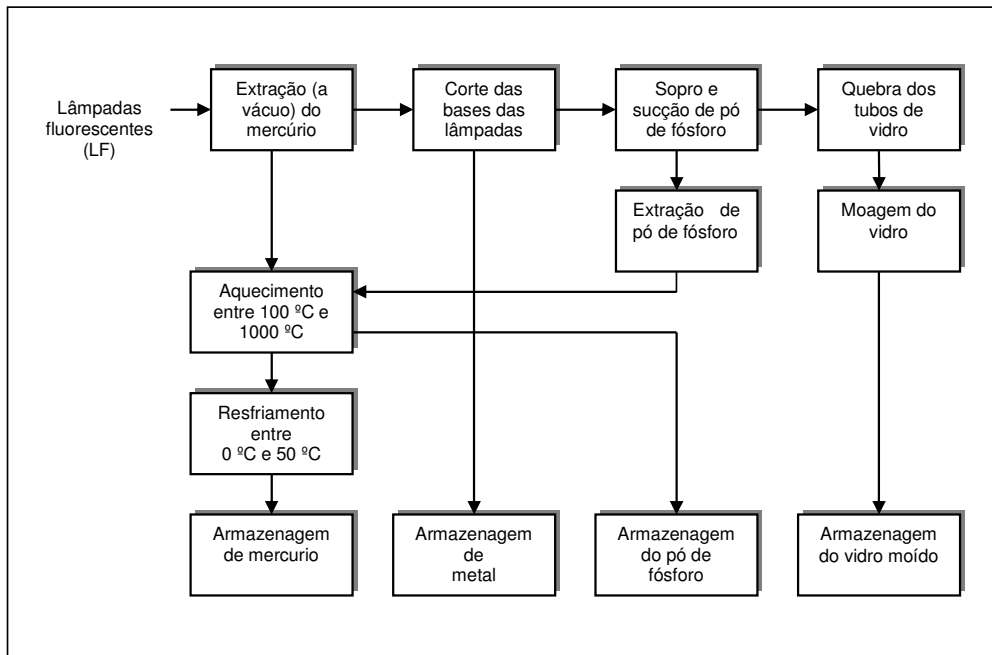
O equipamento tem capacidade para reciclar 120.000 lâmpadas por mês, mas está na fase final de montagem com previsão para entrar em operação em 2007. O equipamento de sopro é totalmente automatizado, computadorizado e com monitoramento automático para detecção de mercúrio. O processo completo é composto por três fases: sopro, trituração do vidro tubular e sublimação de mercúrio. As lâmpadas tubulares são alimentadas automaticamente no equipamento, que faz o corte de terminais, separando-os do processo. Um sistema de sopro e sucção retira do tubo o pó de fósforo contendo mercúrio, separando-o do tubo de vidro limpo. Após o sopro, o tubo de vidro limpo que sai do processo é fragmentado em um sistema móvel de trituração (similar à operação papa-lâmpadas) e o vidro recolhido em tambores. A poeira de fósforo contendo mercúrio é aquecida a temperatura superior a 100 °C, mas inferior a 1000 °C, ocorrendo à separação desses materiais. Com o aquecimento, o mercúrio sublima, e é resfriado para condensação e recuperação.

Segundo a Tramppo (2006), a grande dificuldade na reciclagem de lâmpadas é o custo da logística e, em suas atividades comerciais, aplica o processo da logística reversa, por meio da qual, a empresa vende lâmpadas novas (da marca GE) para o cliente a preço de custo (R\$ 4,00 a unidade) e recolhe as usadas para reciclagem. A empresa não exige uma quantidade mínima de lâmpadas para reciclar, e aceita a partir de uma única lâmpada, mas neste caso o cliente tem que entregar a lâmpada na Tramppo. O custo de cada lâmpada reciclada é pago pelo consumidor final à razão de R\$ 0,50 por lâmpada.

Na “home page” da Tramppo não consta se a empresa tem licença (arquivo não disponível) junto aos órgãos municipais, estaduais (CETESB) e federais para a atividade de reciclagem de lâmpadas.

A figura 23 esquematiza o processo da Tramppo.





FONTE: Tramppo, 2006a.

FIGURA 23 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DA TRAMPPO PARA DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES E RECUPERAÇÃO TÉRMICA DO MERCÚRIO

## 4.2 CUSTOS DA RECICLAGEM DE LÂMPADAS NO BRASIL

Como se pode levantar, no mundo todo, o valor econômico para os componentes das lâmpadas recicladas é insignificante, por isso, o gerador do resíduo ou o governo pagam pela reciclagem. Em síntese, o valor do produto reciclado representa menos que 1% da energia elétrica economizada quando se utiliza este tipo de lâmpada em substituição ao uso de lâmpadas que não contêm mercúrio. A NEMA (2005) confirma este dado.

No Brasil, o ônus da reciclagem de lâmpadas tem sido de responsabilidade do gerador de resíduo, isto é, a empresa como consumidor final. O custo pela reciclagem de lâmpadas de mercúrio (Tabela 8) varia entre R\$ 0,45 e R\$ 0,75 pelo tratamento da lâmpada inteira, ou de R\$ 2,56 a R\$ 4,00 por quilo de lâmpadas quebradas. Deve ser somado a esses valores, o custo do transporte, que também oscila muito, sendo que há empresas que não cobram o frete, outras o cobram de acordo com a distância até o cliente, ou o custo do transporte pode ficar sob a responsabilidade direta da Contratante. Via de regra, as empresas de

reciclagem afirmam que não exigem quantidade mínima para reciclar, mas os custos para pequenas quantidades são muito elevados, fazendo com que a geradora do resíduo armazene provisoriamente as lâmpadas usadas, e acumule certa quantidade, tendo um custo economicamente menos oneroso. O pequeno gerador incluindo o consumidor final residencial enfrenta dificuldades relacionadas aos custos para reciclar pequenas quantidades, por outro lado, não há centros de coleta para estes resíduos.

TABELA 8 – DADOS COMPARATIVOS DOS PROCESSOS E CUSTOS DE RECICLAGEM NO BRASIL

Empresa	UF	Processo	Capacidade lâmpadas / mês	Custo em R\$ (sem transporte)	
				lâmpada	kg
Apliquim	SP	Fragmentação seca + recuperação térmica de Hg	400.000	0,70	-
Brasil Recicle	SC	Corte de terminais + separação de componentes	160.000	0,45	2,56
HG Descontaminação	MG	Trituração e separação química		0,50	-
Mega Reciclagem	PR	Trituração e separação química	150.000	0,45 a 0,58	2,95
Naturalis	SP	Trituração no próprio cliente e disposição dos filtros contaminados em aterro de resíduos Classe 1	38.000	0,60	-
Recitec	MG	Fragmentação seca + recuperação térmica de Hg	200.000	0,75	4,00
Sílex	SC	Fragmentação seca + recuperação térmica Hg, no próprio cliente	144.000	0,55 a 0,60	3,60 a 3,70
Tramppo	SP	Sopro + recuperação térmica Hg	120.000	0,50	-

FONTE: Entrevistas com recicladoras de lâmpadas e profissionais de indústrias

#### 4.3 IMPACTO DOS PROCESSOS DE DESTINAÇÃO DE LÂMPADAS NAS EMISSÕES ANTRÓPICAS DE MERCÚRIO

De acordo com Olivares (2003), que estudou as diversas fontes de emissões antrópicas de mercúrio para a atmosfera, na região de Paulínia, tais como: quebra de lâmpadas elétricas, laboratórios, depósitos de resíduos sólidos (aterro sanitário), fontes móveis (veículos), queimadas agrícolas, combustão de óleo / gás, incineração de resíduos hospitalares, indústria de eletro-eletrônicos, reciclagem de resíduos com mercúrio e lâmpadas fluorescentes e refinarias, do total de 147 kg/ano de emissões antrópicas de mercúrio na localidade, as emissões decorrentes do processo de reciclagem de resíduos com mercúrio e lâmpadas fluorescentes contribuíram nesse inventário com 17%, ficando atrás da queima de combustível fóssil e do aterro sanitário, cujas estimativas de emissões foram 32,39% e 47,71%, respectivamente. Na estimativa das emissões antrópicas de mercúrio para a

atmosfera na reciclagem de resíduos com mercúrio e lâmpadas fluorescentes, foi utilizado o fator para emissões antrópicas de mercúrio proposto pela EPA dos EUA, que considera que apenas 1% do mercúrio que entra no processo de reciclagem é emitido para a atmosfera. A partir da quantidade de mercúrio recuperado por ano por uma empresa de reciclagem situada nessa região, estimou-se que as emissões desse processo equivalem a 25 kg de mercúrio por ano.

Em contato pessoal com a empresa de tratamento de resíduos de mercúrio e lâmpadas contendo mercúrio, localizada em Paulínia, foi informado que, atualmente, a mesma recupera aproximadamente 200 kg de mercúrio por ano, dos quais 27 kg por ano são provenientes das lâmpadas fluorescentes. Utilizando o mesmo critério de Olivares (como já citado acima), isto é, que no processo de reciclagem 1% do mercúrio é emitido para a atmosfera, à estimativa de emissões para a empresa no tocante à recuperação de mercúrio é de 2,0 kg por ano, dos quais, teoricamente 0,27 kg correspondem às lâmpadas de mercúrio.

Segundo a NEMA (2005) diversos estudos indicam que as emissões de mercúrio para a atmosfera, provenientes de um equipamento e instalação de reciclagem bem gerenciada, é muito pequeno, variando entre 0,2 e 0,4%, abaixo, portanto da estimativa de Olivares.

A título de comparação as emissões anuais globais de mercúrio provenientes de fontes naturais e manufaturadas alcançam níveis de 7.000 toneladas. (USEPA apud NEMA, 2005).

#### 4.4 A RECICLAGEM FRENTE AO CONSUMO DE LÂMPADAS

Conforme apontado por NEMA (2005) em capítulo anterior, em 2003, nos EUA, foram consumidas 650 milhões de lâmpadas de mercúrio, das quais foram recicladas 156 milhões de lâmpadas. Na Europa, o consumo de lâmpadas de mercúrio alcançou o patamar de 850 milhões, das quais 600 milhões eram fluorescentes (REIMER, 1999). A Europa, como um todo, recicla 50% de suas lâmpadas, porém, há uma grande oscilação entre os países europeus. Por exemplo, o Reino Unido recicla apenas 5%, em contrapartida, os países escandinavos, reciclam 80% (LAMPCARE, 2006).

No Brasil são consumidas, por ano, aproximadamente 100 milhões de lâmpadas fluorescentes, sendo que a maioria (94%) não passa por processo de reciclagem.

A despeito da reciclagem de lâmpadas de mercúrio ser uma tendência mundial, o Brasil, embora em fase embrionária, tende a acompanhar e aumentar a reciclagem de lâmpadas nos próximos anos (LICCO, 2000a).

Tomando como base a década passada, em que a reciclagem no Brasil contava com uma única empresa instalada, e que, atualmente, há 08 recicladoras no país, a reciclagem de lâmpadas mostra um crescimento rápido.

Um aspecto extremamente positivo da destinação de lâmpadas de mercúrio em unidades recicladoras é a possibilidade de contenção, em um único local, de todo o mercúrio que seria disperso pelo ambiente caso as lâmpadas fossem destinadas aleatoriamente.

#### 4.5 AÇÃO DOS ÓRGÃOS DE FISCALIZAÇÃO

No Brasil existem diversos órgãos no âmbito Federal, Estadual e Municipal com atribuições para fiscalizar e exigir o cumprimento dos requisitos legais, garantindo assim, um rigor no controle de riscos decorrentes de atividades industriais com substâncias de elevada toxicidade. Isso pode ser mais bem ilustrado com o fato da interdição, pelo Ministério do Trabalho e Emprego, ocorrida em 2004, de uma empresa de reciclagem de lâmpadas, cujos índices indicavam contaminação dos trabalhadores e do meio ambiente. Diversos órgãos em defesa dos trabalhadores participaram da audiência, que resultou no Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta emitido para a empresa, tais como: Procuradoria Regional do Trabalho de Campinas, Sindicato Químicos Unificados, Agência Ambiental de Paulínia, Vigilância Sanitária de Paulínia, Centro de Referência em Saúde do Trabalhador da Prefeitura de Campinas, Serviço de Saúde da Divisão de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo, Vigilância Sanitária da DIR - Divisão Regional de Saúde XII e Associação de Combate aos Poluentes Orgânicos Persistentes. No Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta foram exigidas diversas medidas para o controle de emissões de mercúrio.

Entretanto, mais de uma década transcorreu a partir do início das atividades da empresa interdita para que uma ação de fiscalização eficaz fosse tomada. No que se refere à legislação do Ministério do Trabalho e Emprego, está previsto na Norma Regulamentadora NR-2 que, antes de iniciar suas atividades, todo estabelecimento novo, deverá solicitar ao Ministério do Trabalho e Emprego, à aprovação de suas instalações (BRASIL, 2006c). Como a NR-2 vige a partir de 8 de junho de 1978, deve ser aplicada a qualquer nova instalação ou ampliação de instalação posterior à data da regulamentação.

Após a solicitação da empresa, o Ministério do Trabalho e Emprego deve proceder à fiscalização do local e emitir o Certificado de Aprovação das Instalações. É a oportunidade propícia para que os diversos órgãos façam à análise do projeto e proponham as adequações pertinentes, trabalhando-se na prevenção desde o início.

#### 4.6 FALTA DE NOMENCLATURA NA CONCESSÃO DE LICENÇAS

Foi observado que as empresas que fazem a destinação das lâmpadas de mercúrio pós-consumo, no país, utilizam nomenclaturas diferentes para atividades similares, o que pode decorrer da falta de legislação específica com as definições pertinentes. Um outro aspecto é a nomenclatura utilizada na licença emitida pelo órgão responsável, que varia nos estados brasileiros. Como apenas duas empresas mantêm disponíveis em sua “home page” os arquivos das licenças, uma em São Paulo e outra em Santa Catarina, não foi possível ter um panorama sobre a nomenclatura usada em Minas Gerais e no Paraná. Todavia é possível concluir pela ausência de um instrumento normativo que ordene e descreva a atividade.

A padronização de termos ao conceder a licença pelo órgão ambiental, pode ser muito útil para identificar o processo que a empresa utiliza e os requisitos que devem ser atendidos em cada tipo de atividade, visando a prevenção e minimização de impactos ambientais negativos originados na reciclagem de lâmpadas.

#### 4.7 AUSÊNCIA DE REGULAMENTAÇÃO ESPECÍFICA PARA A DESTINAÇÃO FINAL DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

Alguns estados como São Paulo e Rio Grande do Sul já possuem legislação específica que trata da destinação final das lâmpadas fluorescentes. Até o momento, a mais completa é a do Município de Americana, que engloba todos os tipos de lâmpadas de mercúrio, proíbe a queima e a disposição inadequada e especifica a quem cabe a responsabilidade de dar destinação ambientalmente correta aos resíduos das lâmpadas de mercúrio.

A disposição final inadequada de resíduos de lâmpadas de mercúrio é o resultado da falta de legislação específica e de políticas governamentais ambientalmente corretas e sustentáveis, em todos os níveis governamentais: Federal, Estadual e Municipal. A legislação do Município de Americana é um modelo a ser seguido, copiado e aprimorado.

No Brasil, as empresas que optam pela reciclagem são motivadas por objetivos, tais como: para atender à certificação ambiental da ISO 14.000, exigência corporativa para implementar efetivamente uma política interna de meio ambiente e que inclua a redução do volume ou quantidade de resíduos sólidos, divulgarem uma imagem pró-ativa da empresa, atender às exigências de clientes, ou, para atender à legislação específica (quando existente), entre outros. Não se constatou incentivos fiscais para o gerador destes resíduos que opta pela reciclagem e, do mesmo modo ocorre em relação às empresas de reciclagem.

É importante lembrar que existem requisitos legais para o transporte de lâmpadas de mercúrio pós-consumo, como resíduo perigoso. Entretanto, o transporte da lâmpada sem uso, não requer atender critérios de um produto que tem um componente considerado perigoso. Isso se justifica se for considerado que é improvável o descarte de uma carga de lâmpadas sem uso, mas o risco de um acidente ambiental não deve ser desconsiderado.

## 4.8 INADEQUAÇÕES NOS PROCESSOS DE RECICLAGEM DE LÂMPADAS DE MERCÚRIO

### 4.8.1 Trituração sem separação de componentes

Neste tipo de processo usado para reduzir o volume ou a quantidade de resíduos de lâmpadas, dentro da própria indústria geradora, observou-se vários pontos vulneráveis de emissões de mercúrio que são relacionados a seguir:

- a boca de alimentação de lâmpadas na câmara de ruptura é um ponto vulnerável em potencial. Em diversos pontos do piso sob o triturador havia material particulado depositado (poeira das lâmpadas fragmentadas);
- a montagem e ajuste do saco plástico interno no tambor (receptor de material triturado) e que faz a junção com o triturador;
- na retirada do saco coletor de material fragmentado do triturador, e
- a selagem do filtro de carvão ativado no fragmentador. Neste ponto foi verificado material particulado (poeira fina) ao redor do filtro, devido à borracha de vedação enrijecida.

As operações acima descritas são fontes de emissões de material particulado contendo mercúrio e podem contaminar o meio ambiente. Estas inadequações podem e devem ser evitadas com medidas preventivas, tais como procedimentos operacionais detalhados sobre o modo operatório, e de manutenção periódica de todas as partes do triturador, substituindo peças danificadas. Além disso, materiais particulados requerem ser coletados por sucção acoplados a sistema de controle de poluição com filtros de carvão ativado.

#### **4.8.2 Trituração seca com recuperação de mercúrio via térmica**

O tipo de processo visitado consiste de duas unidades: uma de fragmentação e uma de recuperação térmica de mercúrio, e encontra-se instalado em uma empresa de reciclagem de lâmpadas de mercúrio situada no interior do Estado de São Paulo. A visita ocorreu em 2002, e apesar das restrições feitas pela empresa, observou-se vários pontos de emissões de material particulado contaminado com mercúrio, relacionados a seguir:

- a alimentação manual de lâmpadas no fragmentador é um ponto vulnerável para emissões de particulados;
- a selagem das bombonas (contêineres) no fragmentador (para vidro triturado, pó e bases metálicas);
- a retirada das bombonas do fragmentador para acondicionamento na área de estoque;
- no piso da área de estoque de bombonas havia resquícios de vidro fragmentado e pó, contendo poeira depositada proveniente da movimentação de bombonas com material fragmentado;
- a retirada do filtro de carvão ativado do fragmentador para recuperação do mercúrio;
- os pontos de emissão potencial da retorta incluem as áreas de manipulação para alimentação de resíduos e recuperação de mercúrio e a abertura do tanque com mercúrio recuperado quando completa o volume previsto, e
- o piso da área de estoque temporário é de concreto monolítico, mas é poroso. A empresa adota a sistemática de aspiração de pó, porém sem a neutralização química do piso contaminado para evitar que o mercúrio elementar se infiltre pelo piso poroso.

Como já dito em capítulos anteriores, o mercúrio na forma de vapor ou contido no material particulado pode contaminar o meio ambiente, se não forem implementadas medidas preventivas para evitar tais impactos. Sugere-se o enclausuramento do fragmentador em uma câmara de contenção com pressão positiva e sistema de controle de poluição, dimensionado para alimentar as lâmpadas e retirar o material fragmentado, do lado externo. Aqui se ressalta que, estas medidas não excluem o sistema de exaustão acoplado a filtros de cartucho para reter o material particulado e a filtros de carvão ativado para controle da emissão de mercúrio, conforme observado no fluxograma do processo atualmente disponível na “home page” da empresa.

Todas as possíveis fontes de emissões devem ser enclausuradas, tanto na unidade de fragmentação como na de retortagem. Sistemas de vedação efetiva de equipamentos fixos com partes móveis, tais como bombonas e contêineres de alimentação ou de descarga, fazem parte destas considerações, acoplando-se as bocas de abertura a equipamentos de controle de poluição com filtros de carvão ativado.

No tocante ao piso contaminado e para evitar que o mercúrio se infiltre pelo piso, além da técnica de coletar a poeira por sucção, a utilização de produtos químicos, como aqueles descritos na separação de mercúrio por lixiviação ácida, oxidando o mercúrio elementar com hipoclorito de sódio e a seguir, transformando-o em um composto insolúvel pela adição de sulfetos. D’Almeida e Sena (2000) indicam que, para a limpeza do piso deve ser aplicada uma fina camada de hipoclorito de sódio e após secagem, aplicar uma diluição de sulfeto de sódio.

Sugere-se também, um sistema de detecção contínua de mercúrio, configurado para identificar valores menores que  $0,02 \text{ mg/m}^3$  (nível de ação ocupacional para o mercúrio estabelecido pelo Ministério do Trabalho e Emprego - MTE), visando certificar-se que as emissões são mantidas dentro dos padrões legais do país.

#### **4.8.3 Processo químico**

Existem pelo menos duas empresas, no país, que utilizam o processo químico para tratamento dos resíduos de todos os componentes das lâmpadas de mercúrio ou apenas do pó fluorescente. As empresas que usam o processo químico para descontaminação de lâmpadas são resistentes para fornecer informações adicionais àquelas contidas em sua “home page” e que por sua vez são superficiais. Os comentários aqui contidos sobre



inadequações do processo químico são resultado da análise dos métodos descritos na literatura comparados com outros processos pesquisados em campo.

- a abertura do filtro prensa para limpeza e a operação de acondicionamento dos filtros de papel contendo o lodo contaminado em contêineres plásticos com tampa, são os pontos potenciais para contaminação com mercúrio no tratamento por via química;
- o lodo resultante requer tratamento adicional (por exemplo, retortagem) para recuperação de mercúrio, e
- no processo químico, os efluentes líquidos podem conter pequenas quantidades de mercúrio.

Entre as alternativas disponíveis para o lodo contaminado, a que se mostrou mais adequada sob a ótica de prevenção ambiental é a recuperação térmica do mercúrio, tendo em vista que após esse processo, o mercúrio pode retornar à cadeia produtiva. Conforme apontado por Lacerda (2004), a destilação do lodo contaminado apresentou uma redução de 51% a 60% no teor do mercúrio nele contido.

A disposição do lodo resultante em aterros para resíduos sólidos classe 1, não assegura que o mercúrio seja contido totalmente e que não ocorra a contaminação do solo e da água. O lodo pode ser encapsulado previamente à disposição final em aterros, visando minimizar a mobilidade de seus componentes tóxicos. Lacerda (2004) compartilha deste ponto de vista e sugere a solidificação / estabilização em cimento Portland antes da disposição final em aterros classe 1. Contudo, esta técnica apresenta o inconveniente do aumento de volume e peso do resíduo a ser disposto.

No que se refere aos efluentes líquidos, a água é reutilizada no processo, sendo esta uma técnica correta. Todavia, cabe ressaltar que previamente ao descarte dos efluentes líquidos, deve ser feita análise da concentração de mercúrio e, se necessário, fazer as correções pertinentes.

No processo químico, o fato de não gerar material particulado seco não deve ser entendido como ausência de fontes de contaminação. Como já dito, o lodo resultante é um resíduo que contém compostos de mercúrio e, portanto, a abertura do filtro prensa para limpeza e a operação de acondicionamento dos filtros de papel e o lodo contaminado em contêineres plásticos, requerem cuidados especiais associados às boas práticas operacionais.

## 5 CONCLUSÕES

Um dos primeiros pontos que se pode concluir deste estudo é que, a reciclagem das lâmpadas de mercúrio inservíveis pode trazer vários benefícios sociais, ambientais e econômicos, destacando-se:

- a eliminação do mercúrio do resíduo sólido, evitando que o mesmo seja liberado para o meio ambiente;
- a geração de novos negócios pela reutilização dos materiais reciclados (vidro, alumínio, pó de fósforo e, inclusive, mercúrio), de empregos diretos e indiretos e de ativos;
- a redução da quantidade de matérias-primas retiradas da natureza e de resíduo a ser disposto como lixo, e
- a diminuição de impactos ambientais, quando comparada ao descarte de lâmpadas sem nenhum tipo de tratamento e que pode contaminar o solo, a água e o ar.

Estas conclusões mostram uma boa aderência da atividade para com o conceito da *triple bottom line* ou *People, Planet and Profit*, usado para descrever as 3 linhas de base e o objetivo da sustentabilidade.

Há, contudo, pontos que ainda não estão suficientemente ajustados e que impõem algum risco à atividade. Dentre eles destacam-se aqueles ligados à legislação (ainda incipiente), à tecnologia (não totalmente desenvolvida), aos custos dos serviços e a uma sociedade despreparada para a correta destinação de seus resíduos.

Uma constatação feita neste estudo é que, há apenas empresas recicladoras nos estados de Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Isto torna, para a maioria dos estados do país, um processo com custo elevado, principalmente devido ao frete pelo transporte. Outra dificuldade a ser enfrentada é a necessidade de obedecer à legislação ambiental dos estados de origem, destino final e por onde a carga está em trânsito.

A reciclagem de lâmpadas não é um processo auto-sustentável, sendo que o ônus incide no consumidor final. A venda dos materiais resultantes da reciclagem como matéria-prima, não permite a manutenção da reciclagem. Faltam incentivos fiscais do governo para as empresas que se proponham a reciclar lâmpadas com tecnologias ambientalmente sustentáveis; não há centros de coleta de lâmpadas usadas para o pequeno gerador

incluindo o consumidor final residencial, o que dificulta a adesão destes a algum processo de reciclagem.

Na comparação entre os processos de recuperação, o processo químico tem a desvantagem de gerar resíduos e efluentes contaminados e que requerem descontaminação adicional, caso contrário, gera passivo ambiental.

Ainda que, pesquisas realizadas nos EUA sobre a disposição adequada de lâmpadas de mercúrio em aterros, apontam que o teor de mercúrio é insignificante do ponto de vista ambiental, esta não é uma alternativa adequada, pois, ocupa um precioso espaço no solo aterrando resíduos que podem ser reciclados. Além disso, o consumo de lâmpadas de mercúrio, no Brasil e no mundo, vem aumentando anualmente e, conseqüentemente, em um futuro próximo, pode modificar ou inverter essa situação, ou seja, o teor de mercúrio em aterros pode tornar-se relevante.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Com o intuito de contribuir para melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes de lâmpadas de mercúrio, bem como visando reduzir os impactos negativos causados à saúde pública e ao meio ambiente pelo descarte inadequado desses resíduos, sugere-se que o Governo Federal estabeleça política ambientalmente correta e sustentável sobre as lâmpadas de mercúrio, considerando a fabricação, importação, distribuição e técnicas de disposição final. Os aspectos sugeridos são:

- negociar e fiscalizar anualmente a redução do teor de mercúrio na fabricação de lâmpadas, incentivando a fabricação com tecnologia de cápsulas de mercúrio visando um menor teor de mercúrio na lâmpada. Atualmente no Brasil, o fabricante de lâmpada que possui essa tecnologia é uma única máquina totalmente automatizada. Entretanto, as demais linhas fabricam as lâmpadas com tecnologia de dosagem de mercúrio;
- estabelecer metas de teor máximo de mercúrio contido nas lâmpadas fabricadas no país e nas importadas, de acordo com o tipo de lâmpada. Como ponto de partida e considerando que, atualmente, o teor de mercúrio contido em cada tipo de lâmpada é bem inferior àqueles divulgados em 2001 pela ABILUX, adotar como máximos, os valores médios praticados naquele ano, especificados a seguir:
  - fluorescente tubular (15 W a 110 W), 15 mg;
  - fluorescente compacta (5 W a 42 W), 4 mg;
  - luz mista (160 W a 500 W), 17 mg;
  - vapor de mercúrio (80 W a 400 W), 32 mg ;
  - vapor de sódio (70 W a 1000 W), 19 mg, e
  - multivapor metálico (35 W a 200 W), 45 mg;
- especificar as tecnologias aceitáveis para descontaminação, tratamento e reciclagem de lâmpadas de mercúrio, incentivando ou subsidiando processos automatizados e com os equipamentos para tratamento enclausurados (instalados dentro de câmara de contenção) e provido de sistema de controle de emissões de mercúrio;
- promover campanhas educativas no âmbito federal, estadual e municipal, para conscientizar e motivar a população sobre o tema, e
- incentivar a negociação coletiva entre os fabricantes de lâmpadas, empresas de reciclagem e representação das categorias dos trabalhadores, visando estabelecer

limite de exposição ocupacional ao mercúrio elementar, mais seguro que o atualmente utilizado e que acompanhem as tendências e critérios internacionais, conforme previsto na legislação do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). O valor sugerido como limite de exposição é  $0,025 \text{ mg/m}^3$ , recomendado pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) para o mercúrio elementar, e o nível de ação para que a empresa adote ações preventivas é  $0,012 \text{ mg/m}^3$  (metade do limite de exposição da ACGIH).

- realizar estudo de viabilidade econômica para instalar recicladoras nos estados que não as possuem, visando maior adesão à reciclagem e minimização dos custos e riscos associados ao transporte.

## REFERÊNCIAS

- AIR CYCLE CORPORATION. **Model 55 VRS Premium Bulb Eater®**. Disponível em: <<http://www.aircycle.com/products/be55vrs/>>. Acesso em: 9 out. 2006
- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). **Limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e Índices biológicos de exposição (BEIs)**. Tradução da Associação Brasileira de Higiênistas Ocupacionais – ABHO. São Paulo: [s.n.], 2006.
- AMERICANA (Município). Prefeitura. Lei nº 3.578, de 18 de setembro de 2001. Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.americana.sp.gov.br/legislacao/Leis/3578.htm>>. Acesso em 28 set.2006.
- APLIQUIM. [visita técnica / informação pessoal]. Paulínia, S.P. 2002.
- APLIQUIM. **Apliquim tecnologia ambiental**: processo Apliquim. Disponível em: <<http://www.apliquim.com.br/>>. Acesso em: 09 set. 2006a.
- APLIQUIM. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <tatiana@apliquim.com.br> em 7 de novembro de 2006b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). Apresentação da ABILUX . In: REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS DE MERCÚRIO DA CÂMARA TÉCNICA DO CONAMA. 2., 2001, Brasília, DF. Brasília, DF: CONAMA. 2001a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp007.ppt>>. Acesso em: 7 nov. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). Dados técnicos de lâmpadas contendo mercúrio . In: REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS DE MERCÚRIO DA CÂMARA TÉCNICA DO CONAMA. 3., 2001, Brasília, DF. Brasília, DF: CONAMA, 2001b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp002.ppt>>. Acesso em: 7 nov. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10005**: procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004a.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA (QUERCUS). **Caracterização da situação de produção e gestão dos resíduos de lâmpadas em Portugal**. Portugal: Centro de Informação de Resíduos da QUERCUS. 2001. Disponível em: <<http://64.176.7.196/cir/rsurb/lampadas.htm>>. Acesso em 21 set. 2002.
- ATSDR. **Toxicological profile for mercury**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 1999. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs46.html>>. Acesso em: 18 out. 2001.
- ATIYEL, S.O. **Gestão de resíduos sólidos**: o caso das lâmpadas fluorescentes. Dissertação (Mestrado)- Programa de pós-graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 101 p.

BALCAN. **The safest way to dispose unwanted lamps**. Disponível em: <<http://balcan.co.uk/frames.htm>>. Acesso em 29 mar. 2002.

BALCAN. **Lamp recycling, disposal & lampcrushers**. Disponível em: <<http://www.balcan.co.uk/lamp/lampcrusher.php>>. Acesso em 9 set. 2006.

BEGLEY, K; LINDERSON, T. Management of mercury in lighting products. In: EUROPEAN CONFERENCE FOR ENERGY EFFICIENCY. Estocolmo, 1991. **Right light 1 proceedings...** Disponível em: <<http://www.iaeel.org/search.html>>. Acesso em: 17 mar. 2001.

BRASIL. Constituição. (1988). Do Meio Ambiente, cap. 6. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm)>. Acesso em 27 set. 2006.

BRASIL (Brasília). Portaria 36/MS/GM. Padrão de Potabilidade da Água Destinada ao Consumo Humano. Brasília: Ministério da Saúde. 1990. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/paf/legislacao/portarias.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional (BEN 2005): Destaques de energia em 2004**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=4040](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=4040)>. Acesso em: 30 set. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasília). Resolução 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31602.html>>. Acesso em 28 set. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 21 nov. 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho: NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>>. Acesso em: 18 set. 2006a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho: NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>>. Acesso em: 18 set. 2006b.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho: NR 2 – Inspeção Prévia**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>>. Acesso em: 18 set. 2006c.

BRASIL RECICLE. **Descontaminação de lâmpadas especiais**. Disponível em: <<http://www.brasilrecicle.com.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2007.

CAMPINAS (Município). Câmara. Lei nº. 11.294, de 27 de junho de 2002. Dispõe sobre a destinação de lâmpadas fluorescentes no município de campinas. Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei11294.htm>>. Acesso em 15 nov. 2006.

CAXIAS DO SUL (Município). Prefeitura. Lei nº 5.873, de 16 de julho de 2002. Disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias e lâmpadas usadas no Município de Caxias do Sul e dá outras providências. Disponível em: <[blm.tce.rs.gov.br/blm/Municipios\\_A\\_ate\\_L/Caxias\\_Do\\_Sul/50-LEI-05873-2002.doc](http://blm.tce.rs.gov.br/blm/Municipios_A_ate_L/Caxias_Do_Sul/50-LEI-05873-2002.doc)>. Acesso em 15 nov. 2006.

CENTRO INCUBADOR DE EMPRESAS TECNOLÓGICAS (CIETEC). **Trampo vai retirar o mercúrio de lâmpadas**. Notícias. CIETEC. 2005. Disponível em: <<http://www.cietec.org.br/noticia.php?noticia=249>>. Acesso em 10 out. 2006.

D'ALMEIDA, M.L.O.; SENA, L.B.R. Processamento do Lixo: Reciclagem de outros Materiais. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Lixo municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. 2. ed. São Paulo, SP: CEMPRE, 2000. Cap. IV, Parte 8, p.197-198.

EKOTEHO LTD. **Ecolux 2000**. Disponível em: <[http://www.ekoteho.fi/en/ecolux\\_en.htm](http://www.ekoteho.fi/en/ecolux_en.htm)>. Acesso em: 30 set. 2006.

ELETROPAULO. **Guia de economia de energia elétrica**. São Paulo, 2001.

EPAI-USA. **Dextrite RDA-55E**. Disponível em: <<http://www.epai-usa.com/55e.htm>>. Acesso em: 11 out. 2006.

ERICSSON TELECOMUNICAÇÕES. [visita técnica /informação pessoal]. São José dos Campos, S.P. 2002.

ESCOLA DE ENGENHARIA MAUÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos**: teses, dissertações, trabalhos acadêmicos e monografias. São Caetano do Sul, SP.2006.

FERNANDEZ, M. C. **Reciclagem de lâmpadas fluorescentes**. Escola Superior de Química. Faculdade Oswaldo Cruz. 2001. 45p. Monografia.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Nova Enciclopédia Ilustrada Folha**: a enciclopédia das enciclopédias. São Paulo: Publifolha, v. 1, p389, mar.dez. 1996.

FONTANA, D. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[Danielle.Fontana@ggbearings.com](mailto:Danielle.Fontana@ggbearings.com)> em 3 de maio de 2007.

FURTADO, M. R. Aterros especiais: oferta responsável não impede descarte em lixões. **Química e Derivados**, São Paulo, jul. 2006. Disponível em : <<http://www.quimica.com.br/quimicaederivados.htm>>. Acesso em 9 out. 2006.

GYDESEN, A; MAIMANN, D. Life cycle analyses of integral compact fluorescent lamps versus incandescent lamps: Energy and Emissions. In: EUROPEAN CONFERENCE FOR ENERGY EFFICIENCY. 1991, Estocolmo. **Right Light 1 Proceedings...**Disponível em: <<http://www.iaeel.org/search.html>>. Acesso em: 17 mar. 2001.

HG-DESCONTAMINAÇÃO. **HG Descontaminação de lâmpadas industriais**. Disponível em: <<http://www.hgmg.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2006.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Rio de Janeiro). **Pesquisa Industrial 2003**: Produto, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, 2003.. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/produtos/produto2003/prod2003.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Rio de Janeiro). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**: IBGE mapeia os serviços de saneamento básico no país. Comunicação Social, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 nov. 2006.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR ENERGY-EFFICIENT LIGHTING (IAEEL). Comparison of luminous efficacy for flame-based lighting sources. **IAEEL newsletter 2/99** v. 8, n.23. Disponível em: <http://www.iaeel.org/search.html>. Acesso em: 05 jun. 2001.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR ENERGY-EFFICIENT LIGHTING (IAEEL). Soaring CFL sales. **IAEEL newsletter 1-2/00**. Disponível em: <http://www.iaeel.org/search.html>. Acesso em: 05 jun. 2001.

LACERDA, L. P. **Reciclagem de lâmpadas fluorescentes tubulares por um processo do tipo via úmida**: um estudo sobre o gerenciamento de resíduos gerados e o tratamento de lodo contaminado por mercúrio. Dissertação (mestrado)- Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2004. 107p.

LAMPCARE. **Total recycling**. Disponível em: <http://www.lampcare.com/legislation.htm>. Acesso em: 27 nov. 2006.

LICCO, E.A. **Chumbo secundário**: a reciclagem das baterias de Chumbo-Ácido. São Paulo. Tese (doutorado)- Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

LICCO, E.A. Fundamentos da Prevenção e Controle Ambiental. São Caetano do Sul: CEUN-MAUÁ, 2000a. Notas de aula.

MATOS, C. “Invasão” chinesa aumenta a ociosidade em iluminação: Venda de lâmpadas “econômicas” cresceu 233% em 4 anos. **Diário Comércio Indústria & Serviços – DCI**, São Paulo, 17 mar. 2006. Indústria, pA8.

MEGA RECICLAGEM. **Descontaminação de Lâmpadas**. Disponível em: <http://www.megareciclagem.com.br/index.htm> >. Acesso em 10 set. 2006.

MILLS, E. **The \$230-billion global lighting energy bill**. International Association for Energy-Efficient Lighting and Lawrence Berkeley National Laboratory. 2002. Disponível em: [http://eetd.lbl.gov/emills/PUBS/PDF/Global\\_Lighting\\_Energy.pdf](http://eetd.lbl.gov/emills/PUBS/PDF/Global_Lighting_Energy.pdf)>. Acesso em 20 nov. 2006.

MINAS GERAIS (Estado). Assembléia Legislativa. Lei nº 13.766, de 30 de novembro de 2000. Disponível em: [http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=legislacao&diretorio=njmg&arquivo=legislacao\\_mi neira](http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=legislacao&diretorio=njmg&arquivo=legislacao_mi neira)>. Acesso em 28 set. 2006.

MRT SYSTEM AB. **MRT end cut machine ECM 5000**. Disponível em: [http://www.mrtsystem.com/downloads/products/end\\_ecm5000.pdf](http://www.mrtsystem.com/downloads/products/end_ecm5000.pdf)>. Acesso em 10 out. 2006.

NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURER ASSOCIATION (NEMA). **Fluorescents lamps and the environment**. Rosslyn, US, 2001. Disponível em: <<http://www.nema.org/government/environment/envirionimpact.doc>>. Acesso em 15 mar. 2001.

NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURER ASSOCIATION (NEMA). **Environmental impact analysis: spent mercury-containing lamps**. Rosslyn, US, 2000. Disponível em: <<http://www.nema.org/government/environment/envirionimpact.doc>>. Acesso em 15 mar. 2001.

Formatado: Inglês (EUA)

NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURER ASSOCIATION (NEMA). **Fluorescent and other Mercury-Containing Lamps and the Environment: Mercury use, environmental benefits, disposal requirements**. Rosslyn, US, 2005. Disponível em: <<http://www.nema.org/gov/ehs/committees/lamps/upload/>>. Acesso em 04 abr. 2006.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **NIOSH pocket guide to chemical hazards: mercury compounds [except (organo) alkyls] (as Hg)**. CDC, 2005. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0383.html>>. Acesso em 25 set. 2006.

NATURALIS BRASIL. **Operação papa lâmpadas in company**. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[naturalisbrasil@naturalisbrasil.com.br](mailto:naturalisbrasil@naturalisbrasil.com.br)> em 7 de novembro de 2006.

NATURALIS BRASIL. **A maneira ecologicamente correta de reciclagem de lâmpadas fluorescentes**. Disponível em: <<http://www.naturalisbrasil.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2006a.

OLIVARES, I.R.B. **Emissões antrópicas de mercúrio para a atmosfera na região de Paulínia (SP)**. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. 69 p.

OSADA, W. [Comunicação pessoal]. São Bernardo do Campo, SP. 2006.

OSRAM. **Nossa vida é luz**. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/produtos/ilumgeral/index.html>>. Acesso em 04 jul. 2006.

PARANÁ (estado). **Política de resíduos sólidos do Paraná: programa desperdício zero**. 2003. Disponível em: <[http://www.pr.gov.br/meioambiente/pdf/desper\\_zero.pdf](http://www.pr.gov.br/meioambiente/pdf/desper_zero.pdf)>. Acesso em 29 nov. 2006.

PASSOS, J. A. L, NEDER, L. T. C. **Encapsulamento: uma técnica moderna de processamento de resíduos sólidos perigosos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001. Disponível em: <<http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/resisoli/brasil/iii-119.pdf>>. Acesso em 9 out. 2006.

PHILIPS. **Catálogo de Produtos: lâmpadas**. 2004a. Disponível em: <<http://www.luz.philips.com/portalProductCatalogHome.do>>. Acesso em 05 jun.2006.

PHILIPS. [visita técnica / informação pessoal]. Mauá, S.P. 2004b.

PHILIPS LIGHTING. **Energia elétrica é vital: Economizar Também**. The Light Site América Latina. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com/americalatina/esaver.shtml>>. Acesso em 29 mar. 2002a.

PHILIPS LIGHTING. **Eficiência de lâmpadas**. The light site América Latina. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com/americalatina/eficient.shtml>>. Acesso em 29 mar. 2002b.

RAPOSO, C. et al. Caracterização química dos principais constituintes de lâmpadas de mercúrio com vistas ao controle ambiental In: REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS DE MERCÚRIO DA CÂMARA TÉCNICA DO CONAMA, 2., 2001, Brasília, DF. CONAMA, 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp012.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2001.

RAPOSO, C. Dados Técnicos (palestra) In: REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS DE MERCÚRIO DA CÂMARA TÉCNICA DO CONAMA, 5., 2001, Brasília, DF. CONAMA, 2001a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp012.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2001.

RECITEC. **Reciclagem de lâmpadas**. Disponível em: <<http://www.recitecmg.com.br/reciclagem.asp>>. Acesso em: 10 out. 2006.

RECITEC. **Fluxograma do processo de produção**. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[comercial.recitec@uol.com.br](mailto:comercial.recitec@uol.com.br)> em 24 de outubro de 2006a.

REIMER, B. D. **Review of lamp recycling**. [1999]. Disponível em <[http://www.lamprecycling.co.uk/AboutRecycling/WEREC\\_engl.pdf](http://www.lamprecycling.co.uk/AboutRecycling/WEREC_engl.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2006.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Assembléia Legislativa. Lei nº 11.187, de 07 de julho de 1998. Altera a Lei nº [javascript:abre\\_texto\(8175\)](#): 11.019, de 23 de setembro de 1997, acrescentando normas sobre o descarte e destinação final de lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/>>. Acesso em: 27 set. 2006.

ROMERO, T. Reciclagem de lâmpadas fluorescentes tem solução brilhante. **Inovação Tecnológica, Agência FAPESP**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010125060623>>. Acesso em 10 out. 2006.

SANTA CATARINA (Estado). Lei nº 11.347, de 17 de janeiro de 2000. Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos que menciona, e adota outras providências. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/comlurb/arti44.htm>>. Acesso em 15 nov. 2006.

SÃO PAULO (estado). Lei nº 10.888, de 20 de setembro de 2001. Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/index.htm>>. Acesso em 28 set. 2006.

SÃO PAULO (estado). Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006: Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Disponível em: <[http://www.al.sp.gov.br/StaticFile/integra\\_ddilei/lei/2006/](http://www.al.sp.gov.br/StaticFile/integra_ddilei/lei/2006/)>. Acesso em 20 nov. 2006.

SÍLEX. **Apresentação reciclagem móvel Sílex lâmpadas**. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[silex@silex.com.br](mailto:silex@silex.com.br)> em 23 de outubro de 2006.

SYLVANIA. **Práticas de manufatura**: programa de treinamento. [São Paulo]: [s.n.], 1993.

TRAMPPO. **Produção limpa**. Disponível em: <<http://www.tramppo.com.br/socios>>. Acesso em 10 out. 2006.

TRAMPPO. **Fluxo de processo**. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[gil@tramppo.com.br](mailto:gil@tramppo.com.br)> em 30 de outubro de 2006a.

TRUESDALE, R.S, BEAULIEU, S.M, PIERSON, T.K. **Management of used fluorescent Lamps**: preliminary risk assessment. Final report. North Carolina, USA Research Triangle Institute.1993. 186p (revised May 14, 1993).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Evaluation of mercury emission from fluorescent lamps crushing**. Control Tecnology Center. Washington, DC, 1994. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttnecat1/dir1/mercury.txt>>. Acesso em 17 mar. 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Mercury**: environmental effects - fate and transport and ecological effects of mercury. Disponível em: <<http://www.epa.gov/mercury/eco.htm>>. Acesso em 23 nov. 2006a.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Mercury**: consumer products. Disponível em: <<http://www.epa.gov/mercury/consumer.htm>>. Acesso em 23 nov. 2006b.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA).. **Table 9: Environmental standards for mercury**. Washington, DC,1998. Disponível em: <<http://www.epa.gov/grtlakes/bnsdocs/mercsrce/images/envstand.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2006

VILHENA, A.; D'ALMEIDA, M.L.O. Processamento do lixo: segregação de materiais. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo, SP: CEMPRE, 2000. cap. 4, pt. 1, p. 81.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Inorganic mercury compounds**: human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 50, 2003. Disponível em: <<http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2006.

ZANICHELII, C. et al. **Reciclagem de lâmpadas**: aspectos ambientais e tecnológicos. Faculdade de Engenharia Ambiental. Centro de Ciências Exatas Ambientais e de Tecnologias. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, SP, 2004. 22 p. Disponível em: <[http://www.apliquim.com.br/downloads/lampadas\\_pucc.pdf](http://www.apliquim.com.br/downloads/lampadas_pucc.pdf)>. Acesso em 04 abr. 2006.

## APÊNDICE A – O MERCÚRIO

### A.1 FORMAS DE OCORRÊNCIA

O mercúrio é um elemento metálico presente na natureza. Diversos compostos de mercúrio ocorrem naturalmente no meio ambiente, sendo os compostos naturais mais comuns: o mercúrio metálico, sulfeto mercúrico, cloreto mercúrico e metil mercúrio. Quimicamente ele se apresenta sob três formas: mercúrio metálico - também conhecido como mercúrio elementar -, mercúrio inorgânico e mercúrio orgânico. Alguns microrganismos (bactérias e fungos) e processos naturais podem transformar o mercúrio de uma forma para outra (ATSDR, 1999; WHO, 2003).

#### A.1.1 MERCÚRIO METÁLICO

O mercúrio é extraído das minas de cinabre que contêm sulfeto mercúrico. O mercúrio metálico é refinado por aquecimento desse sulfeto a temperaturas de 537,8 °C (ASTDR, 1999).

O mercúrio na forma pura ou elementar é um metal brilhante, em tom prata claro que é líquido a temperatura ambiente. O mercúrio elementar é a forma mais volátil da substância, pode evaporar-se à temperatura ambiente e formar vapor de mercúrio. À medida que a temperatura aumenta também aumenta a formação de vapor. O vapor de mercúrio é incolor e inodoro (ATSDR, 1999; WHO, 2003).

#### A.1.2 MERCÚRIO INORGÂNICO

É a forma combinada de mercúrio elementar com substâncias inorgânicas, tais como, cloro, enxofre e oxigênio, também conhecida como “sais de mercúrio”. O mercúrio inorgânico pode formar sais de mercúrio monovalentes ou divalentes (WHO, 2003).

#### A.1.3 MERCÚRIO ORGÂNICO

É formado pela combinação do mercúrio com o carbono, dando origem aos compostos organomercuriais, tais como: metil mercúrio, dimetil mercúrio, dietil mercúrio, etil mercúrio, fenil mercúrio e cloreto de etil mercúrio. O metilmercúrio é a forma mais comum dos

compostos orgânicos, e o dimetil mercúrio é o mais prejudicial para o homem e os animais (ATSDR, 1999).

## **A.2 EFEITOS À SAÚDE HUMANA**

O mercúrio tem sido classificado como o mais nocivo entre os metais pesados. O mercúrio, bem como a maioria de seus compostos, é tóxico (BEGLEY e LINDERSON, 1991).

A penetração do mercúrio no organismo pode ocorrer por inalação de ar contaminado, por ingestão de água e alimentos contaminados, por produtos de tratamento médico ou dentário e por contato da pele com essa substância. Quando ocorre a exposição ao mercúrio, não são todas as formas que penetram com facilidade no organismo. Nesses casos é importante se conhecer se a via de contato é a digestiva, respiratória ou cutânea (ATSDR, 1999).

Na exposição ao vapor de mercúrio metálico por inalação, mesmo a temperatura ambiente, o elemento passa através dos pulmões para a corrente sanguínea e rapidamente atinge o cérebro e os rins, sendo que aproximadamente 80% do mercúrio inalado é absorvido. Quando ocorre a ingestão de mercúrio metálico, mesmo que em grandes quantidades, sua penetração no corpo através do estômago e intestinos é mínima (inferior a 0,01%), entretanto, o metil mercúrio é absorvido facilmente pela corrente sanguínea (cerca de 95%) através do trato gastrointestinal e passa rapidamente para os tecidos e o cérebro (inclusive quando são ingeridos alimentos contaminados com metil mercúrio) (ATSDR, 1999).

A exposição a altas concentrações de mercúrio (metálico, inorgânico ou orgânico) pode provocar dano grave e permanente ao cérebro, e dano genético sério, especialmente no feto em desenvolvimento. O mercúrio e seus compostos, quando absorvidos pelo organismo, podem alterar o balanço bioquímico do corpo, causando danos em diversos órgãos, mais especificamente no cérebro e nos rins (WHO, 2003).

## **A.3 FORMAS DE ELIMINAÇÃO DO MERCÚRIO DO ORGANISMO HUMANO**

A eliminação da maior parte do mercúrio metálico do organismo humano ocorre através da urina e fezes e, em menor escala, pelo ar exalado. As formas inorgânicas de mercúrio acumuladas no organismo durante várias semanas ou meses também são eliminadas pela urina e fezes. O mercúrio orgânico, assim como o inorgânico, é eliminado lentamente pelas fezes somente após longos períodos (meses) de acumulação (ATSDR, 1999).

#### **A.4 ECOTOXICIDADE**

O mercúrio presente no ar pode se transferir para a água e afetar a sua qualidade. As partículas de mercúrio podem cair com a chuva, com a poeira ou pela ação da gravidade e se depositar no solo. Do solo pode migrar para os mananciais, lagos, estuários ou transformar-se em metil mercúrio pela atividade microbiana. O metil mercúrio pode acumular-se na fauna aquática e contaminá-la tornando-a imprópria para o consumo como alimento (USEPA, 2006a).

Sob a ótica do meio ambiente, entre os compostos de mercúrio, o metil mercúrio é o composto mais importante, uma vez que pode ser facilmente absorvido pelo organismo. A especiação do mercúrio pode ocorrer tanto na forma inorgânica quanto na orgânica, especialmente no sedimento aquático, devido à presença de microrganismos que intensificam este processo. A principal forma dessa transformação é o metil mercúrio, que apresenta particular interesse devido a poder bioacumular em espécies de peixes comestíveis, de água doce e salgada, e em mamíferos marinhos em níveis muitas vezes superiores aos existentes no entorno das águas (BEGLEY e LINDERSON, 1991).

#### **A.5 LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO MERCÚRIO**

No Brasil, o limite de tolerância para exposição ocupacional ao mercúrio (exceto as formas de mercúrio orgânico) foi estabelecido, em 1978, no Anexo 11 da Norma Regulamentadora (NR) 15 “Atividades e Operações Insalubres” da Portaria 3214 do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 2006a).

Em 1994, a Norma Regulamentadora NR-9 “Programa de Prevenção de Riscos Ambientais” (PPRA), regulamentou que o “Nível de Ação” para substâncias químicas deve ser a metade do limite de tolerância. De acordo com a NR 9, na ausência de limites na legislação do MTE, podem ser utilizados os limites de exposição da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva do trabalho, desde que mais rigorosos que os critérios técnico-legais pré estabelecidos (BRASIL, 2006b).

A NR 9 considera como nível de ação o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição (BRASIL, 2006b).

Os Limites para exposição ocupacional ao mercúrio e seus compostos inorgânicos, no Brasil e nos Estados Unidos de América (EUA), estão contidos na Tabela A1.

**TABELA A.1 – LIMITES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO MERCÚRIO: FORMAS INORGÂNICAS, INCLUINDO MERCÚRIO METÁLICO, NO BRASIL E NOS EUA**

Instituição	País	Concentração	Comentário
ACGIH	EUA	TLV-TWA: 0,025 mg/m <sup>3</sup>	Média ponderada para jornadas de 8 horas por dia ou 40 horas por semana
OSHA	EUA	PEL: C 0,1 mg/m <sup>3</sup>	Limite de Exposição permissível. Valor teto
NIOSH	EUA	REL: 0,05 mg/m <sup>3</sup>	Média ponderada para jornadas de 10 horas por dia ou 40 horas por semana
MTE	BR	LT: 0,04 mg/m <sup>3</sup>	Para jornadas de até 48 horas por semana

FONTE: BRASIL, 2006a; ACGIH, 2006; NIOSH, 2005

NOTA:

TLV-TWA: Threshold Limit Value - Time-Weighted Average

PEL: Permissible Exposure Limit (ceiling)

REL: Recommended Exposure Limit

LT: Limite de Tolerância

Aplicando o critério do Nível de Ação conforme preconiza a NR 9 da Portaria 3214 para o mercúrio, isto é, a metade do Limite de Tolerância, encontra-se o valor de 0,02 mg/m<sup>3</sup>. É preciso ressaltar que, a implementação de medidas de controle a partir do nível de ação, além de ser um requisito legal, tem também, um caráter preventivo.

## **A.6 PADRÕES AMBIENTAIS PARA O MERCÚRIO**

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, por meio da Resolução nº. 357 / 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Em síntese, a resolução fixa os valores máximos para diversas substâncias, em águas doces, salobras e salinas, entre elas o mercúrio (BRASIL, 2005).

A Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos de América, nesta última década, têm dedicado atenção especial aos resíduos de mercúrio devido à toxicidade dessa substância. Para tanto, os valores máximos aceitáveis na água e nos resíduos sólidos foram regulamentados pela EPA. A Tabela A2 apresenta um panorama geral dos padrões ambientais para o mercúrio, no Brasil e nos EUA.



TABELA A.2 – PADRÕES AMBIENTAIS MÁXIMAS PARA O MERCÚRIO, NO BRASIL E NOS EUA

Instituição	País	Concentração	Meio / Comentário
CONAMA	BR	0,2 µg/l	Águas doces Classe 1
CONAMA	BR	2 µg/l	Águas doces Classe 3
CONAMA	BR	0,2 µg/l	Águas salinas Classe 1
CONAMA	BR	1,8 µg/l	Águas salinas Classe 2
CONAMA	BR	0,2 µg/l	Águas salobras Classe 1
CONAMA	BR	1,8 µg/l	Águas salobras Classe 2
CONAMA	BR	10 µg/l	Lançamento de efluentes
CONAMA	BR	0,28 mg/m <sup>3</sup>	Emissões atmosféricas de substâncias inorgânicas particuladas (agrupadas em conjunto) totais, no tratamento térmico de resíduos classe 1
ABNT	BR	100 µg/l	Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação
MS	BR	1 µg/l	Água potável
USEPA	EUA	2 µg/l	Água potável
USEPA	EUA	2 µg/l	Água engarrafada
USEPA	EUA	2 µg/l	Água subterrânea
USEPA	EUA	200 µg/l	Resíduo perigoso TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure)

FORNE: BRASIL, 2005; BRASIL, 2002; BRASIL, 1990; ABNT, 2004; USEPA, 1998

## **ANEXO A – LEGISLAÇÃO**

### **A1 – LEGISLAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO**

#### **LEI Nº. 12.300, de 16/03/2006**

Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO:

Faço saber que a Assembléia Legislativa decreta e eu promulgo a seguinte lei:

TÍTULO I

DA POLÍTICA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO I

DOS PRINCÍPIOS E OBJETIVOS

Art. 1º - Esta lei institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado de São Paulo.

Art. 2º - São princípios da Política Estadual de Resíduos Sólidos:

I - A visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos que leve em consideração as variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e de saúde pública;

II - A gestão integrada e compartilhada dos resíduos sólidos por meio da articulação entre Poder Público, iniciativa privada e demais segmentos da sociedade civil;

III - A cooperação interinstitucional com os órgãos da União e dos Municípios, bem como entre secretarias, órgãos e agências estaduais;

IV - A promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo;

V - A prevenção da poluição mediante práticas que promovam a redução ou eliminação de resíduos na fonte geradora;

VI - A minimização dos resíduos por meio de incentivos às práticas ambientalmente adequadas de reutilização, reciclagem, redução e recuperação;

VII - A garantia da sociedade ao direito à informação, pelo gerador, sobre o potencial de degradação ambiental dos produtos e o impacto na saúde pública;

VIII - O acesso da sociedade à educação ambiental;

IX - A adoção do princípio do poluidor-pagador;

j - A responsabilidade dos produtores ou importadores de matérias-primas, de produtos intermediários ou acabados, transportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores,

catadores, coletores, administradores e proprietários de área de uso público e coletivo e operadores de resíduos sólidos em qualquer das fases de seu gerenciamento;

XI - A atuação em consonância com as políticas estaduais de recursos hídricos, meio ambiente, saneamento, saúde, educação e desenvolvimento urbano;

XII - O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico, gerador de trabalho e renda.

Art. 3º - São objetivos da Política Estadual de Resíduos Sólidos:

I - O uso sustentável, racional e eficiente dos recursos naturais;

II - A preservação e a melhoria da qualidade do meio ambiente, da saúde pública e a recuperação das áreas degradadas por resíduos sólidos;

III - Reduzir a quantidade e a nocividade dos resíduos sólidos, evitar os problemas ambientais e de saúde pública por eles gerados e erradicar os "lixões", "aterros controlados", "bota-foras" e demais destinações inadequadas;

IV - Promover a inclusão social de catadores, nos serviços de coleta seletiva;

V - Erradicar o trabalho infantil em resíduos sólidos promovendo a sua integração social e de sua família;

VI - Incentivar a cooperação intermunicipal, estimulando a busca de soluções consorciadas e a solução conjunta dos problemas de gestão de resíduos de todas as origens;

VII - Fomentar a implantação do sistema de coleta seletiva nos Municípios.

Parágrafo único - Para alcançar os objetivos colimados, caberá ao Poder Público, em parceria com a iniciativa privada:

1 - Articular, estimular e assegurar as ações de eliminação, redução, reutilização, reciclagem, recuperação, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos;

2 - Incentivar a pesquisa, o desenvolvimento, a adoção e a divulgação de novas tecnologias de reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, inclusive de prevenção à poluição;

3 - Incentivar a informação sobre o perfil e o impacto ambiental de produtos através da autodeclaração na rotulagem, análise de ciclo de vida e certificação ambiental;

4 - Promover ações direcionadas à criação de mercados locais e regionais para os materiais recicláveis e reciclados;

5 - Incentivar ações que visem ao uso racional de embalagens;

6 - Instituir linhas de crédito e financiamento para a elaboração e implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;

7 - Instituir programas específicos de incentivo para a implantação de sistemas ambientalmente adequados de tratamento e disposição final de resíduos sólidos;

- 8 - Promover a implantação, em parceria com os Municípios, instituições de ensino e pesquisa e organizações não-governamentais, de programa estadual de capacitação de recursos humanos com atuação na área de resíduos sólidos;
- 9 - Incentivar a criação e o desenvolvimento de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis que realizam a coleta e a separação, o beneficiamento e o reaproveitamento de resíduos sólidos reutilizáveis ou recicláveis;
- 10 - Promover ações que conscientizem e disciplinem os cidadãos para o adequado uso do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos;
- 11 - Assegurar a regularidade, continuidade e universalidade nos sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos;
- 12 - Criar incentivos aos Municípios que se dispuserem a implantar, ou a permitir a implantação, em seus territórios, de instalações licenciadas para tratamento e disposição final de resíduos sólidos, oriundos de quaisquer outros Municípios;
- 13 - Implantar Sistema Declaratório Anual para o controle da geração, estocagem, transporte e destinação final de resíduos industriais;
- 14 - Promover e exigir a recuperação das áreas degradadas ou contaminadas por gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos mediante procedimentos específicos fixados em regulamento;
- 15 - Promover a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, apoiando a concepção, implementação e gerenciamento dos sistemas de resíduos sólidos com participação social e sustentabilidade.

## CAPÍTULO II

### DOS INSTRUMENTOS

Art. 4º - São instrumentos da Política Estadual de Resíduos Sólidos:

- I - O planejamento integrado e compartilhado do gerenciamento dos resíduos sólidos;
- II - Os Planos Estadual e Regionais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
- III - Os Planos dos Geradores;
- IV - O Inventário Estadual de Resíduos Sólidos;
- V - O Sistema Declaratório Anual de Resíduos Sólidos;
- VI - O termo de compromisso e termo de ajustamento de conduta;
- VII - Os acordos voluntários ou propostos pelo Governo, por setores da economia;
- VIII - O licenciamento, a fiscalização e as penalidades;
- IX - O monitoramento dos indicadores da qualidade ambiental;
- X - O aporte de recursos orçamentários e outros, destinados prioritariamente às práticas de prevenção da poluição, à minimização dos resíduos gerados e à recuperação de áreas degradadas e remediação de áreas contaminadas por resíduos sólidos;

XI - Os incentivos fiscais, tributários e creditícios que estimulem as práticas de prevenção da poluição e de minimização dos resíduos gerados e a recuperação de áreas degradadas e remediação de áreas contaminadas por resíduos sólidos;

XII - As medidas fiscais, tributárias, creditícias e administrativas que inibam ou restrinjam a produção de bens e a prestação de serviços com maior impacto ambiental;

XIII - Os incentivos à gestão regionalizada dos resíduos sólidos;

XIV - As linhas de financiamento de fundos estaduais;

XV - A divulgação de dados e informações incluindo os programas, as metas, os indicadores e os relatórios ambientais;

XVI - A disseminação de informações sobre as técnicas de prevenção da poluição, de minimização, de tratamento e destinação final de resíduos;

XVII - A educação ambiental;

XVIII - A gradação de metas, em conjunto com os setores produtivos, visando à redução na fonte e à reciclagem de resíduos que causem riscos à saúde pública e ao meio ambiente;

XIX - O incentivo à certificação ambiental de produtos;

XX - O incentivo à autodeclaração ambiental na rotulagem dos produtos;

XXI - O incentivo às auditorias ambientais;

XXII - O incentivo ao seguro ambiental;

XXIII - O incentivo mediante programas específicos para a implantação de unidades de coleta, triagem, beneficiamento e reciclagem de resíduos;

XXIV - O incentivo ao uso de resíduos e materiais reciclados como matéria-prima;

XXV - O incentivo a pesquisa e a implementação de processos que utilizem as tecnologias limpas.

### CAPÍTULO III

#### DAS DEFINIÇÕES

Art. 5º - Para os efeitos desta lei, consideram-se:

I - Resíduos sólidos: os materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, e que se apresentam nos estados sólido ou semi-sólido, como líquidos não passíveis de tratamento como efluentes, ou ainda os gases contidos;

II - Prevenção da poluição ou redução na fonte: a utilização de processos, práticas, materiais, produtos ou energia que evitem ou minimizem a geração de resíduos na fonte e reduzam os riscos para a saúde humana e para o meio ambiente;

III - Minimização dos resíduos gerados: a redução, ao menor volume, quantidade e periculosidade possíveis, dos materiais e substâncias, antes de descartá-los no meio ambiente;

IV - Gestão compartilhada de resíduos sólidos: a maneira de conceber, implementar e gerenciar sistemas de resíduos, com a participação dos setores da sociedade com a perspectiva do desenvolvimento sustentável;

V - Gestão integrada de resíduos sólidos: a maneira de conceber, implementar, administrar os resíduos sólidos considerando uma ampla participação das áreas de governo responsáveis no âmbito estadual e municipal;

VI - Unidades receptoras de resíduos: as instalações licenciadas pelas autoridades ambientais para a recepção, segregação, reciclagem, armazenamento para futura reutilização, tratamento ou destinação final de resíduos;

VII - Aterro sanitário: local utilizado para disposição final de resíduos urbanos, onde são aplicados critérios de engenharia e normas operacionais especiais para confinar esses resíduos com segurança, do ponto de vista de controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública;

VIII - Aterro industrial: técnica de disposição final de resíduos sólidos perigosos ou não perigosos, que utiliza princípios específicos de engenharia para seu seguro confinamento, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e que evita a contaminação de águas superficiais, pluviais e subterrâneas, e minimiza os impactos ambientais;

IX - Área contaminada: área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contém quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente e a outro bem a proteger;

X - Área degradada: área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que por ação humana teve as suas características ambientais deterioradas;

XI - Remediação de área contaminada: adoção de medidas para a eliminação ou redução dos riscos em níveis aceitáveis para o uso declarado;

XII - Co-processamento de resíduos em fornos de produção de clínquer: técnica de utilização de resíduos sólidos industriais a partir do seu processamento como substituto parcial de matéria-prima ou combustível, no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação do cimento;

XIII - Reciclagem: prática ou técnica na qual os resíduos podem ser usados com a necessidade de tratamento para alterar as suas características físico-químicas;

XIV - Unidades geradoras: as instalações que por processo de transformação de matéria-prima, produzam resíduos sólidos de qualquer natureza;

XV - Aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes: área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A, conforme classificação específica, e resíduos inertes no solo, visando à reservação de materiais segregados, de forma a possibilitar o uso futuro dos materiais e/ou futura utilização da área, conforme princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

XVI - Resíduos perigosos: aqueles que em função de suas propriedades químicas, físicas ou biológicas, possam apresentar riscos à saúde pública ou à qualidade do meio ambiente;

XVII - Reutilização: prática ou técnica na qual os resíduos podem ser usados na forma em que se encontram sem necessidade de tratamento para alterar as suas características físico-químicas;

XVIII - Deposição inadequada de resíduos: todas as formas de depositar, descarregar, enterrar, infiltrar ou acumular resíduos sólidos sem medidas que assegurem a efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública;

XIX - Coleta seletiva: o recolhimento diferenciado de resíduos sólidos, previamente selecionados nas fontes geradoras, com o intuito de encaminhá-los para reciclagem, compostagem, reúso, tratamento ou outras destinações alternativas.

Art. 6º - Nos termos desta lei, os resíduos sólidos enquadrar-se-ão nas seguintes categorias:

I - Resíduos urbanos: os provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, da varrição, de podas e da limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana passíveis de contratação ou delegação a particular, nos termos de lei municipal;

II - Resíduos industriais: os provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias-primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústrias e similares, inclusive resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água - ETAs e Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs;

III - Resíduos de serviços de saúde: os provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal; os provenientes de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde; medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados; os provenientes de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal; e os provenientes de barreiras sanitárias;

IV - Resíduos de atividades rurais: os provenientes da atividade agropecuária, inclusive os resíduos dos insumos utilizados;

V - Resíduos provenientes de portos, aeroportos, terminais rodoviários, e ferroviários, postos de fronteira e estruturas similares: os resíduos sólidos de qualquer natureza provenientes de embarcação, aeronave ou meios de transporte terrestre, incluindo os produzidos nas atividades de operação e manutenção, os associados às cargas e aqueles gerados nas instalações físicas ou áreas desses locais;

VI - Resíduos da construção civil: os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros e argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Parágrafo único - Os resíduos gerados nas operações de emergência ambiental, em acidentes dentro ou fora das unidades geradoras ou receptoras de resíduo, nas operações de remediação de áreas contaminadas e os materiais gerados nas operações de escavação e dragagem deverão ser previamente caracterizados e, em seguida encaminhados para destinação adequada.

Art. 7º - Os resíduos sólidos que, por suas características exijam ou possam exigir sistemas especiais para acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento ou destinação final, de forma a evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, serão definidos pelos órgãos estaduais competentes.

## TÍTULO II

### DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

#### CAPÍTULO I

##### DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 8º - As unidades geradoras e receptoras de resíduos deverão ser projetadas, implantadas e operadas em conformidade com a legislação e com a regulamentação pertinente, devendo ser monitoradas de acordo com projeto previamente aprovado pelo órgão ambiental competente.

Art. 9º - As atividades e instalações de transporte de resíduos sólidos deverão ser projetadas, licenciadas, implantadas e operadas em conformidade com a legislação em vigor, devendo a movimentação de resíduos ser monitorada por meio de registros rastreáveis, de acordo com o projeto previamente aprovado pelos órgãos previstos em lei ou regulamentação específica.

Art. 10 - As unidades receptoras de resíduos de caráter regional e de uso intermunicipal terão prioridade na obtenção de financiamentos pelos organismos oficiais de fomento.

Art. 11 - VETADO.

Art. 12 - Os governos estadual e municipais, consideradas as suas particularidades, deverão incentivar e promover ações que visem a reduzir a poluição difusa por resíduos sólidos.

Art. 13 - A gestão dos resíduos sólidos urbanos será feita pelos Municípios, de forma, preferencialmente, integrada e regionalizada, com a cooperação do Estado e participação dos organismos da sociedade civil, tendo em vista a máxima eficiência e a adequada proteção ambiental e à saúde pública.

Parágrafo único - Nas regiões metropolitanas, as soluções para gestão dos resíduos sólidos deverão seguir o plano metropolitano de resíduos sólidos com participação do Estado, Municípios e da sociedade civil.

Art. 14 - São proibidas as seguintes formas de destinação e utilização de resíduos sólidos:

I - Lançamento "in natura" a céu aberto;

II - Deposição inadequada no solo;

III - Queima a céu aberto;

IV - Deposição em áreas sob regime de proteção especial e áreas sujeitas a inundação;

V - Lançamentos em sistemas de redes de drenagem de águas pluviais, de esgotos, de eletricidade, de telecomunicações e assemelhados;

VI - Infiltração no solo sem tratamento prévio e projeto aprovado pelo órgão de controle ambiental estadual competente;

VII - Utilização para alimentação animal, em desacordo com a legislação vigente;

VIII - Utilização para alimentação humana;



IX - Encaminhamento de resíduos de serviços de saúde para disposição final em aterros, sem submetê-los previamente a tratamento específico, que neutralize sua periculosidade.

§ 1º - Em situações excepcionais de emergência sanitária e fitossanitária, os órgãos da saúde e de controle ambiental competentes poderão autorizar a queima de resíduos a céu aberto ou outra forma de tratamento que utilize tecnologia alternativa.

§ 2º - VETADO.

Art. 15 - VETADO.

Art. 16 - Os responsáveis pela degradação ou contaminação de áreas em decorrência de suas atividades econômicas, de acidentes ambientais ou pela disposição de resíduos sólidos, deverão promover a sua recuperação ou remediação em conformidade com procedimentos específicos, estabelecidos em regulamento.

Art. 17 - A importação, a exportação e o transporte interestadual de resíduos, no Estado, dependerão de prévia autorização dos órgãos ambientais competentes.

Parágrafo único - Os resíduos sólidos gerados no Estado somente poderão ser enviados para outros Estados da Federação, mediante prévia aprovação do órgão ambiental do Estado receptor.

Art. 18 - A Administração Pública optará, preferencialmente, nas suas compras e contratações, pela aquisição de produtos de reduzido impacto ambiental, que sejam não-perigosos, recicláveis e reciclados, devendo especificar essas características na descrição do objeto das licitações, observadas as formalidades legais.

## CAPÍTULO II

### DOS PLANOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Art. 19 - O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, a ser elaborado pelo gerenciador dos resíduos e de acordo com os critérios estabelecidos pelos órgãos de saúde e do meio ambiente, constitui documento obrigatoriamente integrante do processo de licenciamento das atividades e deve contemplar os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, bem como a eliminação dos riscos, a proteção à saúde e ao ambiente, devendo contemplar em sua elaboração e implementação:

I - VETADO.

II - As diretrizes estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e no Plano Estadual de Saneamento, quando houver;

III - O cronograma de implantação e programa de monitoramento e avaliação das medidas e das ações implementadas.

Parágrafo único - O programa de monitoramento e demais mecanismos de acompanhamento das metas dos planos de gerenciamento de resíduos previstos nesta Lei serão definidos em regulamento.

Art. 20 - O Estado apoiará, de modo a ser definido em regulamento, os Municípios que gerenciarem os resíduos urbanos em conformidade com Planos de Gerenciamento de Resíduos Urbanos.

§ 1º - Os Planos referidos no “caput” deverão ser apresentados a cada quatro anos e contemplar:

1 - A origem, a quantidade e a caracterização dos resíduos gerados, bem como os prazos máximos para sua destinação;

2 - A estratégia geral do responsável pela geração, reciclagem, tratamento e disposição dos resíduos sólidos, inclusive os provenientes dos serviços de saúde, com vistas à proteção da saúde pública e do meio ambiente;

3 - As medidas que conduzam à otimização de recursos, por meio da cooperação entre os Municípios, assegurada a participação da sociedade civil, com vistas à implantação de soluções conjuntas e ação integrada;

4 - A definição e a descrição de medidas e soluções direcionadas:

a) Às práticas de prevenção à poluição;

b) À minimização dos resíduos gerados, através da reutilização, reciclagem e recuperação;

c) À compostagem;

d) Ao tratamento ambientalmente adequado.

5 - Os tipos e a setorização da coleta;

6 - A forma de transporte, armazenamento e disposição final;

7 - As ações preventivas e corretivas a serem praticadas no caso de manuseio incorreto ou de acidentes;

8 - As áreas para as futuras instalações de recebimento de resíduos, em consonância com os Planos Diretores e legislação de uso e ocupação do solo;

9 - O diagnóstico da situação gerencial atual e a proposta institucional para a futura gestão do sistema;

10 - O diagnóstico e as ações sociais, com a avaliação da presença de catadores nos lixões e nas ruas das cidades, bem como as alternativas da sua inclusão social;

11 - As fontes de recursos para investimentos, operação do sistema e amortização de financiamentos.

§ 2º - O horizonte de planejamento do Plano de Gerenciamento de Resíduos Urbanos deve ser compatível com o período de implantação dos seus programas e projetos, ser periodicamente revisado e compatibilizado com o plano anteriormente vigente.

§ 3º - Os Municípios com menos de 10.000 (dez mil) habitantes de população urbana, conforme último censo, poderão apresentar Planos de Gerenciamento de Resíduos Urbanos simplificados, na forma estabelecida em regulamento.

Art. 21 - Os gerenciadores de resíduos industriais deverão seguir, na elaboração dos respectivos Planos de Gerenciamento, as gradações de metas estabelecidas pelas suas associações representativas setoriais e pelo órgão ambiental.

§ 1º - Para os efeitos deste artigo, entre outros, serão considerados os seguintes setores produtivos:

- 1 - Atividade de extração de minerais;
- 2 - Indústria metalúrgica;
- 3 - Indústria de produtos de minerais não-metálicos;
- 4 - Indústria de materiais de transporte;
- 5 - Indústria mecânica;
- 6 - Indústria de madeira, de mobiliário, e de papel, papelão e celulose;
- 7 - Indústria da borracha;
- 8 - Indústria de couros, peles e assemelhados e de calçados;
- 9 - Indústria química e petroquímica;
- 10 - Indústria de produtos farmacêuticos, veterinários e de higiene pessoal;
- 11 - Indústria de produtos alimentícios;
- 12 - Indústria de bebidas e fumo;
- 13 - Indústria têxtil e de vestuário, artefatos de tecidos e de viagem;
- 14 - Indústria da construção;
- 15 - Indústria de produção de materiais plásticos;
- 16 - Indústria de material elétrico, eletrônico e de comunicação;
- 17 - Indústria de embalagens.

§ 2º - O Plano de Gerenciamento de Resíduos Industriais poderá prever a implantação de Bolsas de Resíduos, objetivando o reaproveitamento e o gerenciamento eficiente dos resíduos sólidos, conforme definido em regulamento.

§ 3º - O Plano de Gerenciamento de Resíduos Industriais poderá prever a destinação em centrais integradas de tratamento para múltiplos resíduos.

§ 4º - Os órgãos ambientais competentes poderão, na forma estabelecida em regulamento, exigir a apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Industriais para efeito de aprovação, avaliação e controle.

Art. 22 - Os órgãos do meio ambiente e da saúde definirão os estabelecimentos de saúde que estão obrigados a apresentar o Plano de Gerenciamento de Resíduos.

Art. 23 - VETADO.

Art. 24 - VETADO.

CAPÍTULO III

## DOS RESÍDUOS URBANOS

Art. 25 - Os Municípios são responsáveis pelo planejamento e execução com regularidade e continuidade, dos serviços de limpeza, exercendo a titularidade dos serviços em seus respectivos territórios.

Parágrafo único - A prestação dos serviços mencionados no “caput” deverá adequar-se às peculiaridades e necessidades definidas pelo Município, nos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos.

Art. 26 - A taxa de limpeza urbana é o instrumento que pode ser adotado pelos Municípios para atendimento do custo da implantação e operação dos serviços de limpeza urbana.

§ 1º - Com vistas à sustentabilidade dos serviços de limpeza urbana, os Municípios poderão fixar os critérios de mensuração dos serviços, para efeitos de cobrança da taxa da limpeza urbana, com base, entre outros, nos seguintes indicadores:

- 1 - A classificação dos serviços;
- 2 - A correlação com o consumo de outros serviços públicos;
- 3 - A quantidade e frequência dos serviços prestados;
- 4 - A avaliação histórica e estatística da efetividade de cobrança em cada região geográfica homogênea;
- 5 - A autodeclaração do usuário.

§ 2º - Poderão ser instituídas taxas e tarifas diferenciadas de serviços especiais, referentes aos resíduos que:

- 1 - Contenham substâncias ou componentes potencialmente perigosos à saúde pública e ao meio ambiente;
- 2 - Por sua quantidade ou suas características, tornem onerosa a operação do serviço público de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos urbanos.

Art. 27 - VETADO.

I - VETADO.

II - VETADO.

III - VETADO.

Art. 28 - Os usuários dos sistemas de limpeza urbana deverão acondicionar os resíduos para coleta de forma adequada, cabendo-lhes observar as normas municipais que estabelecem as regras para a seleção e acondicionamento dos resíduos no próprio local de origem, e que indiquem os locais de entrega e coleta.

§ 1º - Cabe ao Poder Público Municipal, por meio dos órgãos competentes, dar ampla publicidade às disposições e aos procedimentos do sistema de limpeza urbana, bem como da forma de triagem e seleção, além dos locais de entrega dos resíduos.

§ 2º - A coleta de resíduos urbanos será feita, preferencialmente, de forma seletiva e com inclusão social.

Art. 29 - O Estado deve, nos limites de sua competência e atribuições:

I - Promover ações objetivando a que os sistemas de coleta, transporte, tratamentos e disposição final de resíduos sólidos sejam estendidos a todos os Municípios e atendam aos princípios de regularidade, continuidade, universalidade em condições sanitárias de segurança;

II - Incentivar a implantação, gradativa, nos Municípios da segregação dos resíduos sólidos na origem, visando ao reaproveitamento e à reciclagem;

III - Estimular os Municípios a atingirem a auto-sustentabilidade econômica dos seus sistemas de limpeza urbana, mediante orientação para a criação e implantação de mecanismos de cobrança e arrecadação compatíveis com a capacidade de pagamento da população;

IV - Fomentar a elaboração de legislação e atos normativos específicos de limpeza urbana nos Municípios, em consonância com as políticas estadual e federal;

V - Criar mecanismos que facilitem o uso e a comercialização dos recicláveis e reciclados em todas as regiões do Estado;

VI - Incentivar a formação de consórcios entre Municípios com vistas ao tratamento, processamento de resíduos e comercialização de materiais recicláveis;

VII - Fomentar parcerias das indústrias recicladoras com o Poder Público e a iniciativa privada nos programas de coleta seletiva e no apoio à implantação e desenvolvimento de associações ou cooperativas de catadores.

Art. 30 - O Estado adotará critérios de elegibilidade para financiamento de projetos, programas e sistemas de resíduos sólidos aos Municípios que contemplem ou estejam de acordo com:

I - As diretrizes e recomendações dos planos regionais e estadual de resíduos sólidos;

II - A sustentabilidade financeira dos empreendimentos através da demonstração dos instrumentos específicos de custeio;

III - A sustentabilidade técnico-operacional por meio de programas continuados de capacitação e educação ambiental;

IV - VETADO.

#### CAPÍTULO IV

#### DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Art. 31 - O gerenciamento dos resíduos industriais, especialmente os perigosos, desde a geração até a destinação final, será feito de forma a atender os requisitos de proteção ambiental e de saúde pública, com base no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de que trata esta Lei.

Art. 32 - Compete aos geradores de resíduos industriais a responsabilidade pelo seu gerenciamento, desde a sua geração até a sua disposição final, incluindo:

I - A separação e coleta interna dos resíduos, de acordo com suas classes e características;

II - O acondicionamento, identificação e transporte interno, quando for o caso;

III - A manutenção de áreas para a sua operação e armazenagem;

IV - A apresentação dos resíduos à coleta externa, quando cabível, de acordo com as normas pertinentes e na forma exigida pelas autoridades competentes;

V - O transporte, tratamento e destinação dos resíduos, na forma exigida pela legislação pertinente.

Art. 33 - O emprego de resíduos industriais perigosos, mesmo que tratados, reciclados ou recuperados para utilização como adubo, matéria-prima ou fonte de energia, bem como suas incorporações em materiais, substâncias ou produtos, dependerá de prévia aprovação dos órgãos competentes, mantida, em qualquer caso, a responsabilidade do gerador.

§ 1º - O fabricante deverá comprovar que o produto resultante da utilização dos resíduos referidos no "caput" deste artigo não implicará risco adicional à saúde pública e ao meio ambiente.

§ 2º - É vedada a incorporação de resíduos industriais perigosos em materiais, substâncias ou produtos, para fins de diluição de substâncias perigosas.

Art. 34 - As instalações industriais para o processamento de resíduos são consideradas unidades receptoras de resíduos, estando sujeitas às exigências desta Lei.

## CAPÍTULO V

### DOS RESÍDUOS PERIGOSOS

Art. 35 - Os resíduos perigosos que, por suas características, exijam ou possam exigir sistemas especiais para acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento ou destinação final, de forma a evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, deverão receber tratamento diferenciado durante as operações de segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final.

Art. 36 - O licenciamento, pela autoridade de controle ambiental, de empreendimento ou atividade que gere resíduo perigoso condicionar-se-á à comprovação de capacidade técnica para o seu gerenciamento.

Art. 37 - VETADO.

I - VETADO.

II - VETADO.

III - VETADO.

IV - VETADO.

V - VETADO.

VI - VETADO.

Art. 38 - A coleta e gerenciamento de resíduos perigosos, quando não forem executados pelo próprio gerador, somente poderão ser exercidos por empresas autorizadas pelo órgão de controle ambiental para tal fim.

Art. 39 - O transporte dos resíduos perigosos deverá ser feito com emprego de equipamentos adequados, sendo devidamente acondicionados e rotulados em conformidade com as normas nacionais e internacionais pertinentes.

Parágrafo único - Quando houver movimentação de resíduos perigosos para fora da unidade geradora, os geradores, transportadores e as unidades receptoras de resíduos perigosos deverão, obrigatoriamente, utilizar o Manifesto de Transporte de Resíduos, de acordo com critérios estabelecidos pela legislação vigente.

Art. 40 - Aquele que executar o transporte de resíduos perigosos deverá verificar, junto aos órgãos de trânsito do Estado e dos Municípios, as rotas preferenciais por onde a carga deverá passar, e informar ao órgão de controle ambiental estadual o roteiro de transporte.

### TÍTULO III

#### DA INFORMAÇÃO

##### CAPÍTULO I

#### DA INFORMAÇÃO E DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Art. 41 - O órgão ambiental elaborará e apresentará, anualmente, o Inventário Estadual de Resíduos, que constará de:

I - Cadastro de fontes prioritárias, efetiva ou potencialmente, poluidoras, industriais, de transportadoras e locais de disposição de resíduos sólidos, especialmente, os industriais e os perigosos;

II - Sistema declaratório;

III - Relação de fontes e substâncias consideradas de interesse.

Parágrafo único - O inventário referido no “caput” deverá ser, obrigatoriamente, apresentado à Assembléia Legislativa do Estado.

Art. 42 - Fica assegurado ao público em geral, o acesso às informações relativas a resíduos sólidos existentes nos bancos de dados dos órgãos e das entidades da administração direta e indireta do Estado.

Art. 43 - Compete ao Poder Público fomentar e promover a educação ambiental sobre resíduos sólidos, inclusive por meio de convênios com entidades públicas e privadas.

Art. 44 - Os fabricantes, importadores ou fornecedores de produtos e serviços que gerem resíduos potencialmente nocivos ou perigosos à saúde ou ao ambiente devem informar à comunidade sobre os riscos decorrentes de seu manejo, de maneira ostensiva e adequada.

Art. 45 - Os fabricantes e os importadores de produtos que gerem resíduos potencialmente nocivos ao meio ambiente devem informar os consumidores sobre os impactos ambientais deles decorrentes, bem como sobre o seu processo de produção, por meio de rotulagem, em conformidade com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual competente.

##### CAPÍTULO II

#### DO SISTEMA DECLARATÓRIO ANUAL

Art. 46 - As fontes geradoras, os transportadores e as unidades receptoras de resíduos ficam obrigadas a apresentar, anualmente, declaração formal contendo as quantidades de resíduos gerados, armazenados, transportados e destinados, na forma a ser fixada no regulamento desta Lei.

Art. 47 - Os geradores e/ou responsáveis pelo gerenciamento de resíduos sólidos perigosos devem informar, anualmente, ou sempre que solicitado pelas autoridades competentes do Estado e dos Municípios:

I - A quantidade de resíduos gerados, manipulados, acondicionados, armazenados, coletados, transportados ou tratados, conforme cada caso específico, assim como a natureza dos mesmos e sua disposição final;

II - As medidas adotadas com o objetivo de reduzir a quantidade e a periculosidade dos resíduos e de aperfeiçoar tecnicamente o seu gerenciamento;

III - As instalações de que dispõem e os procedimentos relacionados ao gerenciamento de resíduos;

IV - Os dados que forem julgados necessários pelos órgãos competentes.

#### TÍTULO IV

#### DAS RESPONSABILIDADES, INFRAÇÕES E PENALIDADES

#### CAPÍTULO I

#### DAS RESPONSABILIDADES

Art. 48 - Os geradores de resíduos são responsáveis pela gestão dos mesmos.

Parágrafo único - Para os efeitos deste artigo, equipara-se ao gerador o órgão municipal ou a entidade responsável pela coleta, pelo tratamento e pela disposição final dos resíduos urbanos.

Art. 49 - No caso de ocorrências envolvendo resíduos que coloquem em risco o ambiente e a saúde pública, a responsabilidade pela execução de medidas corretivas será:

I - Do gerador, nos eventos ocorridos em suas instalações;

II - Do gerador e do transportador, nos eventos ocorridos durante o transporte de resíduos sólidos;

III - Do gerador e do gerenciador de unidades receptoras, nos eventos ocorridos nas instalações destas últimas.

§ 1º - Os derramamentos, os vazamentos ou os despejos acidentais de resíduos deverão ser comunicados por qualquer dos responsáveis, imediatamente após o ocorrido, à defesa civil, aos órgãos ambiental e de saúde pública competentes.

§ 2º - O gerador do resíduo derramado, vazado ou despejado acidentalmente deverá fornecer, quando solicitado pelo órgão ambiental competente, todas as informações relativas à quantidade e composição do referido material, periculosidade e procedimentos de desintoxicação e de descontaminação.



Art. 50 - Os geradores e gerenciadores de unidades receptoras de resíduos sólidos deverão requerer, junto aos órgãos competentes, registro de encerramento de atividades.

Parágrafo único - A formalização do pedido de registro a que se refere o “caput” deste artigo deverá, para as atividades previstas em regulamento, ser acompanhada de relatório conclusivo de auditoria ambiental atestando a qualidade do solo, do ar e das águas na área de impacto do empreendimento.

Art. 51 - O gerador de resíduos de qualquer origem ou natureza e seus sucessores respondem pelos danos ambientais, efetivos ou potenciais.

§ 1º - Os geradores dos resíduos referidos, seus sucessores, e os gerenciadores das unidades receptoras, em atendimento ao princípio do poluidor-pagador, são responsáveis pelos resíduos remanescentes da desativação de sua fonte geradora, bem como pela recuperação das áreas por eles contaminadas.

§ 2º - O gerenciador de unidades receptoras responde solidariamente com o gerador, pelos danos de que trata este artigo, quando estes se verificarem em sua instalação.

Art. 52 - O gerador de resíduos sólidos de qualquer origem ou natureza, assim como os seus controladores, respondem solidariamente pelos danos ambientais, efetivos ou potenciais, decorrentes de sua atividade, cabendo-lhes proceder, às suas expensas, às atividades de prevenção, recuperação ou remediação, em conformidade com a solução técnica aprovada pelo órgão ambiental competente, dentro dos prazos assinalados, ou, em caso de inadimplemento, ressarcir, integralmente, todas as despesas realizadas pela administração pública para a devida correção ou reparação do dano ambiental.

Art. 53 - Os fabricantes, distribuidores ou importadores de produtos que, por suas características, exijam ou possam exigir sistemas especiais para acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento ou destinação final, de forma a evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, mesmo após o consumo de seus resíduos desses itens, são responsáveis pelo atendimento de exigências estabelecidas pelo órgão ambiental.

Art. 54 - As unidades de tratamento de resíduos de serviços de saúde somente poderão ser licenciadas quando localizadas em áreas em que a legislação de uso e ocupação do solo permitir o uso industrial ou quando localizadas dentro de áreas para recepção de resíduos previamente licenciadas.

Art. 55 - VETADO.

Parágrafo único - VETADO.

Art. 56 - Compete ao administrador dos portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários, o gerenciamento completo dos resíduos sólidos gerados nesses locais.

Art. 57 - Na forma desta Lei, são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos de construção civil:

I - O proprietário do imóvel e/ou do empreendimento;  
II - O construtor ou empresa construtora, bem como qualquer pessoa que tenha poder de decisão na construção ou reforma;

III - As empresas e/ou pessoas que prestem serviços de coleta, transporte, beneficiamento e disposição de resíduos de construção civil.

## CAPÍTULO II

### DAS INFRAÇÕES E PENALIDADES

Art. 58 - Constitui infração, para efeitos desta Lei, toda ação ou omissão que importe inobservância dos preceitos por ela estabelecidos.

Art. 59 - As infrações às disposições desta Lei, do seu regulamento e dos padrões e exigências técnicas dela decorrentes serão sancionadas em conformidade com o disposto nos artigos 28 a 33 da Lei nº 9.509, de 20 de março de 1997, e legislação pertinente.

Art. 60 - Os custos resultantes da aplicação da sanção de interdição temporária ou definitiva correrão por conta do infrator.

Art. 61 - VETADO.

Art. 62 - Constatada a infração às disposições desta Lei, os órgãos da administração pública encarregados do licenciamento e da fiscalização ambientais poderão diligenciar, junto ao infrator, no sentido de formalizar termo de compromisso de ajustamento de conduta ambiental com força de título executivo extrajudicial, que terá por objetivo cessar, adaptar, recompor, corrigir ou minimizar os efeitos negativos sobre o meio ambiente, independentemente da aplicação das sanções cabíveis.

§ 1º - As multas pecuniárias aplicadas poderão ser reduzidas em até 50% (cinquenta por cento) de seu valor, e as demais sanções terão sua exigibilidade suspensa, conforme dispuser o regulamento desta Lei.

§ 2º - O não-cumprimento total ou parcial do convencionado no termo de ajustamento de conduta ambiental ensejará a execução das obrigações dele decorrentes, sem prejuízo das sanções penais e administrativas aplicáveis à espécie.

## CAPÍTULO III

### DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 63 - O regulamento desta Lei estabelecerá:

I - Os prazos em que os responsáveis pela elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos nela referidos deverão apresentá-los aos órgãos competentes;

II - Os mecanismos de cooperação entre as secretarias, órgãos e agências estaduais integrantes do Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental - SEAQUA, do Sistema Integral de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo - SIGRH e do Sistema Estadual de Saneamento - SESAN, assim como os de saúde pública, com vistas à execução da Política Estadual de Resíduos Sólidos;

III - As regras que regulam o Sistema Declaratório Anual.

Art. 64 - A presente Lei não se aplica à gestão de rejeitos radioativos.

Art. 65 - O órgão ambiental deverá propor o regulamento desta Lei no prazo de 2 (dois) anos.

Art. 66 - VETADO.

Art. 67 - Fica revogada a Lei nº 11.387, de 27 de maio de 2003.

Art. 68 - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Palácio dos Bandeirantes, 16 de março de 2006.  
GERALDO ALCKMIN

MARCUS TAVARES  
Secretário de Economia e Planejamento

MAURO ARCE  
Secretário de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento  
(D.O. 17/03/2006)

### **LEI Nº. 3.578, DE 18 DE SETEMBRO DE 2001.**

Autor do Projeto de Lei C. M. n.º 040/2001 – Poder Legislativo –  
Vereador Dr. Antonio Carlos Sacilotto

"Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e dá outras providências."

Dr. Waldemar Tebaldi, Prefeito do Município de Americana, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, faz saber que a Câmara Municipal aprovou e ele sanciona e promulga a seguinte lei:

Artigo 1º – Ficam as empresas fabricantes, importadoras, distribuidoras ou revendedoras de pilhas, baterias e lâmpadas, com sede no Município de Americana, na forma especificada no Parágrafo Único deste Artigo, responsáveis por dar destinação ambientalmente correta e dentro das normas e tecnologias atuais, a esses produtos e equipamentos, mediante procedimentos de coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, após seu esgotamento energético ou vida útil e a respectiva entrega pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada.

Parágrafo Único – Para o fim de que trata este artigo, consideram-se produtos que contaminam o ambiente e que, por suas especificidades, necessitam de destinação adequada:

I - Pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, de acordo com o Artigo 2º da Resolução CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999;

II - Lâmpadas que contenham em suas composições mercúrio e seus compostos, tais como lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio, de luz mista, etc.

Artigo 2º – Os estabelecimentos que comercializam os produtos e equipamentos objeto desta lei, a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e os importadores, ficam obrigados a aceitar a devolução das unidades usadas, bem como aquelas cujas características sejam similares.

Artigo 3º – As pilhas e baterias, recebidas na forma do artigo anterior serão acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, obedecidas as normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou

importadores, até o seu repasse a estes últimos, de acordo com o Artigo 4º da Resolução CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999.

Artigo 4º – As lâmpadas, recebidas na forma do artigo 2º desta lei, serão acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, até que sejam repassadas aos fabricantes ou importadores, ou dada destinação ambientalmente correta das mesmas, a fim de que sejam cumpridas as determinações desta lei.

Artigo 5º – Ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas, baterias e lâmpadas, descritas nos itens I e II do Parágrafo Único do artigo 1º desta lei, de acordo com o Artigo 8º da Resolução CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999:

- I - Lançamento "*in natura*" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais;
- II - Queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente;
- III - Lançamento em aterros, corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, poços ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas a inundações.

Parágrafo Único – Outras formas de destinação das lâmpadas, descritas no item II do artigo 1º desta lei, poderão ser regulamentadas por Decreto do Poder Executivo.

Artigo 6º – A desobediência ou a inobservância de qualquer dispositivo desta lei sujeitará o infrator, independente das sanções previstas nas Leis Federais números 6.938/81 e 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais), às seguintes penalidades:

- I - Advertência por escrito, notificando-se o infrator para sanar a irregularidade, no prazo de 30 (trinta) dias, contado da notificação, sob pena de multa;
- II - Não sanada a irregularidade, será aplicada multa no valor de R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais) reajustável anualmente pelo índice de variação do INPC – Índice Nacional de Preços ao Consumidor;
- III - Em caso de reincidência, a multa prevista no inciso anterior será aplicada em dobro;
- IV - Persistindo a irregularidade, mesmo após a imposição de multa em dobro, será suspenso o alvará de licença e funcionamento concedido à empresa, por até 30 (trinta) dias, devendo após o decurso desse prazo ser regularmente cassado pelo Poder Público Municipal, com a interdição e lacração do estabelecimento.

Artigo 7º – Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Prefeitura Municipal de Americana, aos 18 de setembro de 2001.

Dr. Waldemar Tebaldi  
Prefeito Municipal

Publicada na mesma data na Secretaria de Administração.

Dr. Carlos Fonseca  
Secretário de Administração  
Ref. Prot. nº 32.989/2001

**LEI Nº. 11.294, DE 27 DE JUNHO DE 2002.****DISPÕE SOBRE A DESTINAÇÃO DE LÂMPADAS  
FLUORESCENTES NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS.**

A Câmara Municipal aprovou e eu, seu Presidente, Romeu Santini, promulgo nos termos do § 5º do Art. 51 da Lei Orgânica do Município, a seguinte lei:

Art. 1º - Fica proibido, no âmbito do Município de Campinas, o depósito de lâmpadas fluorescentes que utilizam mercúrio metálico e similares em aterros sanitários.

Art. 2º - O Poder Executivo tomará as providências necessárias no sentido de obrigar as empresas contratadas para a realização do serviço de coleta do lixo no Município de Campinas a recolherem em separado, nos veículos coletores, as lâmpadas e similares usadas, dando às mesmas uma destinação final adequada.

Art. 3º - O Poder Executivo recolherá e remeterá à destinação final adequada todas as lâmpadas utilizadas em próprios públicos municipais.

Art. 4º - Todos os estabelecimentos que comercializam lâmpadas a vapor de mercúrio deverão afixar, em local visível e de fácil acesso, cartaz ou placa alertando aos consumidores que as lâmpadas inutilizadas devem ser entregues às lojas que as comercializam para posterior reciclagem, com os seguintes dizeres: "Ao inutilizar sua lâmpada a vapor de mercúrio, entregue-a na loja revendedora mais próxima".

Art. 5º - Aos infratores, serão aplicadas as seguintes penalidades:

- I - Multa de R\$1000,00 (hum mil reais) corrigidos de acordo com a legislação vigente.
- II - O dobro, em caso de reincidência.
- III - Suspensão das atividades por 180 (cento e oitenta) dias.
- IV - Cassação do Alvará de funcionamento.

Art. 6º - Os recursos advindos desta lei serão destinados ao Fundo de Recuperação, Manutenção e Preservação do Meio Ambiente, instituído pela Lei n. 9.811, de 23 de julho de 1998.

Art. 7º - O Poder Executivo regulamentará a presente lei no prazo de 90 (noventa) dias, a contar da data de sua publicação.

Art. 8º - Os estabelecimentos comerciais terão um prazo de 30 (trinta) dias para a confecção e afixação do aviso de que trata o art. 4º da presente lei dirigido aos consumidores.

Art. 9º - Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

CAMPINAS, 27 DE JUNHO DE 2002.

ROMEU SANTINI  
Presidente

Autoria: Vereadores Luiz Franco e Sebastião dos Santos  
PUBLICADO NA SECRETARIA DA CÂMARA MUNICIPAL DE CAMPINAS AOS 27 DE  
JUNHO DE 2002.  
LEONEL FERREIRA GOMES JÚNI

**A2 LEGISLAÇÃO NO ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL**

Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul

**LEI Nº. 11.187, DE 07 DE JULHO DE 1998.**

Altera a LEI Nº 11.019, de 23 de setembro de 1997, acrescentando normas sobre o descarte e destinação final de lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

Faço saber, em cumprimento ao disposto no artigo 82, inciso IV, da Constituição do Estado, que a Assembléia Legislativa aprovou e eu sanciono e promulgo a Lei seguinte:

Art. 1º - A ementa e os artigos 1º, 2º e 3º da LEI Nº 11.019, de 23 de setembro de 1997, passam a vigorar com a seguinte redação:

Ementa: "Dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul".

"Art. 1º - É vedado o descarte de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados em lixo doméstico ou comercial.

Parágrafo 1º - Estes produtos descartados deverão ser separados e acondicionados em recipientes adequados para destinação específica, ficando proibida a disposição em depósitos públicos de resíduos sólidos e a sua incineração.

Parágrafo 2º - Os produtos descartados deverão ser mantidos intactos como forma de evitar o vazamento de substâncias tóxicas, até a sua desativação ou reciclagem.

Parágrafo 3º - O Estado orientará os municípios em relação à escolha de locais e recipientes apropriados para a coleta destes produtos.

Art. 2º - Os fabricantes dos produtos de que trata o artigo anterior, e/ou seus representantes comerciais, deverão registrá-los no órgão ambiental do Estado.

Art. 3º - Os estabelecimentos que comercializam pilhas com mercúrio para componentes eletrônicos, máquinas fotográficas e relógios, bem como baterias de telefone celular, ficam obrigados a exigir dos consumidores a pilha ou bateria usadas".

Art. 2º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 3º - Revogam-se as disposições em contrário.

PALÁCIO PIRATINI, em Porto Alegre, 07 de julho de 1998.

**LEI Nº. 5.873, DE 16 DE JULHO DE 2002.**

Disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias e lâmpadas usadas no Município de Caxias do Sul e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL.

Faço saber que a Câmara Municipal aprovou e eu sanciono a seguinte Lei.

Art. 1º Todas as pilhas e baterias, independentemente de composição, e em especial as que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, fixos ou móveis, bem como os produtos eletroeletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, e as lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas de vapor de mercúrio, as lâmpadas halógenas dicróicas, as lâmpadas de vapor de sódio, as lâmpadas de luz mista e outras lâmpadas contendo mercúrio, após seu esgotamento energético deverão ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou destinação final ambientalmente adequada.

§ 1º As baterias industriais, independentemente de sua composição, e em especial as constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, condomínios residenciais, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partidas de motores a diesel e uso geral automotivo e industrial, após seu esgotamento energético deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante, ao importador ou ao distribuidor da bateria, observado o mesmo sistema químico, para os procedimentos referidos no caput deste artigo.

§ 2º As lâmpadas incandescentes de filamento metálico ficam excluídas do previsto no caput deste artigo.

Art. 2º Os estabelecimentos que no Município de Caxias do Sul comercializam os produtos descritos no art. 1º, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, ficam obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas, cujas características sejam similares àquelas comercializadas, com vistas aos procedimentos referidos no mesmo art. 1º.

Art. 3º As pilhas, baterias e lâmpadas recebidas em devolução deverão ser acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, obedecidas as normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até seu repasse aos mesmos.

§ 1º Os usuários de pilhas, baterias e lâmpadas mencionadas no art. 1º desta Lei deverão, quando esgotada a vida útil, devolvê-las aos comerciantes, aos importadores ou às redes de assistência técnica autorizadas.

§ 2º O Poder Público Municipal poderá definir e criar entrepostos alternativos para recebimento de pilhas, baterias e lâmpadas a serem descartadas pelos usuários, até que sejam estruturados mecanismos operacionais para a coleta, transporte e armazenamento por parte dos fabricantes, importadores, redes de assistência técnica e comerciantes desses produtos.

§ 3º Os fabricantes, importadores, redes de assistências técnica e comerciantes que operam no Município de Caxias do Sul, terão o prazo de seis meses, a contar da publicação desta Lei, para a montagem e o efetivo funcionamento do sistema de coleta, transporte e armazenamento das pilhas, baterias e lâmpadas às quais se refere esta Lei.

§ 4º Os fabricantes e os importadores deverão, no mesmo prazo do § 3º, dispor de sistema organizado para os procedimentos posteriores aos mencionados no referido dispositivo legal, para promover a reutilização, a reciclagem, o tratamento ou a destinação final ambientalmente adequada das pilhas, baterias e lâmpadas.

§ 5º O comércio de quaisquer dos produtos mencionados nesta Lei por ambulantes ou realizado no "camelódromo", conforme Lei nº 4.075, de 24 de dezembro de 1993, também se insere nos dispositivos da presente Lei.

Art. 4º A reutilização, a reciclagem, o tratamento ou a disposição final das pilhas, das baterias e das lâmpadas abrangidas por esta Lei, realizados diretamente pelo fabricante ou por terceiros no Município de Caxias do Sul, deverão ser processados de forma tecnicamente segura e adequada, com vistas a evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente no que tange ao manuseio dos resíduos pelos seres humanos, retirada dos vapores, filtragem do ar, tratamento de efluentes e cuidados com o ar, com o solo e com a água, observadas as normas ambientais, incluído o licenciamento ambiental da atividade.

Parágrafo único. Na impossibilidade da reutilização ou reciclagem das pilhas, baterias e lâmpadas descritas no art. 1º, o tratamento térmico poderá ser efetuado no território do Município de Caxias do Sul somente quando autorizado por legislação estadual e nos termos das normas, padrões e procedimentos específicos de incineração estaduais, devendo também atender às condições técnicas previstas na NBR-11175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos, e padrões da qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, assim como outros, municipais, estaduais ou federais, que venham complementá-los ou substituí-los.

Art. 5º Fica terminantemente proibida a destinação final das pilhas, baterias e lâmpadas, mencionadas no caput do art. 1º desta Lei, no aterro sanitário do Município, nos termos da Lei Estadual nº 11.187, de 07 de julho de 1998.

Art. 6º Ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas, baterias e lâmpadas usadas de quaisquer tipos ou características:

I - lançamento in natura a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais;

II - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente;

III - lançamento em corpos d'água, banhados ou nascentes, poços ou cacimbas, terrenos baldios, cavidades subterrâneas - naturais ou artificiais - em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação;

IV - aterramento sem atendimento à legislação, normas, padrões e procedimentos relativos aos resíduos de que trata esta Lei.

Parágrafo único. A instalação e funcionamento de sistemas de tratamento e destinação final no território do Município de Caxias do Sul dependerá de licenciamento ambiental específico.

Art. 7º Para os fins propostos nesta Lei, considera-se:



I - bateria: conjunto de pilhas ou acumuladores recarregáveis interligados convenientemente (NBR-7039/87);

II - pilha: gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química (NBR-7039/87);

III - acumulador chumbo-ácido: acumulador no qual o material ativo das placas positivas é constituído por compostos de chumbo e os das placas negativas essencialmente por chumbo, sendo o eletrólito uma solução de ácido sulfúrico (NBR-7039/87);

IV - acumulador (elétrico): dispositivo eletroquímico constituído de um elemento, eletrólito e caixa que armazena sob forma de energia química a energia elétrica que lhe seja fornecida e que a restitui quando ligado a um circuito consumidor (NBR-7039/87);

V - baterias industriais: são consideradas baterias de aplicação industrial aquelas que se destinam a aplicações estacionárias, tais como telecomunicações, condomínios residenciais, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme e segurança, uso geral industrial e para partidas de motores diesel ou, ainda, tracionárias, tais como as utilizadas para movimentação de cargas ou pessoas e carros elétricos;

VI - baterias veiculares: são consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de sistemas propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive tratores, equipamentos de construção, cadeiras de roda e assemelhados;

VII - pilhas e baterias portáteis: aquelas utilizadas em telefonia e equipamentos eletroeletrônicos tais como jogos, brinquedos, ferramentas elétricas portáteis, informática, lanternas, equipamentos fotográficos, rádios, aparelhos de som, relógios, agendas eletrônicas, barbeadores, instrumentos de medição, de aferição, equipamentos médicos e outros;

VIII - pilhas e baterias de aplicação especial: aquelas utilizadas em aplicações específicas de caráter científico, médico ou militar e aquelas que sejam parte integrante de circuitos eletroeletrônicos para exercer funções que requeiram energia elétrica ininterrupta em caso de fonte de energia primária sofrer alguma falha ou flutuação momentâneas;

IX - lâmpadas fluorescentes: lâmpadas contendo em seu interior vapor de mercúrio ou argônio;

X - lâmpadas de vapor de mercúrio: lâmpadas contendo em seu interior vapor de mercúrio;

XI - lâmpadas de vapor de sódio: lâmpadas contendo em seu interior vapor de sódio;

XII - lâmpadas de luz mista: lâmpadas contendo em seu interior vapor de mercúrio conjugado a filamento de lâmpada incandescente;

XIII - lâmpadas a vapor metálico: lâmpadas contendo em seu interior vapor de mercúrio e/ou outro que seja tóxico;

XIV - lâmpadas halógenas dicróicas: lâmpadas incandescentes com adição de elemento químico halógeno (iodo ou bromo);

XV - outras lâmpadas contendo mercúrio: quaisquer outras lâmpadas que contenham em seu sistema vapor de mercúrio.

Parágrafo único. O manejo, o acondicionamento e o transporte das lâmpadas devem ser feitos com os cuidados necessários para garantir a preservação da integridade das mesmas e possibilitar a retirada dos vapores para reaproveitamento, assim como dos demais materiais que as compõem.

Art. 8º O Município de Caxias do Sul, através da Secretaria do Meio Ambiente Municipal (SMAM), fiscalizará a implementação desta Lei:

I - junto ao segmento de produção, assistência técnica, distribuição e comercialização de pilhas, baterias e lâmpadas, para que, no prazo estabelecido, estejam organizados e tenham em funcionamento:

- a) o sistema de coleta, de transporte e de armazenamento adequados;
- b) os procedimentos relacionados à reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

II - junto à população no sentido de sensibilizá-la, fornecer esclarecimentos e orientações de procedimentos em relação à importância e necessidade de devolução das pilhas, baterias e lâmpadas, assim como informações em relação aos locais de entrega.

Parágrafo único. Para atender ao disposto no caput deste artigo, a Secretaria do Meio Ambiente Municipal montará campanha e produzirá e distribuirá material elucidativo e educativo constituído por cartazes, folhetos, folders e outros materiais que possam contribuir para atingir os objetivos da presente Lei, bem como poderá apoiar e realizar palestras, debates, seminários e conferências com o mesmo fim.

Art. 9º A Prefeitura Municipal poderá, a seu critério, integrar o sistema que viabilizará o retorno dos materiais de que trata a presente Lei aos importadores, aos distribuidores e aos seus fabricantes.

Art. 10. A execução das atividades relacionadas ao cumprimento efetivo dos dispositivos desta Lei caberá à empresa responsável pela coleta de resíduos sólidos urbanos do Município de Caxias do Sul.

Art. 11. A fiscalização relativa ao cumprimento das disposições desta Lei é de competência da Secretaria do Meio Ambiente Municipal.

Art. 12. O não-cumprimento das obrigações previstas nesta Lei sujeitará os infratores às penalidades previstas na Lei Municipal nº 3.165, de 07 de outubro de 1987, e na Lei Complementar nº 111, de 1º de junho de 2000, além do enquadramento na Lei Estadual nº 11.520, de 03 de agosto de 2000, na Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, no Decreto Federal nº 3.179, de 21 de setembro de 1999, na Resolução CONSEMA nº 006, de 08 de outubro de 1999, bem como em outros dispositivos legais federais, estaduais e municipais pertinentes à matéria que venham a ser adotados.

Art. 13. Para a aplicação das penas de multa, as infrações às disposições desta Lei serão classificadas de acordo com o art. 10 da Lei Complementar nº 111, de 2000.

Art. 14. Revogam-se as disposições em contrário, em especial os artigos 2º e 3º da Lei Municipal nº 5.324, de 25 de fevereiro de 2000.

Art. 15. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

GABINETE DO PREFEITO MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL, em 16 de julho de 2002.  
Gilberto José Spier Vargas,  
PREFEITO MUNICIPAL.

### **A3 LEGISLAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

#### **LEI Nº. 13.766 de 30/11/2000**

Dispõe sobre a política estadual de apoio e incentivo à coleta seletiva de lixo e altera dispositivo da Lei nº. 12.040, de 28 de dezembro de 1995, que dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do art. 158 da Constituição Federal.

O Povo do Estado de Minas Gerais, por seus representantes, decretou e eu, em seu nome, sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º - O Estado apoiará e incentivará, por meio do Sistema Estadual de Meio Ambiente, o município que queira implantar em seu território política de coleta seletiva de lixo, com o objetivo de proteger e preservar o meio ambiente (Vide Lei nº. 14128, de 19/12/2001).

Art. 2º - Para a consecução dos objetivos previstos no art. 1º desta lei, incumbe ao poder público estadual:

- I - prestar assistência técnica, operacional e financeira ao município, por meio de convênio ou instrumento congênere;
- II - promover, em articulação com o município, campanhas educativas dirigidas às populações diretamente interessadas;
- III - criar programas e projetos específicos, observado o disposto no art. 161, I, da Constituição do Estado;
- IV - celebrar convênio com entidade educacional ou de defesa do meio ambiente, pública ou privada;
- V - tornar disponíveis máquinas, veículos e equipamentos.

Art. 3º - Os recursos para atender às despesas decorrentes do cumprimento desta lei serão provenientes de:

- I - dotações consignadas no orçamento do Estado;
- II - doações de entidades públicas ou privadas e de pessoas físicas;
- III - transferências de fundos federais e estaduais;
- IV - fontes diversas.

Art. 4º - Compete ao Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM - estabelecer normas para recolhimento, reutilização, reciclagem, tratamento ou dispositivo final ambientalmente adequada de resíduo sólido que, por sua composição físico-química, necessite de procedimentos especiais para descarte no meio ambiente sem prejuízo do disposto na Lei nº. 13.796, de 20 de dezembro de 2000.

§ 1º - Incluem-se entre os resíduos sólidos a que se refere o "caput" deste artigo disquete de computador, lâmpada fluorescente, pilha e bateria.

§ 2º - Os resíduos de que trata este artigo serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que comercializam os produtos que lhes deram origem ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, a fim de que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, procedimentos de reutilização, reciclagem e tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

§ 3º - Os estabelecimentos comerciais e a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores manterão recipientes para descarte dos resíduos a que se refere

este artigo, obedecidas as normas ambientais e de saúde pública pertinentes e as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até que estes promovam seu recolhimento e disposição ambientalmente adequada.

§ 4º - O descumprimento do disposto nesta Lei sujeitará o infrator à pena de multa, nos termos da Lei nº. 7.772, de 8 de setembro de 1980, sem prejuízo de outras combinações cabíveis (Artigo com redação dada pelo art. 1º da Lei nº. 14577, de 15/1/2003) (Vide Lei nº. 14128, de 19/12/2001.)

Art. 5º - A alínea "a" do inciso VIII do art. 1º da Lei nº. 12.040, de 28 de dezembro de 1995, passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 1º - .....

VIII - .....

a) parcela de, no máximo, 50% (cinquenta por cento) do total será distribuída aos municípios cujos sistemas de tratamento ou disposição final de lixo e de esgoto sanitário, com operação licenciada pelo órgão ambiental estadual, atendam, no mínimo, a, respectivamente, 70% (setenta por cento) e a 50% (cinquenta por cento) da população, sendo que o valor máximo a ser atribuído a cada município não excederá o respectivo investimento, estimado com base na população atendida e no custo médio "per capita", fixado pelo Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM -, dos sistemas de aterro sanitário, usina de compostagem de lixo e estação de tratamento de esgotos sanitários, bem como aos que, comprovadamente, tenham implantado em seu território sistema de coleta seletiva de lixo;"

Art. 6º - Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 7º - Revogam-se as disposições em contrário.

Palácio da Liberdade, em Belo Horizonte, aos 30 de novembro de 2000.

Itamar Franco - Governador do Estado

## A4 LEGISLAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

### Lei nº. 11.347, de 17 de janeiro de 2000

Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos que menciona, e adota outras providências.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE SANTA CATARINA,

Faço saber a todos os habitantes deste Estado que a Assembléia Legislativa decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º - As pilhas, baterias e lâmpadas, identificadas no art. 3º desta Lei, após seu uso ou esgotamento energético, são consideradas resíduos potencialmente perigosos à saúde e ao meio ambiente, devendo a sua coleta, seu recolhimento e seu destino final, observar o estabelecido nesta Lei.

§ 1º - Consideram-se pilhas e baterias, para efeitos desta Lei, as que contenham em sua composição, um ou mais elementos chumbo, mercúrio, cádmio, lítio, níquel e seus compostos.

§ 2º - Os produtos eletro-eletrônicos que contenham pilhas ou baterias, na forma do parágrafo anterior, inseridas em sua estrutura, de forma insubstituível, também são abrangidos por esta Lei.

Art. 2º - Os produtos discriminados no artigo anterior, após sua utilização ou esgotamento energético, deverão ser entregues pelos usuários, aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

§ 1º - As baterias industriais destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas; ou pessoas, partidas de motores a diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante, ao importador ou ao distribuidor, para os procedimentos referidos no "caput".

§ 2º - Os resíduos especificados no art. 1º desta Lei, não poderão ser dispostos em aterros sanitários destinados a resíduos domiciliares.

Art. 3º - Para os efeitos desta Lei e de acordo com as normas específicas, considera-se:

I - bateria: conjunto de pilhas ou acumuladores recarregáveis interligados convenientemente;

II - pilha: gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química;

III - lâmpada fluorescente: lâmpada onde a maior parte da luz é emitida por uma camada de material fluorescente aplicada na superfície interna de bulbo de vidro, excitada por radiação ultravioleta produzida pela passagem de corrente elétrica através de vapor de mercúrio;

IV - lâmpada de vapor de mercúrio: lâmpada na qual a luz é emitida pela passagem de corrente elétrica através de vapor de mercúrio à alta pressão, contido num bulbo de vidro;

V - lâmpada de vapor de sódio lâmpada na qual a luz é emitida pela passagem de corrente elétrica através de sódio e mercúrio, contidos num bulbo de vidro;

VI - lâmpada de luz mista: lâmpada na qual a luz é emitida pela passagem de corrente elétrica simultaneamente através de filamento metálico e de vapor de mercúrio, puro ou associado ao sódio, contido, num bulbo de vidro.

Art. 4º - Os estabelecimentos que comercializam os produtos descritos no artigo anterior, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, ficam obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas, cujas características sejam similares àquelas comercializadas, com vistas aos procedimentos referidos no art. 2º desta Lei.

Parágrafo único - Os resíduos potencialmente perigosos na forma do "caput" serão acondicionados adequadamente e armazenados de forma segregada, obedecidas as normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até o seu repasse a estes últimos.

Art. 5º - Os fabricantes, os importadores, estabelecimentos comerciais e rede de assistência técnica, previstos no art. 2º desta Lei, deverão desenvolver campanhas de esclarecimento sobre os riscos à saúde, ao meio ambiente e a necessidade do cumprimento desta Lei, no âmbito do Estado.

Art. 6º - Os fabricantes, os importadores, a rede autorizada de assistência técnica e os comerciantes dos produtos descritos no art. 3º desta Lei, ficam obrigados a implantar os mecanismos operacionais para a coleta, o transporte e o armazenamento.

Art. 7º - Os fabricantes e os importadores dos produtos descritos no art. 3º desta Lei, ficam obrigados a implantar os sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, obedecida a Legislação em vigor.

Art. 8º - A reutilização, a reciclagem, o tratamento ou a disposição final dos resíduos abrangidos por esta Lei, realizados diretamente pelo fabricante ou por terceiros, deverão ser processados de forma tecnicamente segura e adequada à saúde e ao meio ambiente, observadas as normas ambientais, especialmente no que se refere ao licenciamento da atividade.

Art. 9º - Compete à Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina - FATMA, à Polícia Ambiental e à Secretária de Estado da Saúde, no limite de suas competências, exercer a fiscalização relativa ao cumprimento desta Lei.

§ 1º - O Estado poderá celebrar convênios de cooperação com os municípios, visando a fiscalização para o cumprimento das disposições desta Lei.

§ 2º - A atuação dos órgãos descritos no "caput" poderá valer-se, de forma subsidiária, da legislação federal pertinente.

Art. 10 - O não cumprimento das disposições desta Lei, sujeitará aos infratores à penalidades previstas nas Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto nº. 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 11 - O Poder Executivo regulamentará esta Lei no prazo de noventa dias de sua publicação.

Art. 12 - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 13 - Revogam-se as disposições em contrário.

Florianópolis, 17 de janeiro de 2000

ESPERIDIÃO AMIN HELOU FILHO  
Governador do Estado